



HAL
open science

L'enquête en gestion de la qualité dans l'industrie: une approche sémiotique

Denis Bayart

► **To cite this version:**

Denis Bayart. L'enquête en gestion de la qualité dans l'industrie: une approche sémiotique. Conférence OLK6 (Organizational Learning and Knowledge, Jun 2005, Trento, France. hal-00263016

HAL Id: hal-00263016

<https://hal.science/hal-00263016>

Submitted on 11 Mar 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Inquiry into Quality Defects in Industry Seen as a Semiotic Process

L'enquête en gestion de la qualité dans l'industrie : une approche sémiotique

Denis BAYART

Centre de recherche en gestion,

Ecole polytechnique et CNRS

1, rue Descartes, F-75005 Paris

denis.bayart@polytechnique.fr

Présenté à la conférence OLK6 (Organizational Learning and Knowledge), Trento (Italie), 9-11 juin 2005.

Publié sous forme électronique :

Gherardi, S., Nicolini, D. (eds) (2005) *The Passion for Learning and Knowing. Proceedings of the 6th International Conference on Organizational Learning and Knowledge* (2 vols.) University of Trento e-books, Trento. (ISBN 88-8843-100-X)

The two volumes are freely accessible for download at:

<http://eprints.biblio.unitn.it/archive/00000828/>

Keywords : qualité, contrôle statistique, sémiotique, routine, enquête, abduction, coopération auteur-lecteur

English Summary

Industrial quality control is an interesting domain for studying knowledge and knowing because it involves a strong theoretical dimension (mathematical statistics) together with industrial work practices. Methods for statistical quality control have been developed in the years 1920s to address the problems of mass production which made impossible the inspection of each product individually. To make those mathematical methods usable by ordinary workers on the shopfloor, graphical tools have been developed ("Shewhart control charts"), which translate formal statements into metaphorical representations drawn from ordinary life. Thus, "monitoring an industrial process" becomes, on the chart, "keeping a point within two limiting lines", the point being representative of a sample drawn according to a pre-defined procedure. This graphical tool is an artefact which endows the mathematical theory with a social life.

These statistical procedures are designed to be "optimal" from an economical point of view, for example by minimizing the cost of sampling to acquire a given amount of

information, or by evaluating and balancing the risks of making a bad decision of type I as opposed to a bad decision of type II in a statistical test. These procedures thus appear to bear all the intelligence that is needed in the situation. We might thus ask what amount of intelligence is left to the worker's care in practice.

An answer resides in another aspect of quality control which I call "the inquiry": it consists in finding the causes and remedies for quality defects observed during production. This aspect does not usually pertain to statistical theory, at least to the theory of sampling and hypothesis testing. Obviously, there is a lack of conceptual articulation between these two aspects of quality control.

In this paper, I propose to conceptualize the inquiry by means of semiotics, relying on work by Charles S. Peirce and Umberto Eco. In case of quality defects of significant importance according to statistical criteria, the control chart gives a signal which is an index, in Peircean terms. The inquiry can be conceptualized as a process of semiosis which enriches this index sign into full triadic signs. The semiosis develops mainly through abduction, and we find useful work on this topic by Eco. As an example, this conceptualization helps to clarify the meaning of a management tool widely used in industrial operations management, known as the "Deming Cycle".

Introduction

Le management de la qualité dans les entreprises industrielles est une activité qui fait apparaître deux tensions intéressantes pour le propos du présent colloque : d'abord, celle qui se manifeste entre un domaine théorique très riche, celui de la statistique mathématique, objet d'investissement intellectuel pour de nombreux enseignants, chercheurs et spécialistes, et son domaine d'application en usine où règnent beaucoup de procédures, souvent bureaucratiques, de contrôle sur échantillon, de mise au rebut des produits défectueux, de renvois aux manuels de qualité. La liberté d'invention et le plaisir intellectuel des savants semble avoir pour contrepartie une diminution de l'autonomie des ouvriers et techniciens chargés de la production. A l'usine, les procédures de contrôle qualité sont d'ailleurs souvent moquées ou traitées en simulacre. La deuxième tension a lieu entre les facteurs visibles et invisibles de l'efficacité du contrôle de qualité : les facteurs visibles sont les procédures et routines standardisées, les facteurs invisibles sont les capacités du personnel à interpréter le résultat des précédentes, à construire un sens qui soit adapté à la situation et qui conduise à corriger les défauts ou dysfonctionnements.

Nous proposons dans ce papier une approche par la sémiotique inspirée très directement des travaux de Umberto Eco sur le rôle du lecteur (Eco 1979). Plus exactement, il s'agit d'étudier les procédures de contrôle de qualité de la même manière que Eco traite les textes, c'est-à-dire comment elles prévoient la coopération du lecteur pour actualiser leur propos (ou le propos de leur auteur). Telle est la perspective que Eco adopte pour étudier les textes littéraires. On pourra nous objecter qu'une procédure de contrôle qualité ne relève pas de la littérature, et que son actualisation par le destinataire dans une usine n'a rien à voir avec l'actualisation d'un roman par un lecteur. Certes il existe un fossé entre les deux domaines. Mais il reste vrai que les procédures de gestion possèdent une dimension textuelle, qu'elles comportent des structures discursives, narratives, actanciennes et autres, qu'elles prennent sens par l'actualisation de contenus en référence à une encyclopédie, etc. Le détour par la

sémiotique textuelle va nous permettre de faire fonctionner un vocabulaire et des concepts nouveaux sur ces objets déjà très étudiés par les sciences de l'organisation et de la gestion. En outre, considérer le concepteur de procédures comme l'auteur d'une oeuvre nous paraît très acceptable, au même titre que sont des oeuvres les productions des chercheurs scientifiques, notamment en mathématiques et en recherche opérationnelle (comme en témoigne la tradition d'éponymie consistant à baptiser un théorème du nom de son inventeur). Un deuxième intérêt de ce changement de regard est de mettre l'accent sur le travail qui est celui du destinataire de la procédure, invisible car considéré comme de pure exécution. La sémiotique du texte contribue à revaloriser le travail du lecteur en montrant toute sa richesse ; depuis les théories de la réception, ce mouvement est allé en s'amplifiant. Nous pensons que toute procédure nécessite un travail d'interprétation, travail qui n'est pas reconnu comme tel dans les entreprises. De nombreux chercheurs, notamment en sociologie du travail, se sont intéressés au travail dit d'exécution, mais l'approche de Eco nous permet d'étudier les modalités d'articulation des deux points de vue, celui de la conception et celui de la réception, sur cet objet médiateur qu'est la procédure. Nous allons nous efforcer, avec l'étude des procédures statistiques, de restituer cette confrontation entre conception et interprétation autour d'outils de gestion incarnés dans des artefacts et des textes.

La surveillance de la qualité des produits fabriqués repose sur des procédures statistiques d'échantillonnage et des règles de décision calculées pour optimiser le coût du contrôle par rapport aux bénéfices qui en sont retirés. La gestion de la qualité est un processus organisationnel qui vise non seulement à arrêter les produits défectueux, mais aussi à identifier les défauts de qualité et à les corriger. Ces méthodes sont étudiées et développées dans les universités techniques, les écoles d'ingénieurs et les associations professionnelles. Il s'est constitué ainsi un vaste corpus de méthodes adaptées à une grande variété de conditions, tant au niveau de la nature des applications que de la protection contre les risques de non-qualité. Nombre d'entre elles sont standardisées sous l'égide de l'ISO.

Mais pour donner une réponse satisfaisante aux problèmes que pose la gestion de la qualité, il faut insérer ces méthodes dans une démarche plus générale que nous désignons par le terme *d'enquête*. Les méthodes statistiques apportent des moyens pour repérer les défauts de qualité, trier les bons produits et les mauvais, mais sont d'un faible secours lorsqu'il faut trouver l'origine des défauts et y remédier. Il faut employer d'autres méthodes spécifiques des procédés d'ingénierie utilisés en production. Elles peuvent être systématiques et routinières, de même que dans une enquête policière on vérifie les alibis de toutes les personnes impliquées, mais l'essentiel du travail consiste à interpréter des indices pour remonter aux causes des phénomènes observés.

La métaphore policière est d'autant plus suggestive en l'occurrence que l'on peut faire un rapprochement entre les méthodes statistiques de gestion de la qualité et ce que Michel Foucault appelle "système de surveillance" (Foucault 2004). Foucault distingue trois types de mécanismes de traitement du crime dans la société : juridico-légal, discipline, surveillance. Ces trois systèmes possèdent toujours des éléments communs mais diffèrent par leur dominante et par la nature des questions soulevées autour de la gestion du crime et de la répression. En résumant outrageusement, on peut dire que le système juridico-légal est dominé par la sanction, le système disciplinaire par la prise en charge du criminel et le souci de sa rééducation, le système de surveillance par une confrontation d'ordre économique, ou coût-bénéfice, entre le crime et la répression, par exemple : "quel est donc le coût comparé et du vol et de sa répression, qu'est-ce qui vaut mieux : relâcher un peu le vol ou un peu la répression ?" (p.7). Or le domaine de la qualité des produits industriels a conduit à poser très

exactement ces mêmes questions et à construire des développements théoriques considérables qui ont été repris dans les théories de la décision, en mathématiques et en économie, et ont probablement pénétré les réflexions sur les politiques publiques.

La théorie statistique du contrôle de qualité, en effet, formalise le problème consistant à trouver un compromis raisonné, sinon optimal, entre le coût des opérations de contrôle et le coût entraîné par des défauts non détectés dans les produits fabriqués. Nous avons donc exactement la double équivalence formelle défaut = crime, contrôle = prévention. On peut également introduire une gradation calquée sur celle de Foucault : 1) repérer les produits défectueux et les éliminer (agir sur le crime) ; 2) repérer l'origine des défauts et faire en sorte qu'ils ne se reproduisent pas (discipline) ; 3) instaurer un système de surveillance qui génère des données utiles à l'enquête, systèmes de traçabilité (surveillance).

Dans la suite, nous traiterons séparément les routines et les processus d'interprétation (l'homologue du travail du lecteur). Cette séparation n'a qu'une valeur analytique car, en réalité, il ne peut y avoir utilisation d'une routine sans interprétation, et ces deux composants sont articulés l'un sur l'autre. Mais elle nous oblige à porter notre attention sur les processus d'interprétation, en cherchant notamment comment ils se produisent, avec quels acteurs, à quels moments, en quelles circonstances, avec quels moyens. Elle permet aussi de souligner qu'il n'y a pas symétrie entre routines et interprétation : les routines font l'objet de formalisations scientifiques, de descriptions fines, d'incorporation dans des artefacts. La question des artefacts est devenue essentielle avec l'informatique et l'automatisation des opérations de surveillance : des automates peuvent contrôler une fabrication en détectant des produits qui ne correspondent pas aux normes et qui sont, de ce fait, probablement défectueux. L'automate peut faire un tri en faisant fonctionner des algorithmes de décision qui ont été incorporés dans ses programmes. Mais il n'est pas capable de faire face à des situations réellement imprévues ou auxquelles il n'a pas été préparé. Il n'est pas capable *d'émettre un jugement*, cette faculté restant le propre des humains. Il ne peut pas "se lancer" dans une enquête pour trouver l'origine du défaut, comme le ferait un technicien d'atelier aimant rechercher les pannes et y vivant à chaque fois une petite aventure. A la différence de l'automate, l'humain éprouve un désir de rechercher ce qui n'a pas bien fonctionné et qui expliquerait les défauts constatés sur le produit. L'humain rassemble des informations, part à la recherche de signes indiquant des dysfonctionnements, dans les machines, les matières premières, ou dans l'organisation et ses acteurs. Il interprète ce qu'il voit, il explore son environnement par la pensée aussi bien que physiquement, sa démarche est active.

Dans une première partie, nous étudierons les routines et les artefacts correspondants afin de mettre en évidence les principes qui ont guidé les calculs, en montrant dans quelles situations et préoccupations ils ont trouvé leur origine. Ces calculs sont ce que Donald A. Norman (1993) appelle des "précomputations", qui ont pour effet de formater des cadres pour l'interprétation, et notamment de *déplacer* le moment de l'interprétation, d'en *changer les conditions*. Mais en aucun cas les routines ne peuvent *éliminer* l'interprétation.

Dans une deuxième partie, nous reformulerons le processus d'enquête et d'interprétation avec des concepts de sémiotique pour bien faire apparaître la nature du travail qui s'effectue sur les signes. Nous détaillerons les modes de raisonnement par abduction généralement mobilisés dans l'enquête, en nous appuyant sur les travaux de Umberto Eco. Puis nous rassemblerons nos conclusions sur les modalités de coopération auteur-utilisateur prévues par la procédure.

1. Les calculs économiques au fondement des routines standardisées

1.1. Artefacts cognitifs et pré-computation

L'objectif de ce paragraphe est d'analyser des exemples représentatifs des routines standardisées du contrôle statistique pour mieux comprendre leur structure, les principes qui les organisent, et pourquoi ces principes ont été retenus plutôt que d'autres. Nous voulons également comprendre par quels moyens ces routines préparent un cadre pour l'interprétation par des humains, et comment ce cadre influence l'interprétation.

La notion d'artefact cognitif exposée par Donald A. Norman est ici essentielle. "*Un artefact cognitif est un outil artificiel conçu pour conserver, exposer et traiter l'information dans le but de satisfaire une fonction représentationnelle.*" (Norman 1993, p.18). C'est par exemple la représentation d'une distribution statistique, telle que celle d'une caractéristique d'un produit fabriqué en grande série. Cette distribution statistique nous indique la valeur moyenne de la variable, des mesures de dispersion (écart-type, quantiles), l'asymétrie éventuelle de la courbe, etc. La statistique mathématique a développé un grand nombre d'outils qui aident à construire des modèles statistiques des phénomènes observés.

Une distribution statistique représentant une série de données numériques peut généralement être caractérisée par un petit nombre de paramètres mathématiques (on les appelle les moments, les 4 premiers sont liés à la moyenne, l'écart-type, l'asymétrie, l'aplatissement). Les statisticiens disent que ces paramètres constituent un résumé de la série de données numériques car on peut, à partir d'eux, reconstituer la distribution statistique. L'artefact cognitif qu'est la distribution statistique possède donc des propriétés mathématiques que ne possède pas la série de données. Si on choisit de représenter la série de données par sa distribution statistique, en abandonnant la série de données brutes, on franchit une étape dans un processus de computation. On a "computé" des propriétés de l'objet de départ (la série de données) et on représente les données initiales par les résultats de cette computation, par leur modèle statistique. Les avantages sont la simplicité et la légèreté des données computées, leur caractère synthétique, la possibilité d'effectuer des traitements mathématiques, des tests d'hypothèses, etc. Les inconvénients sont qu'on a éliminé une partie des données de départ, par exemple l'ordre dans lequel les valeurs sont apparues. Or cette information est importante si l'on veut détecter la dérive progressive d'un processus au fil du temps.

C'est un caractère général des artefacts cognitifs utilisés dans le travail, selon DA Norman, d'incorporer des calculs, qu'il appelle "pré-computations" dans la mesure où elles sont effectuées avant que l'artefact ne soit mis en oeuvre pour exécuter une tâche. Par exemple, la check-list des pilotes d'avion a été élaborée par un long processus impliquant des dizaines d'institutions ; la pré-computation se manifeste par la structure de la liste et la nature des opérations de vérification qui doivent être accomplies.

Sur l'exemple de la check-list, on voit bien comment l'artefact précomputé déplace l'interprétation par un changement de la tâche. S'il n'y avait pas de check-list, les contrôles seraient fondés sur l'expérience personnelle du contrôleur, sur sa connaissance de la situation concrète, des matériels en cause, de la tâche à accomplir ; le contrôle serait très fortement lié à la situation. Avec la check-list, le contrôle se réfère avant tout aux opérations indiquées sur celle-ci. Le respect de la check-list est d'ailleurs une obligation réglementaire.

1.2. Le développement scientifique du contrôle statistique de qualité

Les problèmes de qualité des fabrications sont devenus préoccupants pour certaines industries dans les premières années du XXe siècle. Il s'agissait en fait de difficultés à fabriquer en grande série des produits respectant des tolérances très précises. WA Shewhart¹ a montré en 1924 que des fluctuations aléatoires se produisent inévitablement dans les conditions de fabrication industrielles, et que deux objets différents d'une même série de fabrication ne sont jamais rigoureusement identiques. Ce phénomène s'appelle la *variabilité* des produits et des conditions de fabrication, il ne peut être totalement éliminé. Il existe des limites à la précision que l'on peut atteindre dans la fabrication, et il faut en tenir compte lorsque l'on définit des spécifications.

Les premières publications sur ce sujet datent des années 1924-1930. Elles ont eu lieu indépendamment dans différents pays industrialisés (Allemagne, France, USA, Royaume-Uni) et s'attaquaient le plus souvent à des problèmes réels rencontrés dans la pratique. Les publications véritablement fondatrices de la théorie sont d'une part un article de Dodge et Romig (1929), d'autre part un livre de WA Shewhart (1931). Ces trois auteurs étaient membres des Laboratoires Bell appartenant à AT&T, où ils étaient chargés d'étudier ces questions.

Deux types de solutions scientifiques furent élaborées. La première, développée par Shewhart, consiste à rechercher les facteurs de variabilité les plus importants et à les éliminer, de façon que les caractéristiques des objets produits suivent des lois statistiques stables au cours du temps. On dit alors que le processus de fabrication est "sous contrôle statistique". Cette méthode s'appuie sur la technique des cartes de contrôle (control charts) et doit être complétée par une partie d'enquête et d'interprétation afin d'identifier et éliminer les facteurs de variation.

La seconde solution est le contrôle de réception par échantillonnage (acceptance sampling). La réponse traditionnelle à la variabilité des produits fabriqués dans les conditions manufacturières du XIXe siècle était l'inspection de la totalité des produits fabriqués. Mais cela devenait impossible pour des quantités fabriquées très grandes (les composants téléphoniques pour AT&T étaient fabriqués par centaines de milliers de pièces annuelles). Le contrôle par échantillonnage consiste à tirer au hasard un nombre déterminé de pièces dans un lot de pièces fabriquées. Cet échantillon est examiné et, selon les défauts trouvés dans l'échantillon, le lot est accepté ou rejeté. Des formules mathématiques ou des tables numériques permettent de calculer la taille de l'échantillon et les autres paramètres pour obtenir un niveau de protection donné. C'est par ailleurs la seule méthode utilisable lorsque le contrôle nécessite la destruction du produit fabriqué (cas des munitions, notamment).

Les artefacts cognitifs tiennent une place fondamentale dans ces méthodes. En effet, on demandait aux ouvriers de mettre en oeuvre des méthodes mathématiques qu'ils ne pouvaient comprendre. On a recouru à la précomputation : pour le contrôle de réception, on a établi des tables numériques indiquant la taille de l'échantillon en fonction de celle du lot et du degré de protection souhaité. Ces tables indiquaient aussi la règle de décision : le nombre de défauts tolérés dans l'échantillon, au delà duquel le lot devait être rejeté. Pour le contrôle de

¹ W. A. Shewhart (1891-1967), physicien de formation, chercheur aux Bell Labs, créateur de la méthode des cartes de contrôle utilisée chez AT&T.

processus, la précomputation est plus complexe, associant un dispositif graphique avec des représentations numériques (voir plus loin).

1.3. Contrôle de réception : un calcul de minimisation des coûts

Derrière ces formalismes scientifiques et ces artefacts, il se trouve des enjeux économiques considérables. Un mathématicien américain² déclare ainsi en 1926 :

"The size of the sample is a question of great economic importance. At the present time a theory of small samples is in process of development which promises to be of the greatest value. Then the problem of making the most efficient use of data is an important economic problem. The cost of analysis of data is small as compared with the collection of the data."

Par exemple, dit-il, si deux méthodes d'estimation sont équivalentes au point de vue du résultat, mais l'une demande un échantillon de 114 et l'autre un échantillon de 100, *"this is not a negligible economy when the total number of observations runs into millions."*

La méthode de Dodge & Romig suppose un fournisseur livrant à un client un lot de pièces. Un certain nombre de pièces sont tirées au hasard et inspectées. Si on trouve moins d'un certain nombre de défauts, le lot est accepté. Sinon, il est refusé. Le nombre de pièces à inspecter et le nombre de défauts tolérés sont déterminés par le calcul et consignés dans des tables numériques. La méthode se caractérise en outre par les points suivants :

- elle minimise le coût de l'inspection tout en respectant un niveau déterminé de protection du client (appelé risque du client)
- le client choisit lui-même le niveau de protection qu'il souhaite (risque du client)
- le coût de l'inspection est supporté par le fournisseur
- les pièces défectueuses trouvées lors de l'inspection sont remplacées par des bonnes
- un lot "refusé" est inspecté en totalité, les pièces défectueuses sont remplacées par des bonnes, et le niveau de qualité final du lot est alors très bon.

Examinons maintenant ce qui, dans la structure de cette procédure, est lié aux situations industrielles où elle a été conçue.

C'est la direction de l'entreprise, nous l'avons vu, qui avait donné aux chercheurs des Bell Labs la mission d'élaborer des méthodes de gestion de la qualité, en précisant que leur approche devait couvrir l'ensemble des activités de l'entreprise, "a company-wide view", et pas seulement les aspects de fabrication. Ceci amena Dodge et Romig à étudier le contrôle de réception sur des chantiers de montage de centraux téléphoniques. C'est là notamment qu'ils prirent conscience de l'importance de pouvoir livrer des pièces à l'utilisateur, plutôt que de renvoyer le lot défectueux à l'usine au risque de paralyser le chantier ; de là provient l'idée importante de trier les lots en remplaçant les pièces défectueuses.

² A. R. Crathorne : "The Course in Statistics in the Mathematics Department", The American Mathematical Monthly, Vol. 33, No. 4. (Apr., 1926), pp. 185-194. Voir p. 193

On peut apprécier l'originalité de cette idée en comparant avec un travail français de la même époque (Dumas 1925). L'auteur a développé une théorie très pertinente du contrôle de réception, mais traitée dans l'abstrait, sans référence à une situation réelle ni à des interlocuteurs industriels. Il ne s'est nullement intéressé au destin du lot, supposant seulement qu'il était renvoyé chez le fournisseur. Or c'était une question extrêmement importante pour le cas traité, celui des munitions de guerre : pendant la guerre de 1914-1918, les munitions étaient de très mauvaise qualité, les épreuves de réception en témoignent, et pourtant les lots étaient acceptés et envoyés au Front. C'étaient les soldats qui en définitive recevaient les lots mauvais et faisaient le tri comme ils pouvaient. Il est probable qu'on aurait imaginé d'autres procédés de contrôle si on avait pris en compte cette situation.

Remarquons que l'exemple français porte sur des munitions, la difficulté étant que les essayer, c'est les détruire... Le remplacement des mauvaises munitions par des bonnes était tout aussi difficile. Dodge et Romig se sont placés dans des conditions beaucoup plus favorables : leur méthode venait se substituer à l'inspection en totalité, par rapport à laquelle elle était nettement moins coûteuse. Il a été également possible de comparer empiriquement les deux méthodes : pendant toute une période, les lots ont été inspectés avec les deux méthodes, ce qui a permis de constater les performances satisfaisantes de la nouvelle. Vue sous ce jour, l'inspection sur échantillon apparaît comme en continuité avec l'inspection en totalité : elle s'y ramène si la qualité se dégrade. On peut la voir comme une forme allégée de l'inspection en totalité, adoptée principalement pour des raisons d'économie et de rapidité.

Le concept de risque du client formalise une notion de tolérance aux défauts : le client peut, au moins en théorie, évaluer le coût qu'entraîne pour lui l'acceptation et l'utilisation d'éléments défectueux, et donc évaluer économiquement la proportion maximale de défectueux qu'il peut tolérer. Cette proportion maximale est garantie en moyenne avec une probabilité de 0,9 ; il existe donc une probabilité non nulle ($1 - 0,9 = 0,1$) qu'il reçoive des lots comportant plus de défectueux que la proportion maximale tolérable.

Une autre propriété importante de la méthode Dodge et Romig est que le coût de l'inspection est supporté par le fournisseur. Les dépenses d'inspection pouvaient être très élevées dans l'industrie américaine du téléphone car les produits étaient souvent inspectés plusieurs fois, par le fournisseur et par le client. Et s'ils n'étaient pas satisfaisants, le client réclamait au fournisseur le remboursement des dépenses d'inspection. La règle adoptée par Dodge & Romig crée un cadre régulateur des relations client/fournisseur sur le long terme. En effet, si la qualité du produit se dégrade, davantage de lots seront refusés pour être inspectés en totalité. Les dépenses d'inspection vont donc augmenter pour le fournisseur, ce qui l'incitera à agir pour rétablir un bon niveau de qualité. Le client, de son côté, est protégé par l'inspection en totalité des lots de qualité trouvée insuffisante et par le remplacement des pièces défectueuses.

On voit donc comment les facteurs économiques sont inscrits dans la procédure à partir des demandes exprimées en situation d'utilisation. En plus des facteurs de coût, sont aussi présents un critère de disponibilité des fournitures et une garantie de qualité des lots reçus (mais sous forme probabiliste et non pas déterministe).

Le facteur économique du coût de l'inspection est devenu un objet théorique privilégié pour les mathématiciens et statisticiens académiques, avec la préoccupation de minimiser la taille de l'échantillon. L'un de ses développements les plus remarquables est sans doute l'analyse séquentielle, inventée par Abraham Wald pendant la guerre de 1939-45 sur demande

du gouvernement américain, et qui a donné naissance à un courant important en théorie statistique de la décision.

On peut observer à cette occasion comment les conditions de la pratique viennent modaliser les propositions théoriques dans les situations de mise en oeuvre. Malgré son optimalité théorique, l'analyse séquentielle n'a pas rencontré un grand succès auprès des praticiens industriels. H.F. Dodge rapporte dans ses souvenirs (Dodge 1969) que les inspecteurs n'aimaient pas cette méthode qui "n'arrivait pas à se décider". En effet, il faut procéder pièce par pièce selon une procédure qui ne donne pas un résultat immédiat mais peut demander au contraire un temps assez long : tirer une pièce, l'inspecter, reporter le résultat sur un graphique, conclure par l'une des trois décisions possibles - accepter le lot, le rejeter, ou... tirer une autre pièce. Il semble notamment que la contrainte de tirer les pièces les unes après les autres ait été assez difficile à mettre en oeuvre : tirer des échantillons nécessite des manutentions (ouvrir les conditionnements, défaire des piles de caisses, etc.) et il est plus rapide ou moins coûteux de prendre toutes les pièces d'un seul coup.

Les praticiens, en revanche, appréciaient beaucoup la méthode dite "de l'échantillonnage double". Présentée de façon intuitive, la démarche est la suivante : un premier échantillon est tiré ; s'il est très bon, le lot est accepté ; s'il est très mauvais, le lot est refusé ; s'il est entre les deux, on tire un deuxième échantillon qui tranchera. On peut calculer tous les paramètres pour que la procédure assure un niveau donné de protection et des tables de valeurs numériques à employer ont été constituées. HF Dodge explique cet attrait par ce qu'il nomme la "psychologie de l'inspecteur" : du point de vue de l'inspecteur, cette procédure "donne une deuxième chance au lot". Un inspecteur n'aime pas refuser un lot car cela crée des tensions avec les départements de fabrication ; s'il doit le refuser, il veut que ce soit pour des raisons bien solides, et deux échecs successifs lui apparaissent comme une preuve suffisante. Dans les années 1930, sur les milliers de plans d'échantillonnage utilisés à l'usine Hawthorne, environ 70% étaient doubles, 25% simples (le reste étant encore d'une autre variété). Ce schéma d'épreuve en deux étapes était également connu en France, mais sous l'appellation "épreuve et contre-épreuve" : la contre-épreuve est "une épreuve inverse en vue de vérifier si les résultats d'une première épreuve sont exacts"³. Il correspond sans doute mieux que l'épreuve unique à une certaine intuition de l'équité.

Les procédures prescrivent donc un formatage, non seulement des données, mais également des actions, formatage qui est interprété en pratique selon des critères étrangers aux raisonnements probabilistes : une seule épreuve, ce n'est pas assez ; une série indéterminée d'épreuves, c'est trop ; deux épreuves, c'est bien...

Ces procédures n'étaient pas applicables sans artefacts pré-computés, nous l'avons vu. La constitution de l'artefact (les tables, en l'occurrence) a représenté un gros investissement. L'article publié en 1929 indique des résultats, mais peu précis et d'emploi peu commode. Des tables numériques plus directement lisibles ont été constituées pour l'usage interne chez AT&T. Ceci a représenté, à l'époque, un investissement considérable en temps et en moyens de calcul. Il ne semble pas avoir été chiffré mais, d'après un témoignage (Juran 1997), cela a été tellement coûteux que les tables ont longtemps été gardées secrètes, pour ne pas en faire bénéficier les concurrents. C'est en effet seulement pendant la Deuxième guerre mondiale

³ Robert, Dictionnaire de la langue française.

qu'elles ont été publiées, et sur l'insistance du gouvernement qui voulait en promouvoir l'usage.

Ces méthodes d'inspection par échantillonnage sont en définitive des stratégies optimisées face à l'incertain. Elles sont calculées pour répondre de la façon la plus économique à une variété de situations représentées par des paramètres mathématiques. Ces paramètres sont en petit nombre, et on peut faire les calculs pour toutes les combinaisons envisageables. Ces calculs, faits "une fois pour toutes", permettent de construire des tables numériques (actuellement cette fonction est remplie par des logiciels). Le hasard paraît ainsi bien "domestiqué", selon l'expression de Ian Hacking (Hacking, 1990), mais seulement s'il accepte de rester dans la cage qui lui est proposée... La mise en situation réelle, dans un contexte de gestion, fait généralement apparaître des facteurs totalement imprévus au niveau du modèle. Pour les non spécialistes, les agents de production, ces tables ou routines informatisées sont des "boîtes noires" qu'il est impossible d'ouvrir. La seule marge de manoeuvre possible est éventuellement un choix parmi différentes routines existantes dans l'entreprise ou sur le marché.

1.4. Contrôle de processus : un équilibre économique entre deux types d'erreurs

Les facteurs économiques sont beaucoup plus difficiles à appréhender dans la méthode des cartes de contrôle que dans le contrôle de réception. Cette méthode met surtout en avant une théorie physique de la variabilité des fabrications et propose des moyens pour l'étudier et la rendre régulière ("constante", dit Shewhart), mais cette démarche relève avant tout de l'ingénierie, les aspects économiques ne s'introduisant que secondairement. Nous allons préciser l'articulation des deux types de facteurs.

La théorie de Shewhart construit un objet complexe, le "système constant de causes", qui n'est pas directement perceptible aux sens et doit être appréhendé à travers des artefacts qui accompagnent la théorie. Par "système constant de causes", on entend l'état où se trouve un système physique, tel qu'une machine de production, lorsque que l'output du système est une grandeur aléatoire suivant une distribution statistique stable. En termes modernes, on dit "système stationnaire", ou "sous contrôle statistique" dans le vocabulaire de la qualité. La méthode de Shewhart permet de déterminer si un système matériel se trouve en état de contrôle statistique et, s'il n'y est pas, propose une démarche pour l'y amener progressivement.

L'idée principale est que l'état de contrôle statistique est obtenu lorsque toutes les causes de variabilité existantes sont de même importance et additionnent leurs effets pour produire une régularité statistique résultant de la « loi des grands nombres ». Pour arriver à cet état, il faut identifier et éliminer les causes de variabilité les plus importantes, jusqu'à ce qu'il n'en reste plus aucune que l'on puisse distinguer des autres.

La procédure à suivre peut se résumer ainsi, sans entrer dans le détail des calculs :

- 1) déterminer la distribution statistique de la variable à contrôler, que l'on observe et mesure pendant un certain temps
- 2) en se servant de ces mesures, calculer ce qu'on appelle les "limites de contrôle", c'est-à-dire les limites entre lesquelles la caractéristique à contrôler doit se trouver avec une forte probabilité dans l'hypothèse où le système est stationnaire ;
- 3) dessiner les limites sur le graphique de la carte de contrôle (voir fig. 1, partie supérieure, "Average") ; la carte de contrôle est prête à l'utilisation

4) prendre un échantillon à intervalles réguliers ; à chaque fois, calculer la valeur moyenne de la variable et la reporter sur le graphique ; continuer tant que les points représentatifs restent entre les limites de contrôle ;

5) si, à un certain moment, un point tombe hors des limites de contrôle, cela signifie très probablement qu'une cause importante de variation est intervenue ; il faut alors la rechercher et l'éliminer.

Nous avons simplifié la description de la procédure, qui comporte aussi le suivi d'indicateurs de dispersion (écart-type ou étendue).

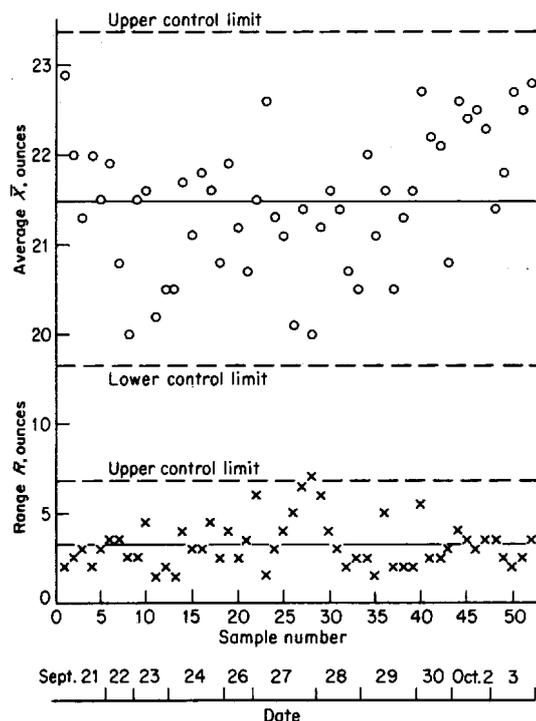


Fig. 1 – carte de contrôle standard, en moyenne et étendue (range)

Les précomputations et le formatage affectent ici l'ensemble des opérations prescrites par la procédure, puisque l'objet est totalement construit. C'est le cas, en premier lieu, de l'échantillon prélevé périodiquement. Bien que cette notion de petit échantillon soit intuitive, il a fallu attendre la théorie "des petits échantillons" élaborée par Student (à laquelle fait allusion le mathématicien cité plus haut dans notre texte) pour pouvoir l'utiliser dans des calculs et des estimations statistiques. On voit encore ici une influence de la situation : Student, de son vrai nom WS Gossett (1876-1937), était ingénieur dans l'industrie, aux brasseries Guinness, et était confronté au coût économique de la collecte des données car elle nécessitait dans son cas l'immobilisation d'équipements de production. Jusque là, les petits échantillons n'avaient pas été étudiés par les statisticiens britanniques, remarque ES Pearson (Pearson 1970) à propos de Student, car ils travaillaient essentiellement dans des stations agronomiques ou biologiques où ils pouvaient obtenir des échantillons aussi grands qu'ils le

voulaient. En partant de grands échantillons, on obtient une théorie dite "asymptotique", bien différente de la théorie adéquate pour les petits échantillons.

Shewhart s'est beaucoup appuyé sur la théorie des petits échantillons qui a constitué un tournant dans sa démarche. Dans une première période, en effet, il lui fallait des échantillons de milliers de pièces pour pouvoir déterminer les paramètres statistiques de la variable à contrôler, et cela ne permettait de suivre la production que mois par mois. Dans la version définitive de la méthode, la taille des échantillons est descendue à 4 unités, ce qui rend possible un suivi en temps réel et des interventions immédiates en cas de problème. Ajoutons que, pour arriver à ce nombre très petit, Shewhart a procédé à des essais systématiques avec un dispositif de simulation ; les séries de tirages aléatoires qu'il a obtenues sont d'ailleurs publiées en annexe de son livre (1931) afin de permettre d'autres expérimentations. Ici aussi, la pré-computation est l'objet d'investissements considérables.

Un autre aspect important de la pré-computation est le calcul des limites de contrôle. C'est ici que s'exprime le plus clairement un point de vue économique, sous forme d'un arbitrage entre deux types de risques, et donc de coûts. "La méthode statistique rend possible l'établissement de limites entre lesquelles la variation de toute quantité à laquelle la direction porte intérêt devrait être laissée au hasard. C'est seulement quand les variations dépassent ces limites qu'il est économiquement justifié d'engager une action."⁴ Le risque associé à des limites trop serrées est celui d'une fausse alerte, qui entraîne inutilement un coût de recherche de la cause supposée : décider qu'un point hors limites traduit une cause de variation significative, alors qu'elle n'est qu'une variation aléatoire "normale". Le risque de limites trop larges est celui, inverse, de ne pas détecter une variation significative, et donc de perdre l'occasion d'éliminer une cause de variabilité et d'améliorer la régularité du processus. La discussion de cette question par Shewhart a un intérêt plus théorique que pratique, néanmoins elle ouvre des voies de recherche en théorie de la décision.

Un deuxième type de risque économique intervient quand on veut prendre en compte la variabilité acceptée par le client. A priori, en effet, elle est différente de la variabilité propre au processus de production. Deux grands cas de figure peuvent se présenter :

- la plage de variabilité acceptée par le client est plus large que celle du processus : il n'y a pas de difficulté à satisfaire le client, mais pas non plus de raison majeure de réduire la variabilité du processus

- la plage de variabilité demandée par le client est moins large que celle du processus : il y a problème. Plusieurs éventualités sont envisageables : soit on parvient à réduire la variabilité du processus, soit on négocie un arrangement avec le client, soit on trie les pièces fabriquées en éliminant les non-conformes, soit on change de matériel de production.

Le risque associé à un mauvais calcul des limites de contrôle n'est ainsi qu'un risque parmi d'autres, dans la pratique. Cela explique peut-être que les industriels appliquent toujours la même règle depuis Shewhart (la règle dite "des trois sigmas"), à l'exception des industries électroniques qui ont lancé depuis quelques années la politique dite "des six sigmas"⁵. Nous

⁴ Shewhart et al. : "Applications of Statistical Method in Engineering and Manufacturing", *Mechanical Engineering*, nov. 1932, vol. 54, n°11, 778-780.

⁵ Cela signifie que la distance entre la moyenne de la variable et la valeur limite spécifiée par le client est au minimum de 6 écarts-types, ce qui correspond à 3.4 défauts par million d'occurrences.

avons bien là une routine standardisée abondamment mise en oeuvre sans s'interroger sur sa pertinence. Les manuels d'enseignement indiquent la procédure avec des tables numériques permettant de calculer directement les limites de contrôle à partir de séries d'observations, ce qui tend à développer des automatismes chez les utilisateurs.

La statistique mathématique a ainsi contribué à un mouvement de rationalisation de l'organisation industrielle dans les situations où intervient l'aléatoire, par le biais de procédures de collecte d'information et de prise de décision s'appuyant sur des artefacts et des précomputations. La prise en compte du coût d'acquisition de l'information est une innovation considérable, qui conduit à rechercher un point optimum entre coût et bénéfice. Cet optimum est parfois calculable et parfois non, mais dans tous les cas une réponse est proposée sous forme d'un "one best way" dont le destin serait, en toute logique, de devenir une norme pour les acteurs de la production.

1.5. Situations de conception et lecteur modèle

Nous avons vu que les routines sont imprégnées de certains caractères des situations dans lesquelles elles ont été conçues. Nous sentons bien que cela va influencer l'interprétation donnée à la routine dans les autres situations où elle sera employée. Mais comment le conceptualiser dans le champ sémiotique ? Un rapprochement avec la théorie du Lecteur modèle de Umberto Eco peut nous indiquer des pistes.

Tout texte, selon Eco, est incomplet, et le rôle du lecteur est de l'actualiser, c'est-à-dire d'explicitier (au moins pour soi) ce qui n'est pas dit dans le texte, qui n'est pas manifesté en surface mais présent néanmoins dans le texte. Dans un texte littéraire, le lecteur s'appuie par exemple sur des règles conversationnelles implicites, telles que : lorsqu'il y a deux personnages dans une scène, celui qui parle s'adresse à l'autre – à moins que le texte ne spécifie autrement. *"Le texte est un mécanisme paresseux (ou économique) qui vit sur la plus-value de sens qui y est introduite par le destinataire"*. L'auteur met en oeuvre des procédés qui s'efforcent d'anticiper l'interprétation par le lecteur : *"générer un texte signifie mettre en oeuvre une stratégie dont font partie les prévisions des mouvements de l'autre – comme dans toute stratégie."*

Ceci reste valable pour l'auteur d'une procédure. Pour anticiper les "mouvements" du lecteur (ou destinataire), il s'appuiera sur son expérience, sur les situations qu'il a connues, et peut-être aussi sur des connaissances acquises sans expérience directe. Il supposera par exemple que le lecteur actualisera sans difficulté telle référence, comblera tel "blanc" avec sa propre expérience, etc. En bref, il fera des suppositions sur la manière dont le lecteur s'y prendra pour fabriquer un sens au texte.

La coopération textuelle concerne l'ensemble des procédés textuels mis en place par l'auteur pour faire en sorte que le lecteur actualise le texte dans des directions particulières. L'un des plus importants est le Lecteur modèle : le lecteur idéal du texte tel que le texte lui-même le dessine. Le style littéraire du texte est par exemple un moyen de sélection des lecteurs. Un texte bardé de formules mathématiques ne sera pas à la portée de tous et dessine un profil social de lecteur.

Un texte dessine également un Auteur modèle, logiquement corrélatif du Lecteur modèle si le texte est soumis à des exigences de cohérence (ce n'est pas nécessairement vrai des textes littéraires, mais c'est vrai des textes de gestion). Auteur et Lecteur modèles sont des stratégies

textuelles, à bien distinguer de l'Auteur et du Lecteur empiriques, qui sont les personnes existant dans la réalité. Il est à noter une asymétrie fondamentale entre auteur et lecteur : l'auteur est engagé irréversiblement par son texte, par les modèles qui s'y dessinent, alors que le lecteur n'est pas tenu de se conformer au Lecteur modèle qu'il perçoit. Il peut adopter par rapport au texte une position totalement imprévue par l'auteur, et transformer complètement le sens du texte.

Le concept de Lecteur modèle nous paraît fécond pour l'étude de la gestion. Il conduit à mettre en lumière ce qui, justement, figure dans le texte et ce qui n'y figure pas mais est présupposé par le texte. Il indique une certaine classe de "trous à boucher" dans le texte. Les ressources pour les boucher peuvent se trouver dans l'intertexte, dans l'encyclopédie partagée, dans des encyclopédies spécifiques, ou dans les répertoires pragmatiques des acteurs empiriques.

Au delà du Lecteur modèle, Eco analyse une variété de niveaux – même si le terme n'est pas adéquat – auxquels se situe potentiellement la coopération auteur-lecteur : structures idéologiques, structures actanciennes, structures narratives, structures discursives, structures de mondes, prévisions et promenades inférentielles, extensions parenthésisées... Ce sont autant d'indications de pistes pour étudier les modalités de la coopération.

Prenons simplement l'exemple des structures narratives et actanciennes. Un article scientifique à portée générale tel que celui de Dodge & Romig (1929) ne raconte pas l'histoire d'une mise en oeuvre. Il indique les conditions d'utilisation de la méthode de façon abstraite, non pas narrative. En revanche, dans les séances de formation pour les ouvriers, les formateurs présentent des exemples, des cas, qui sont bien "des histoires", sous forme narrative. Les acteurs empiriques sont même souvent invités à jouer ces histoires comme au théâtre, donc à fabriquer eux-mêmes une trame narrative à partir des ressources actanciennes qui leur sont proposées. Ces histoires sont considérées comme un bon moyen pour "faire fabriquer du sens" au personnel d'exécution.

Heureusement, les scientifiques laissent souvent des textes où ils exposent, cette fois sous forme narrative, le processus par lequel ils ont produit la méthode qui les a fait connaître. Il est intéressant de voir ce processus comme une interaction auteur-lecteurs, car cela amène à mieux comprendre comment une situation laisse son empreinte dans la méthode. Notre travail d'analyse a consisté à reconstituer les situations originelles, à construire une narration expliquant comment les auteurs Dodge et Romig ont pu passer de ces situations originelles à la procédure formelle telle que nous pouvons la lire dans l'article de 1929.

En premier lieu, les "lecteurs" peuvent contribuer à orienter les développements théoriques dans un sens ou dans un autre. L'exemple du critère "minimiser le coût de l'inspection" est démonstratif à cet égard. En effet, Dumas (1925) l'envisage un instant mais choisit d'en développer un autre, qu'il juge plus intéressant d'un point de vue mathématique. S'il avait eu en face de lui des industriels, il aurait peut-être eu une réponse qui l'aurait orienté différemment. Il suffit parfois d'une impulsion pour déclencher le développement d'une nouvelle branche théorique : la théorie de l'analyse séquentielle a été développée à partir d'une suggestion d'un officier d'intendance de la marine (Wald 1947, p.2).

Il arrive aussi que les "lecteurs" interviennent pour spécifier certains points de la méthode qui restent indéterminés par la théorie et qui suscitent des débats, pour des raisons que les "auteurs" ne savent pas conceptualiser en restant à l'intérieur de leur cadre théorique. C'est par exemple la "psychologie de l'inspecteur" vue plus haut. C'est aussi le choix d'une valeur de référence pour la probabilité associée au risque du client (en définitive 10%). Cette valeur a

fait l'objet de discussions très longues et ardues, certains voulant 5%, d'autres 20%, alors que du point de vue théorique de la statistique, ces formules sont à peu près équivalentes. La mise en situation réelle est décisive pour la finition de l'oeuvre, car aucun esprit humain ne pourrait prévoir toutes ces objections et difficultés et y répondre par avance. C'est comme si l'oeuvre était élaborée et lue face à un cercle restreint, dont les remarques seraient intégrées avant une diffusion plus large.

2. Le signe "il y a un problème" et son interprétation

Nous allons maintenant aborder le versant interprétatif de l'enquête, qui consiste en une démarche de construction et d'enrichissement du sens à partir d'indices. Il s'agit d'analyser comment cette démarche s'articule avec l'artefact de la routine. Nous nous situons donc "du point du lecteur", pour considérer les moyens offerts à la coopération par le "texte" de la routine.

En 1924, sur le premier schéma présentant le principe de la carte de contrôle (fig. 2), Shewhart avait écrit : "This point indicates trouble", en désignant d'une flèche le seul point en dehors des limites de contrôle. Mais seule est signalée l'existence d'un problème : du problème lui-même, très peu est connu. Il faut encore le diagnostiquer, comprendre la situation, acquérir des connaissances, trouver des moyens d'action. En utilisant des concepts de sémiotique, nous dirons que cette indication "il y a un problème" est un *signe* et que nous voulons en produire une interprétation. Peirce a conceptualisé ces phénomènes sous le nom de sémosis, que l'on peut comprendre comme le développement de la signification du signe initial, à travers un processus d'engendrement de signes liés les uns aux autres tout en étant liés à leurs objets. Nos références théoriques sont en premier lieu Peirce pour la théorie du signe et de l'abduction, puis Umberto Eco pour l'approfondissement du concept d'abduction.

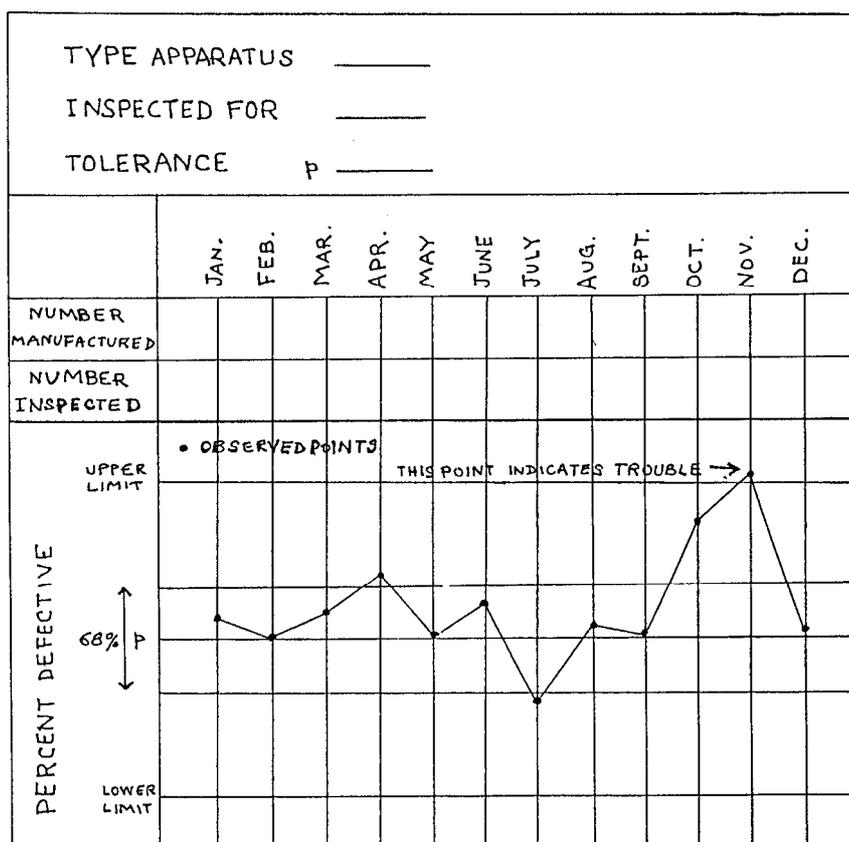


Figure 2 - Première forme de la carte de contrôle, 1924

Nous analyserons d'abord le mode de production du signe "il y a un problème" sur la carte de contrôle, qui repose essentiellement sur les routines statistique standardisées, puis nous aborderons l'enquête à laquelle il faut procéder pour identifier le problème, notamment la recherche des causes assignables de variation dans la démarche de Shewhart.

2.1. Un signe composé

Le signe constitué par le point que souligne le commentaire "ce point indique un problème" (que nous appellerons plus simplement "problème") est produit par le dispositif graphique de la carte de contrôle. Nous savons que la carte de contrôle est conçue pour enregistrer et représenter les résultats de la procédure d'échantillonnage périodique qui permet de contrôler le processus de production ; lorsqu'un échantillon est prélevé, l'opérateur calcule sa moyenne et sa dispersion et trace les points correspondants sur le graphique. Il y a "problème" si l'un des points tombe en dehors des limites de contrôle.

Considérons d'abord l'interprétation savante du "problème". Si le système de production est sous contrôle statistique, il est très peu probable (environ 3 chances sur mille) d'observer une telle valeur comme simple hasard de l'échantillonnage. Il est bien plus probable que la distribution statistique de la variable contrôlée ait changé. Dans le premier cas, l'événement

n'est pas significatif d'un dérèglement du système de production, et il ne faut surtout pas intervenir car cela aurait pour conséquence d'augmenter la variabilité. Dans le deuxième cas, au contraire, une cause extérieure est venue perturber la régularité (statistique) du système de production, et la question se pose de la rechercher.

Le dispositif graphique de la carte de contrôle produit un formatage des données qui fait partie de la précomputation propre à cet artefact. Analysons plus précisément la structure de ce dispositif de formatage.

La carte de contrôle est un dispositif graphique complexe qui comporte quatre types de composants fondamentaux (voir fig. 1) : (1) l'échelle des temps en abscisse, (2) l'échelle des grandeurs de la variable contrôlée en ordonnée (moyenne et dispersion), (3) les points représentatifs des échantillons successifs, (4) les limites de contrôle positionnées sur l'échelle des grandeurs de la variable. Le formatage graphique permet donc de représenter dans le même espace les quatre concepts mentionnés.

Un deuxième formatage est opéré en représentant sur le même graphique des éléments descriptifs et des éléments normatifs. Les éléments descriptifs sont les points représentant les échantillons par leur moyenne et leur dispersion, ils sont des indicateurs de l'évolution du système de production au cours du temps. Les éléments normatifs sont les limites de contrôle, qui décrivent les exigences que la production doit satisfaire (statistiquement).

Le cadre graphique commun est constitué par les deux axes des abscisses (temps) et des ordonnées (grandeur de la variable contrôlée). Les normes sont indépendantes du temps (droites horizontales d'ordonnée constante), alors que les points décrivant le système sont de plus en plus nombreux avec le temps. Notons qu'au fur et à mesure de leur inscription, ils dessinent des "courbes" qui constituent une certaine représentation de l'évolution de la qualité de la production.

Dans le cas présent, la procédure prescrit à la fois les *procédures d'observation* (tirage des échantillons, taille, fréquence), les *catégories de la description* (moyenne, déviation), les *critères de jugement* (limites de contrôle). Il faut souligner que la statistique mathématique intervient dans ces trois types d'éléments, et sous-tend donc l'ensemble de la routine. La méthode de Shewhart constitue un ensemble cohérent qui fournit à la fois les éléments descriptifs et les éléments normatifs.

Cette propriété est assez générale pour les outils statistiques, comme le note A. Desrosières (1993, p. 9) :

“Les outils statistiques permettent de découvrir ou de créer des êtres sur lesquels prendre appui pour décrire le monde et agir sur lui. De ces objets, on peut dire à la fois qu'ils sont réels et qu'ils ont été construits, dès lors qu'ils sont repris dans d'autres assemblages et circulent tels quels, coupés de leur genèse, ce qui est après tout le lot de beaucoup de produits”.

Les statisticiens industriels ont fait de gros efforts pour offrir des représentations intuitives correspondant à des pratiques sociales populaires (conduire une voiture sur une route bien tracée) et qui tendent à faire oublier le caractère théorique et construit des outils statistiques. On pourra remarquer que, ici, les éléments les plus faciles à comprendre sont les normatifs : la métaphore de la route à suivre ou de la feuille de température du malade est très intuitive. Par contre, les éléments descriptifs (moyenne, dispersion, échantillon représentatif)

sont essentiellement des produits théoriques et nécessitent en pratique de suivre des procédures de calcul non intuitives.

Il semble que le principe de *superposition de deux représentations*, l'une descriptive, l'autre normative, ait été utilisé dans la pratique des affaires dans la première moitié du XXe siècle⁶ : des graphiques représentant les performances (chiffres d'affaire, de vente, etc.) de plusieurs entreprises ou établissements pouvaient être comparés à une norme grâce à un "gabarit" dessiné sur un papier calque, qu'il suffisait de superposer aux graphiques dont les dimensions étaient normalisées. Il n'est pas impossible que le mode de représentation des limites de contrôle ait été inspiré par l'utilisation du papier calque, très répandue dans les bureaux d'ingénierie et les usines à cette époque.

2.2. Un signe indice à enrichir

Examinons d'abord la nature du signe "ce point indique un problème" d'un point de vue sémiotique, et ensuite la conceptualisation du processus d'interprétation.

Rappelons que, pour Peirce, un signe est "quelque chose qui tient lieu pour quelqu'un de quelque chose sous quelque rapport ou à quelque titre" (Collected Papers : 2.228)⁷. Un signe est une relation entre trois entités qu'il nomme *representamen*, *objet*, *interprétant*. L'objet est ce dont le signe tient lieu. Le *representamen* est la représentation de l'objet offerte par le signe, que Peirce identifie souvent au signe lui-même (le mot "signe" est employé au lieu de "representamen" et inversement). L'interprétant est un autre signe créé dans l'esprit de la personne à qui s'adresse le signe, et c'est "un signe équivalent ou peut-être un signe plus développé".

Interprétant, signe (ou *representamen*) et objet sont liés par une relation appelée "triadique", que Peirce caractérise de la façon suivante :

"[En bref, un signe est] tout ce qui détermine quelque chose d'autre (son interprétant) à renvoyer à un objet auquel lui-même renvoie (son objet) de la même manière, l'interprétant devenant à son tour un signe et ainsi de suite ad infinitum." (Coll. Papers : 2.303)

On voit qu'un signe est lié à son interprétant par la relation que tous deux ont à un même objet ; cependant l'interprétant "développe" le premier signe, et donc dit quelque chose de plus sur l'objet. L'interprétant est lui-même un signe qui engendre un nouvel interprétant renvoyant au même objet, dont la représentation se trouve à nouveau développée. Ce processus en chaîne est appelé par Peirce "semiosis" : c'est un processus d'interprétation et de fabrication de sens – en même temps que de transformation du rapport entre l'objet et les signes qui le représentent successivement.

⁶ Je remercie Yves Cohen, historien, directeur d'études à l'Ecole des hautes études en sciences sociales, pour cette information.

⁷ Il existe de très nombreuses définitions du signe chez Peirce, et la terminologie est variable. Nous avons retenu cette définition comme une des plus brèves et intuitives. Le texte intégral est le suivant : "A sign, or representamen, is something which stands to somebody for something in some respect or capacity. It addresses somebody, that is, creates in the mind of that person an equivalent sign, or perhaps a more developed sign. That sign which it creates I call the interpretant of the first sign. The sign stands for something, its object. It stands for that object, not in all respects, but in reference to a sort of idea, which I have sometimes called the ground of the representamen." (1897)

En s'appuyant sur les définitions précédentes, l'interprétation du signe "ce point indique un problème" consiste à engendrer à partir de ce signe "pauvre" - au sens où sa seule signification est d'attirer l'attention sur un point représentant un échantillon - une chaîne de signes qui aboutisse à un signe "pleinement développé", c'est-à-dire qui nous donne une explication de l'événement qui satisfasse nos besoins. La production de cette chaîne de signes est le processus de semiosis. Il accompagne les actions menées par les agents de l'entreprise dans leur enquête, et il constitue la représentation sémiotique de cette démarche qui, évidemment, comporte toutes sortes d'actions : interroger d'autres personnes, examiner les machines, faire des analyses et des essais, consulter des documents, etc.

Cette démarche active peut être représentée dans le plan sémiotique, mettant l'accent sur le travail qui se fait au niveau des signes et de leur mise en relation pour construire une explication qui sera considérée comme finale, au sens où l'on ne jugera pas utile d'aller plus loin. Comme le souligne Eco, "la sémiotique est un phénomène, la sémiotique est un discours théorique sur les phénomènes sémiotiques" (Eco 1990, §4.1.1).

Remarquons pour terminer que, sur une carte de contrôle en usage réel, il n'est pas écrit "ce point indique un problème", et il n'y a pas de flèche sur le graphique pour attirer l'attention sur cet indice, et constituer ce "point hors limites" en indice de problème. Il faut donc que l'utilisateur sache lire la carte de contrôle, c'est-à-dire sache y lire les signes qui s'y inscrivent automatiquement, par le seul fonctionnement de la routine. En définitive, c'est l'utilisateur qui décide de voir là un signe. Ici, la routine automatique ne fait rien d'autre que pointer sur un événement qu'elle catégorise comme signe, mais comme signe vide, laissant à la charge des humains d'en construire une interprétation. De plus, comme ce signe construit n'est pas la trace d'un phénomène naturel spontané mais renvoie à un phénomène qui est lui aussi construit, la possibilité existe que ce couple ne soit qu'un fantôme.

La routine que nous étudions n'a pas une existence autonome : elle a été élaborée à partir de travaux savants, a été écrite sous forme textuelle dans différents manuels, a été enseignée aux agents de production. Elle renvoie à une encyclopédie qui permet de l'actualiser. Son existence est tissée de tous ces liens intertextuels avec d'autres niveaux de discours.

2.3. Le raisonnement par abduction.

Le terme "abduction" a été forgé par CS Peirce pour nommer un raisonnement par hypothèse, où la conclusion n'est pas certaine mais seulement probable. Pour Peirce, les opérations logiques sont de trois sortes : déduction, induction, abduction.

A son habitude, Peirce a multiplié les définitions et interprétations de ses concepts. Retenons celles, logicistes, se référant à la théorie classique du syllogisme et de l'induction (Peirce 1868). Si le syllogisme est la déduction d'un résultat à partir d'une règle et d'un cas, l'induction est l'inférence d'une règle à partir d'un cas et d'un résultat, tandis que l'abduction (ou l'hypothèse) est l'inférence d'un cas à partir d'une règle et d'un résultat. Seuls l'induction et l'abduction sont des raisonnements créatifs. Peirce l'a aussi exprimé simplement : "abduction is, after all, nothing but guessing" (C.P. 7.219, 1901).

Eco étudie trois types d'abduction qui permettent d'analyser plus finement les raisonnements mis en oeuvre dans une enquête. Quand on observe un phénomène ("résultat") dans certaines circonstances ("cas"), la question de l'abduction est de savoir quelle règle explique ce phénomène à partir de ces circonstances. Selon la définition logicienne

précédente, ceci semblerait plutôt relever de l'induction, mais l'analyse de Eco montre en fait qu'il n'y a pas un clivage tranché entre induction et abduction.

a) Hypothèse ou abduction hypercodée. Une loi existe, que nous connaissons : elle est déjà codée dans les connaissances ou habitudes culturelles. Nous observons un cas qui nous paraît explicable par cette loi, nous en concluons que la loi a joué. Ce mécanisme intervient souvent dans la vie quotidienne sans même que nous en ayons conscience, pour identifier et catégoriser des perceptions de toutes sortes.

b) Abduction hypocodée. Une série de règles appartenant à la connaissance commune peuvent expliquer le phénomène, et toutes ces règles sont équiprobables. On sélectionne la règle la plus plausible, mais il n'y a pas certitude. L'explication est prise en considération en attendant des vérifications ultérieures.

c) Abduction créative. La loi doit être inventée : Eco évoque ces découvertes "révolutionnaires" qui bouleversent un paradigme scientifique établi (Kuhn 1962). En gestion de la qualité, ce sera plus modestement une hypothèse radicalement nouvelle concernant une perturbation.

d) Méta-abduction. Prolongeant la boutade de Peirce citée plus haut, Eco fait une place à l'abduction par pur "guessing", qui représente "le courage de défier sans vérifications ultérieures la faillibilité de base qui gouverne la connaissance humaine" (Eco 1990, § IV.2.3.2). En relève par exemple la conduite d'un agent qui affirmerait d'emblée sa certitude concernant l'origine d'une perturbation, sans attendre le résultat des premières vérifications expérimentales. C'est aussi "l'instinct" du dépanneur qui aime mettre immédiatement le doigt sur la panne et démontrer ainsi sa compétence.

Le matériau pouvant être utilisé par les enquêteurs de la qualité est a priori sans limites. Cependant, il faut tenir compte de l'accessibilité, du coût d'exploitation, des délais, de la fiabilité des informations, etc. Cette enquête intervenant a posteriori, ils n'ont plus que des *traces* de ce qui s'est passé.

Un certain type de traces est produit par le graphique de la carte de contrôle : les points représentant les échantillons successifs dessinent parfois des courbes qui donnent des indications plausibles sur les causes de la perturbation. Ce type de traces est la seule aide que la routine standardisée offre pour l'interprétation du point hors limites. Par exemple, dans un usinage mécanique, si la moyenne des échantillons reste stationnaire mais que la dispersion augmente brusquement, cela peut signifier que la machine s'est mise à vibrer. On remarque assez facilement les tendances régulières ou cycliques, ce qui oriente vers certaines causes. De tels exemples figurent toujours dans les manuels de formation.

Les traces sont le principal matériau pour l'enquête. Les traces laissées sur la carte de contrôle ne sont pas fidèles, car elles comportent une part d'aléatoire par suite de l'échantillonnage. Aussi voit-on se développer dans l'industrie la constitution de traces systématiques : c'est ce qu'on appelle la traçabilité des fabrications. Il s'agit d'organiser des archives, telles que des informations sur les conditions de production et de contrôle, et parfois aussi des échantillons de produits (cas de la pharmacie), de façon à faciliter une enquête ultérieure en cas de "problème". C'est parfois une obligation juridique pour certaines industries et services (restauration), alors que dans beaucoup d'entreprises travaillant en sous-traitance, c'est le donneur d'ordres qui impose des modalités de suivi de la qualité compatibles avec son propre système.

2.4. Le cycle de Shewhart, une semiosis expérimentale

L'analyse de l'abduction par Eco révèle que l'hypothèse n'est pas toujours consciemment soumise à vérification expérimentale : elle peut sembler évidente, ou non contestable pour diverses raisons d'ordre social ou psycho-social, poids de la hiérarchie, argument d'autorité, charisme, influence, etc.

Dans sa théorie du contrôle de qualité, Shewhart a énoncé clairement la nécessité logique de la validation expérimentale de l'hypothèse, mais en traduisant le schéma classique des sciences expérimentales en termes de contrôle statistique :

- la formulation de l'hypothèse correspond à la *spécification* : c'est le moment où l'on définit le but à atteindre, c'est-à-dire les caractéristiques que l'on attend du produit à fabriquer ;

- l'expérimentation physique correspond à la *production*, moment où le contrôle statistique est envisagé en tant qu'opération matérielle ; ce sont les procédures d'échantillonnage, la définition des limites de contrôle, etc.

- le jugement sur l'hypothèse, ou conclusion, correspond à *l'inspection*, qui juge si la production effectuée est en état de contrôle statistique, c'est-à-dire s'il ne se manifeste pas de cause attribuable de variation.

Ces trois moments s'enchaînent en un cycle qui peut se répéter indéfiniment, produisant, dit-il, un *processus dynamique d'acquisition de connaissance* (Shewhart 1939, pp. 44-45).

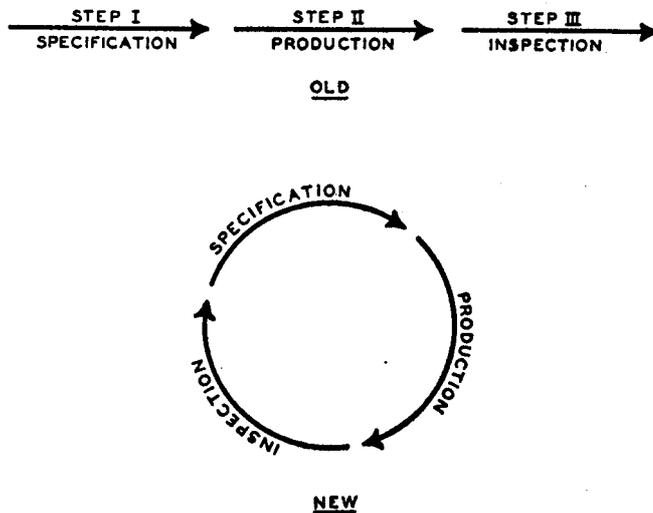


Fig. 4 - Le cycle de Shewhart, version première (1939)

L'acquisition de connaissance apparaît ainsi comme un flux permanent qui double le flux de la production et permet d'en améliorer les performances. "Mass production viewed in this way constitutes a continuing and self-corrective method for making the most efficient use of raw and fabricated material." (Shewhart 1939, pp. 44-45).

Cette conception peut actuellement nous apparaître bien étroite : pourquoi donc limiter la "connaissance" à la détection des causes assignables de variation ? S'il s'agit d'améliorer

l'efficacité des processus, il y a bien d'autres connaissances utiles qui peuvent être acquises à travers l'enquête sur les défauts signalés par la carte de contrôle.

Le Lecteur modèle prévu par Shewhart est essentiellement préoccupé de diminuer la variabilité du processus de fabrication. D'autres travaux en contrôle statistique font apparaître des Lecteurs modèles différents. Le phénomène intéressant dans ce cas est que ce sont les travaux de Shewhart qui sont repris et réécrits en y incorporant d'autres Lecteurs modèles, auxquels les lecteurs empiriques trouvent plus d'attrait. .

Ainsi, le cycle de Shewhart a été remanié par le spécialiste de la qualité W. Edwards Deming (Deming 1986, chap. 3) qui y a introduit un quatrième temps, appelé "ACT" ci-dessous.

La terminologie est relativement standardisée, c'est le même texte qui circule dans les manuels et sur l'internet, sur les sites d'ingénieurs conseils ou d'enseignants :

"PLAN: plan ahead for change. Analyze and predict the results.

DO: execute the plan, taking small steps in controlled circumstances.

STUDY: check, study the results.

ACT: take action to standardize or improve the process"

On reconnaîtra les trois temps de Shewhart dans les trois premiers temps de celui-ci. Qu'apporte le quatrième temps ? On voit que c'est le temps de la mise en oeuvre des résultats acquis, peut-être de la réflexion ; un temps qui brise la répétition indéfinie des cycles ternaires. Tout cela semble cependant implicite dans le cycle original à trois temps...

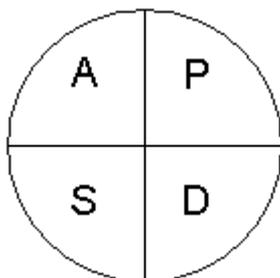


Fig. 3 - Le cycle de Shewhart, selon Deming

Il est très étonnant que la version originale de Shewhart, le cycle à trois temps, ait complètement disparu des textes en circulation : c'est la version à quatre temps qui circule sous le nom "cycle de Shewhart". Les acteurs qui utilisent commercialement cette démarche évoquent généralement son origine aux Bell Labs à la façon d'un mythe : née dans les années 1920, elle est restée longtemps un des "procédés maison" de AT&T, puis a été exportée au Japon immédiatement après la guerre, adoptée par les dirigeants japonais, etc. Ce mythe fait une belle place à WE Deming, qui aurait été l'acteur principal dans la diffusion et la popularisation au Japon des travaux de Shewhart. Le cycle de Shewhart est d'ailleurs très souvent appelé cycle de Deming ou "Deming wheel".

Le Lecteur modèle de Deming est beaucoup moins spécialisé, moins étroitement scientifique, que celui de Shewhart. La méthode est présentée comme démarche de résolution de problèmes, et non seulement "contrôle de qualité". Elle peut être utilisée dans toutes sortes de domaines. Les livres de Deming sont d'une lecture facile, ils utilisent beaucoup la narration.

2.5. La coopération auteur-lecteur autour de la procédure de Shewhart

Nous concluons que la procédure de la carte de contrôle n'apporte pas une aide directe à l'enquête, et que la recherche des causes doit s'appuyer, en général, sur des moyens autres que la méthode statistique. Le Lecteur modèle est supposé disposer de ressources extérieures à la procédure. Ces moyens peuvent être des routines, comme lorsqu'un dispositif de traçabilité fonctionne, mais ces routines sont différentes de la routine de contrôle statistique proprement dite.

Dans la carte de contrôle, le formatage des données qui produit le signal "problème" vise essentiellement à la diminution de la variabilité du processus de fabrication. Les limites de contrôle sont calculées de façon à établir un compromis aussi "économique" que possible entre le risque d'alerte injustifiée et le risque de ne pas donner une alerte justifiée, ces deux risques opposés comportant chacun un coût économique. Il est coûteux de partir à la recherche d'une cause qui n'existe pas (alerte injustifiée), et inversement, de laisser passer (pas d'alerte) des défauts que l'on pourrait corriger, selon la conception du processus d'amélioration permanente. Le formatage est donc à la fois technique et économique, la dimension économique n'étant pas immédiatement apparente (il n'y a aucune variable économique sur la carte de contrôle).

Lorsqu'une enquête permet de trouver et d'éliminer une cause de variabilité, la procédure standard prescrit de recalculer les limites de contrôle. En effet, la variabilité du processus de fabrication a en principe diminué, et l'équilibre optimal entre les deux espèces de risques s'est déplacé. Le résultat visible d'une enquête réussie est donc, en principe, un resserrement des exigences sur le produit.

C'est là ce que le Lecteur modèle est supposé faire. Mais l'observation des pratiques industrielles montre que, bien souvent, la procédure n'est pas suivie intégralement, les limites de contrôle n'étant pas recalculées. La carte de contrôle n'est pas utilisée pour réduire le plus possible la variabilité du produit mais pour vérifier que les tolérances exigées par le client sont respectées. Les limites de contrôle sont calculées d'après le cahier des charges et ne sont pas révisables. Dans ce cas, l'apparition d'un échantillon hors limites signale un problème vis-à-vis du client, et revêt donc une signification économique plus directe (risque de pénalités si un produit défectueux est livré). L'enquête est orientée d'abord vers l'identification des pièces défectueuses, pour les retirer de la circulation, puis vers la résolution du problème afin de rétablir l'état antérieur à la perturbation.

La carte de contrôle peut donc être interprétée d'une façon très différente de celle prévue par la théorie savante. Cette façon n'est pas légitime par rapport au Lecteur modèle prévu par Shewhart ; en reprenant une distinction posée par Eco, le texte original est "utilisé" et non "interprété", car son projet global n'est pas repris. Le formalisme graphique des limites de contrôle est interprété littéralement, les limites sont considérées comme des représentants du client et non comme des moyens d'accroître la connaissance sur le processus de fabrication.

En résumé,

- le formalisme graphique de la carte de contrôle est structuré par une théorie (Shewhart) du coût et de la valeur de l'information, entre lesquels un équilibre doit être trouvé, équilibre qui détermine la position des limites de contrôle
- mais cette théorie est souvent oubliée, les limites de contrôle étant traitées comme des moyens de garantir "ce que veut le client"
- le formalisme graphique n'apporte pas systématiquement une aide à l'enquête, et il peut inciter au comportement le plus paresseux, éliminer les produits défectueux.

L'artefact graphique semble donc avoir prédominé sur le texte pour orienter l'interprétation. On voit ainsi que, pour étudier pleinement la coopération prévue par une procédure, il faut prendre en considération un corpus d'objets qui ne sont peut-être pas tous prévus par le texte, mais que l'utilisateur aura accroché au texte originel. Ceci nous incite à suivre les liens qui se tissent entre artefacts, textes et situations dans l'épaisseur de l'organisation. .

Conclusion

Nous avons tenté dans ce texte de jeter les bases d'une approche qui permettrait de penser ensemble, d'articuler, deux volets complémentaires des activités du contrôle de qualité, les routines standardisées d'un côté, le travail interprétatif de l'autre. La sémiotique peircéenne nous paraît intéressante car elle fait une place de premier rang à l'interprétation, à l'enquête et au raisonnement par hypothèse. Les prolongements que lui a donné Umberto Eco en sémiotique du texte et de la lecture semblent prometteurs pour conceptualiser l'interaction concepteur-utilisateur autour d'un texte ou d'un artefact. Bien sûr, il reste un gros travail à accomplir pour passer du domaine de la littérature de fiction à celui des textes opératoires utilisés dans les entreprises. Il ne s'agit pas de transposer tels quels les concepts élaborés par Eco, qui sont étroitement liés à la nature fictionnelle des textes qu'il étudie, mais de réitérer sa démarche sur des objets textuels nouveaux, et donc d'inventer de nouveaux concepts qui leur soient adéquats.

Cette démarche est porteuse de plusieurs idées fécondes. En premier lieu l'idée de dispositif coopératif porté par le texte et lisible par des analyses à différents niveaux. Ensuite, l'idée que la coopération est proposée par l'auteur mais n'est pas acquise, le lecteur pouvant récupérer le texte et l'utiliser pour ses propres fins. Cette asymétrie fondamentale entre auteur et lecteur, qui semble ici profiter plutôt au lecteur, apporte un point de vue original dans le contexte des entreprises où, bien souvent, l'auteur du texte détient plus de pouvoir que le lecteur.

A l'heure actuelle, nous ne pouvons prétendre, dans notre analyse, être arrivés à des "résultats" : la sémiotique peircéenne n'est pas une technique qui "mouline" des données. C'est plutôt un "regard", comme le dit à l'occasion Eco, qui s'exerce à lire ce qui, derrière les choses, peut être traité en signes. C'est aussi une interrogation permanente sur les phénomènes qui produisent des significations, et notamment sur les différentes manières d'interroger les faits et d'en tirer des conclusions, souvent peu assurées en droit mais parfois pleines de conviction.

Notre thèse selon laquelle les routines fournissent un cadre qui met en évidence les événements passibles d'une enquête paraît bien adaptée au cas de la carte de contrôle.

Formulée en général, elle est évidemment d'une grande banalité : il y a des règles, rendues présentes et actives par les routines, et ce qui sort du cadre de la règle est soumis à enquête. Nous revendiquons cependant une originalité : la vision sémiotique de ce processus, qui prête attention à la manière dont se constituent les signes de l'exception, du "hors-règle", à la fois matériellement (par le graphique de la carte de contrôle) et par le raisonnement (les formalismes mathématiques, les facteurs qu'ils incorporent, et aussi les types d'abduction qui fondent l'enquête). La carte de contrôle montre que la théorie statistique fabrique à la fois le descriptif et le normatif, construit donc le candidat coupable (il s'agit des points représentatifs des échantillons) de façon qu'il puisse tomber sous le coup des lois conçues à son intention. Le graphique organise la rencontre et la met en visibilité dans l'espace public, rendant l'incident accessible au travail collectif des enquêteurs et informateurs qui vont s'efforcer d'en construire une interprétation.

Sur le terrain, les pratiques évoluent vite. La normalisation de la qualité, la certification, imposent toujours de nouveaux standards. Il semble qu'on aille vers une standardisation des procédures d'enquête qualité, comme en témoigne le développement de la traçabilité. Cependant les conceptions de la qualité et de la non-qualité évoluent elles aussi, et la standardisation suit le mouvement avec un certain retard. L'enquête reste un mode essentiel de production de connaissances sur les processus industriels et l'organisation, en particulier dans les domaines innovants. Il importe de reconnaître et de valoriser le rôle de chacun dans ce processus, y compris de ceux qui ne sont, en apparence, "que des exécutants".

Références

- Deming, WE (1986). *Out of the Crisis*. Cambridge: MIT.
- Desrosières A., 1993 : La politique des grands nombres. Histoire de la raison statistique, La Découverte, Paris
- Dodge HF, Romig HG (1929). A Method of Sampling Inspection", *Bell System Technical Journal*, vol.8, p.613-631
- Dodge H.F. (1969). Notes on the Evolution of Acceptance Sampling Plans. parts I-IV, *J. of Quality Technology* : 1 (1969), pp. 77-78, 155-162, 225-232, et: 2 (1970), pp. 1-8.
- Dumas M. (1925). Sur une interprétation des conditions de recette. *Mémorial de l'artillerie française*, tome 4, fasc. 2.
- Eco, Umberto (1979). *Lector in Fabula, le rôle du lecteur*, Livre de poche, coll. Biblio/essais, Paris, 1995. Ed. orig. *Lector in fabula*, Milano, Bompiani, 1979.
- Eco, Umberto (1990). *I limiti dell' interpretazione*, Bompiani, Milano. Trad. fr. : *Les limites de l'interprétation*, Grasset et Livre de poche, série Biblio/essais, Paris, 1994
- Fagen M. D. (ed) (1975) : *A History of Engineering and Science in the Bell System, The Early Years (1875-1925)*, vol. 1, Bell Telephone Laboratories. Chapter 9 : "Quality Assurance".
- Foucault M. (2004). Sécurité, territoire, population. Cours au Collège de France. 1977-1978. Gallimard/Seuil, Paris
- Hacking, Ian (1990). *The Taming of Chance*. Cambridge University Press

Juran JM (1997). Early SQC: Historical Supplement. *Quality Progress*, September 1997, 73-81

Juran JM (2004). *Architect of Quality*, McGraw-Hill

Kuhn, TS. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press

Norman, D. A. (1993). Les Artefacts Cognitifs. in: Les objets dans l'action. B. Conein, N. Dodier (eds). *Revue Raisons Pratiques*. Paris, EHESS: 15-34.

Pearson, Egon S. (1970). William Sealy Gosset, 1876-1937. in Pearson ES and Kendall MG, *Studies in the History of Statistics and Probability*, London, Charles Griffin, pp. 355-404

Peirce, C.S. (1868). Some Consequences of Four Incapacities. *J. of Speculative Philosophy*, Vol. 2, pp. 140-157. <http://www.peirce.org/writings/p27.html>

Shewhart, W.A. (1931). *Economic Control of Quality of Manufactured Products*, New York: Van Nostrand, London: MacMillan. Rééd. American Society for Quality, 1980.

Shewhart W.A. (1939). *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control*, The Graduate School, U.S. Department of Agriculture, Washington. Réed. Dover Publications.

Wald, A (1947). *Sequential Analysis*, New York: Wiley