



Contrôle de la qualité d'un process industriel

par Bernard Beauzamy

résumé de l'exposé présenté lors du colloque du 3 juillet 2014

On peut grossièrement distinguer entre deux types de situations : celles où le fabricant accepte un certain nombre d'objets non conformes (situations de garantie) et celles où le fabricant tient à ce que tous les objets satisfassent à une obligation de conformité (situations de sûreté). La distinction entre les deux n'est pas aussi nette qu'on pourrait le croire.

I. Situations de garantie

La première situation que l'on rencontre est celle de l'évaluation du nombre d'objets non conformes, à partir d'un échantillon, avant la mise sur le marché. Typiquement, un fabricant de radiateurs teste 5 000 appareils, et voudrait, à partir du nombre constaté d'objets défectueux, prévoir le taux de retour sur une production de 100 000 unités par an. On espère par exemple que ce taux de retour ne dépassera pas 1/100.

La théorie mathématique de base est décrite dans le livre [MPPR] : si n objets ont été reconnus défectueux sur N essais (la population test), la probabilité d'avoir n' objets défectueux sur N' (la population d'utilisateurs réels) est donnée par la formule :

$$p(n', N'; n, N) = \frac{N + 1}{N + N' + 1} \frac{\binom{N}{n} \binom{N'}{n'}}{\binom{N + N'}{n + n'}}$$

Cette formule se déduit facilement de la loi de densité du taux de risque : voir [MPPR] et [NMP].

La formule est très académique ; elle suppose que les essais des appareils sont indépendants (il n'y a pas de défaut affectant toute une chaîne de fabrication) et elle suppose aussi que les conditions d'utilisation seront les mêmes en exploitation qu'en test. Les deux hypothèses sont discutables.

Une variante concerne les "extensions de garantie", comme font l'électroménager et l'automobile. Dans ce cas, les nombres n, N font référence aux défauts enregistrés pendant les deux ou trois premières années de vie (celles sous garantie), tandis que n', N' font référence aux années suivantes et N' est du même ordre que N , alors qu'il était beaucoup plus grand dans le premier cas.

Mais une telle formule ne tient pas compte du vieillissement, qui joue pourtant un rôle essentiel ; elle n'est donc pas absolument fondée. Une préoccupation des constructeurs automobiles est de disposer d'un système d'alerte précoce, leur disant par exemple : sur tel modèle, il y a un nombre important de pannes sur l'embrayage, à partir de 80 000 km ; il faut donc s'attendre à tel nombre de retours.

On peut évidemment détecter des anomalies statistiques de ce genre, et en tenir compte pour dimensionner les garanties et les pièces de remplacement. Cela étant, il est difficile d'obtenir une loi quantitative précise. Les défauts peuvent concerner une toute petite sous-série, ou bien être révélateurs d'une fragilité générale, relevant du défaut de conception.

II. Situations de sûreté

Il y a des cas où aucune défaillance ne peut être tolérée (composants de sûreté, etc.). Malgré tout, la fabrication reste soumise à des aléas. Seul un contrôle destructif peut permettre de vérifier la conformité de la fabrication (il faut ouvrir les pièces) et, évidemment, un tel contrôle est coûteux. Cette situation est celle du jeu-concours : voir l'exposé de Michel Bénézit dans ce même colloque.

Le point essentiel ici est que l'industriel doit avoir une approche "dynamique" de son plan d'expériences. Si par exemple 1 000 tests peuvent être faits, on fera les 100 premiers selon une loi uniforme (parce qu'au début on ne dispose d'aucune information), puis les 10 suivants en tenant compte des résultats des 100 premiers, puis les 10 suivants en tenant compte des 110 premiers, et ainsi de suite. Voir :

http://scmsa.eu/archives/SCM_FFJM_Competitive_Game_2013_2014._results_comments.pdf
pour une présentation plus précise.

L'idée est ici que l'information est précieuse ; chaque test apporte une nouvelle information, et donc le test, à la n – ème étape, doit être fait en tenant compte des résultats des tests précédents. A la $n - 1$ – ème étape, les tests réalisés permettent la définition d'une loi de probabilité (qui dit : voici quelles zones sont critiques, quelles zones le sont moins), et le test suivant est tiré au hasard selon cette loi.

III. Contrôle de pièces

C'est une situation qui se rencontre par exemple dans le contrôle de colis radioactifs, ou, plus généralement, dans tous les cas où une mesure unique est faite sur un objet.

L'industriel annonce cette mesure pour chaque objet, et une autorité vérificatrice teste un certain nombre d'objets, pris au hasard dans le lot, et compare sa propre mesure avec celle de l'industriel. La question est de savoir :

- Si le nombre d'objets testés par l'autorité vérificatrice est suffisant ;
- Si l'industriel peut être bien noté.

Ces questions sont très différentes de celles que l'on rencontre en théorie des sondages. On ne se soucie pas de la moyenne des écarts, mais du nombre de cas où un écart dépasse un certain seuil, fixé par les autorités, et qui peut être considéré comme le maximum tolérable.

On travaille donc ici sur l'écart $I_k - A_k$, où I_k est la valeur annoncée par l'industriel et A_k celle mesurée par les autorités ; cet écart peut être positif ou négatif. On ne cherchera pas, comme expliqué plus haut, à évaluer la moyenne des écarts. Le principe de l'approche est de "propager" l'information recueillie sur les colis qui ont été sondés à l'ensemble des colis. Ceci est fait en utilisant la méthode de l'EPH, présentée dans le livre [PIT].

Mais l'utilisation de cette méthode repose sur un ordre entre colis : s'ils se succèdent dans le temps (et donc sont numérotés), le résultat ne sera pas le même que s'ils sont rangés dans une pièce.

L'utilisation de l'EPH résulte en une loi de probabilité pour chaque colis non mesuré ; si cette loi n'est pas assez concentrée, ce colis est un bon candidat pour être testé, si on décide d'accroître la taille de l'échantillon. L'EPH est donc une aide à la décision pour établir un plan d'expériences ultérieur.

La mise en œuvre de l'EPH permet aussi de noter l'industriel. Une fois la loi de probabilité propagée à tous les colis, on voit si les mesures de l'autorité ont, globalement, une forte probabilité ou non ; dans le premier cas, la note sera satisfaisante.

Références

[MPPR] Bernard Beuzamy : Méthodes Probabilistes pour l'étude des phénomènes réels. SCM SA, ISBN 2-9521458-0-6, ISSN 1767-1175. Mars 2004.

[NMP] Bernard Beuzamy : Nouvelles Méthodes Probabilistes pour l'évaluation des risques. SCM SA, ISBN 978-2-9521458-4-8. ISSN 1767-1175, broché, 272 pages. Avril 2010.

[PIT] Olga Zeydina et Bernard Beuzamy : Probabilistic Information Transfer. SCM SA. ISBN: 978-2-9521458-6-2, ISSN : 1767-1175. Relié, 208 pages, mai 2013.