

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

A. VESSEREAU

I. Quelques réflexions sur le point de vue de l'utilisateur

Revue de statistique appliquée, tome 2, n° 4 (1954), p. 127-132

http://www.numdam.org/item?id=RSA_1954__2_4_127_0

© Société française de statistique, 1954, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « *Revue de statistique appliquée* » (<http://www.sfds.asso.fr/publicat/rsa.htm>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

I

QUELQUES RÉFLEXIONS SUR LE POINT DE VUE DE L'UTILISATEUR

par

A. VESSEREAU

Directeur des Services de l'Expertise des Manufactures de l'État

Lorsqu'on associe les mots « utilisateur » et « méthodes statistiques », on pense immédiatement et uniquement aux contrôles de réception. En réalité, ce point de vue est beaucoup trop étroit, comme nous allons essayer de le montrer à propos de l'utilisateur de papier, et comme on pourrait aussi bien le montrer pour n'importe quelle autre sorte de marchandise. L'utilisateur peut et même doit se poser de nombreuses questions dont la solution correcte appelle l'emploi des méthodes ou des techniques statistiques.

PROBLÈMES DE SPÉCIFICATION

L'utilisateur veut que le papier ait des caractéristiques bien déterminées : ou bien il se réfère aux normes de l'Afnor, ou bien encore il fixe lui-même ses propres conditions. Lorsqu'on lui demande pourquoi il a exigé que le papier ait telle composition, ait une force comprise entre certaines limites, ait une résistance au moins égale à un certain minimum, il est la plupart du temps incapable de répondre clairement à cette simple question. Dans certains cas, il dira qu'il a toujours procédé ainsi, parfois de père en fils, et qu'il n'y a pas de raison de modifier des conditions qui en moyenne donnent satisfaction. Dans d'autres cas, il répondra que ne sachant pas exactement jusqu'à quel minimum de qualité il est possible de descendre, il se couvre en exigeant une qualité dont il sait seulement qu'elle est supérieure à ce minimum.

Ces réponses ne sont nullement satisfaisantes, qu'on les considère du point de vue de la qualité ou d'un point de vue économique. L'utilisateur qui ne connaît pas les spécifications nécessaires et suffisantes pour l'emploi industriel de son papier est conduit à acheter des qualités chères alors qu'il pourrait se contenter pour le même emploi de qualités meilleur marché. Il peut être amené à exiger des conditions extrêmement sévères, que le fabricant fait payer très cher, ou même ne peut pas réaliser, ce qui conduit à des difficultés au moment de la réception des marchandises.

Le premier problème que doit se poser l'utilisateur est donc un problème de *spécifications* : c'est-à-dire la *définition des caractéristiques utiles du papier*, et pour ces caractéristiques le choix des valeurs minimum, maximum ou moyenne qui sont strictement nécessaires et suffisantes pour l'emploi auquel le papier est destiné (en excluant toute exigence pour les caractéristiques inutiles).

Or de telles définitions ne peuvent résulter que de la combinaison de mesures et d'essais industriels. Etant donné la gamme généralement assez diverse des papiers aptes au même emploi, il s'agit de *mesurer* ou de *vérifier* les *caractéristiques* à priori intéressantes de ces papiers (force, résistance, porosité, satinage, etc.) et de *relier ces caractéristiques* aux *résultats obtenus* dans une *série d'essais industriels*. Ces résultats s'expriment en coût par unité de produit fabriqué (feuille imprimée, paquet emballé, etc.),

en qualité de ce produit (aspect, présentation, etc.), en pourcentage de déchets à l'emploi, en difficultés éprouvées au cours de l'emploi. Il y a donc un bilan à opérer, dans lequel l'utilisateur fait intervenir avec des coefficients dont il est le seul maître les facteurs de coût et de qualité.

De tels essais sont difficiles. En effet, non seulement le papier, quelle que soit sa régularité, présente une dispersion dans toutes ses caractéristiques, mais encore et surtout les résultats de l'essai peuvent être fortement influencés par toutes sortes de facteurs avec lesquels la qualité même du papier n'a rien à voir : par exemple le type ou l'état de la ou des machines qui essayent le papier, les équipes qui les conduisent, la régularité des autres matières qui concourent à la confection du produit fini (matière ou produit emballé, colle, encre, etc.). L'organisation et l'exécution de ces essais relèvent donc du grand chapitre des méthodes statistiques connu sous le nom de *Design of Experiment*. Car seuls des essais conduits à partir de ces méthodes permettent de séparer la variabilité qui est imputable aux conditions opératoires de celle qui provient presque sûrement des différents types de papier soumis à l'essai. Ces plans d'expérience sont parfois extrêmement simples; dans d'autres cas, ils peuvent être assez complexes.

CONTROLES A LA RÉCEPTION

Le premier aspect des contrôles de réception est celui des « risques » qui existent dans toute conclusion formulée à partir d'un échantillon. Si le vendeur était la seule partie en cause, son point de vue serait très simple : il faut que la règle d'inspection soit telle qu'elle ne conduise presque jamais à incriminer un papier qui satisfait aux conditions du contrat : par exemple, si cette condition est que le pourcentage de feuilles rebutées doit être au total inférieur à 5 %, il faut que la règle appliquée à l'échantillon soit telle qu'elle ne conduise pas à refuser un lot dont l'inspection totale prouverait qu'il ne contient que 4,5 % de feuilles rebutées. Il est évident que dans une telle situation un échantillon de 10 feuilles prises au hasard est tout à fait insuffisant pour couvrir le vendeur de ce risque. Si au contraire l'acheteur était le seul à poser ses conditions, celles-ci seraient tout opposées : il exigerait de n'être pas conduit à considérer comme acceptable un lot contenant 5,5 % de rebuts, lorsque le contrat prévoit un maximum de 5 %.

Une bonne règle d'inspection doit tenir compte de ces deux points de vue, et faire intervenir ce que l'on appelle le « risque du vendeur » et le « risque de l'acheteur ». Les méthodes statistiques permettent de déterminer le nombre d'unités à prélever et la manière de les prélever, de telle façon que ces risques soient au plus égaux à des valeurs données à l'avance. Cette détermination exige toujours une certaine connaissance, mais qui n'a pas besoin d'être parfaitement précise, de la variabilité de la marchandise. Il faut remarquer que le statisticien, en face d'un tel problème, le résoud d'une façon entièrement satisfaisante du point de vue logique et théorique. Mais cette solution peut se heurter à des difficultés ou même des impossibilités d'application : par exemple, si la règle conduit à un nombre considérable d'unités à examiner, ou encore si elle conduit à prendre ces unités à des emplacements presque inaccessibles. Le coût de l'échantillonnage (particulièrement dans le cas d'épreuve destructive sur des papiers de prix élevé) doit donc aussi être pris en considération. Ce n'est qu'en fonction de tous ces éléments qu'un bon plan d'échantillonnage peut être établi, qui tient compte à la fois de la rigueur théorique et des exigences pratiques. Il serait évidemment tout à fait inadéquat d'entreprendre un contrôle très sévère ou très onéreux pour une caractéristique de peu d'importance : on retrouve ici l'intérêt d'avoir correctement défini les seules caractéristiques véritablement utiles.

Lorsqu'on tient raisonnablement compte de ces divers éléments, on constate qu'un contrôle à la réception peut souvent se contenter d'un échantillonnage relativement modeste. Dans l'étude des conditions de réception du papier kraft (emballage manuel), nous étions arrivés à la conclusion qu'un échantillonnage donnant des garanties suffisantes à l'acheteur et au vendeur pouvait se limiter à :

- 140 feuilles pour le contrôle de la force;
- 40 feuilles pour la résistance à l'éclatement;
- 30 feuilles pour le degré de collage;
- 20 feuilles pour le taux de cendres.

Il faut encore ajouter que le point de vue économique de l'opération se trouve très fortement amélioré lorsque l'on peut mettre en œuvre une *technique d'échantillonnage progressif* : dans un tel cas, on se donne à l'avance les risques maxima du vendeur et de l'acheteur, on ne se donne pas la taille de l'échantillon, on prélève les unités les unes après les autres et l'on s'arrête au moment où l'ensemble des mesures permet de conclure dans un sens ou dans l'autre (acceptation ou refus) avec les risques que l'on s'est fixés. Cette méthode progressive permet d'économiser environ 50 % des mesures dans la plupart des cas. Si sa formulation mathématique est un peu compliquée, son exécution pratique, grâce à des tables toutes calculées à l'avance, est extrêmement simple. Par contre, l'opération de prise des échantillons peut être moins facile que dans un échantillonnage non progressif.

CONTROLE DES APPAREILS DE MESURE

Les points qui viennent d'être évoqués se rapportent à l'échantillonnage proprement dit. Mais les échantillons doivent dans la plupart des cas être soumis à des mesures. Des difficultés parfois très importantes se présentent, non pas tellement dans la manière d'exécuter la mesure (qui est généralement normalisée), mais plutôt dans le sens qu'il faut attribuer aux résultats des mesures. Un appareil, aussi précis soit-il, a toujours une dispersion propre (erreurs accidentelles de mesure) qui est souvent inséparable de la variabilité due à la marchandise essayée. Ces erreurs de mesures doivent entrer en considération dans la fixation des tolérances inscrites au contrat. Mais ce qui est beaucoup plus important et beaucoup plus grave, c'est que les différents modèles d'un même appareil ne sont pas toujours entièrement comparables entre eux : des *écarts systématiques*, parfois importants, sont fréquemment constatés. Le problème de la vérification ou de l'étalonnage des appareils n'est pas tellement simple. Car dans la comparaison des résultats donnés par différents appareils, interviennent les différents éléments de dispersion déjà signalés : dispersion même du papier, erreurs accidentelles de mesures et décalage systématique, qui constitue le facteur que l'on veut reconnaître pour le corriger.

Les fabricants et les utilisateurs de papier connaissent bien la mesure de résistance à l'éclatement des feuilles qui s'effectue sur l'appareil Müllen. Ils savent aussi les contestations qui s'élèvent fréquemment à propos de mesure faites au Müllen. Des études systématiques ont été entreprises à certains moments pour comparer et étalonner les différents appareils en service en France, soit dans les laboratoires officiels ou semi-officiels, soit chez les fabricants et les utilisateurs. Je citerai une petite expérience faite récemment, à la suite de contestations ayant entraîné des soupçons concernant la comparabilité de trois appareils Müllen : celui d'un fournisseur et celui de deux laboratoires officiels.

Il s'agissait de mesures de résistance sur des *caisses carton*. Des plaquettes ont été découpées sur 20 caisses. A partir de chaque plaquette, il a été constitué 3 éprouvettes qui ont été distribuées au hasard à chacun des 3 laboratoires. Ceux-ci ont effectué une mesure au Müllen dans le sens extérieur vers intérieur de la caisse, et une mesure dans le sens intérieur vers extérieur. Cet essai constitue un exemple particulièrement simple d'*expérience factorielle à 2 dimensions*, les facteurs susceptibles d'influencer un résultat étant d'une part l'*appareil* (facteur à 3 variantes), d'autre part la *caisse* (facteur à 20 variantes). A ces facteurs, dont l'influence peut être soit recherchée (appareils), soit éliminée (caisses), s'ajoute la dispersion due aux erreurs de mesure, dans le sens défini tout à l'heure. Les moyennes obtenues dans chacun des trois laboratoires (moyennes de 20 mesures) ont été les suivantes :

	Laboratoires		
	1	2	3
Extérieur vers intérieur	17,0	17,6	17,8
Intérieur vers extérieur	20,4	19,4	20,7

A première vue on pourrait conclure que dans le sens intérieur vers extérieur, le laboratoire 3 donne des résultats plus élevés d'au moins 1 point que le laboratoire 2. Mais ce résultat n'est pas confirmé dans les essais extérieur vers intérieur. Cette apparente contradiction est immédiatement levée lorsqu'on effectue une *analyse de variance* des résultats. Après élimination du facteur caisses on constate que les différences entre appareils ne sont en aucun cas significatives. Rien ne permet d'affirmer, comme on aurait pu le faire au seul vu des résultats moyens, que les 3 appareils en cause présentent des décalages systématiques. En tous cas, si un tel décalage existe, il est d'une façon quasi-certaine bien inférieur à 1 kg par cm². Une bonne méthode statistique permet souvent de détruire des affirmations péremptoires concernant l'existence de différences entre appareils, méthodes des fabrications, lots de marchandises, etc. Mais elle permet aussi dans bien d'autres cas de révéler des différences réelles qu'un examen superficiel avait laissé échapper.

De l'essai dont les résultats viennent d'être donnés, on déduit aussi qu'entre la mesure « intérieur vers extérieur » et la mesure « extérieur vers intérieur », il existe un écart hautement significatif de l'ordre de 2 à 3 kgs par cm². D'autre part, la dispersion résiduelle (combinaison des erreurs de mesures et de la variabilité instantanée sur la caisse) est caractérisée par un écart-type de l'ordre de 1,6, soit environ 8 % de la résistance moyenne. Cet écart-type est sensiblement le même quel que soit le sens suivant lequel on exerce la pression.

Une étude beaucoup plus importante avait été faite il y a quelque temps. Elle portait d'une part sur 1.400 mesures au Müllen sur 20 caisses d'une même livraison, d'autre part sur 550 mesures faites sur 110 caisses de différentes livraisons d'un même fournisseur. Ce fournisseur n'était pas le même que celui qui a donné lieu à l'essai décrit tout à l'heure. L'écart-type moyen avait été trouvé égal à 1,8 kg, la résistance moyenne des caisses étant de l'ordre de 20 kgs. On retrouve là encore un écart-type sensiblement égal à 9 % de la moyenne, et la concordance de ces deux séries de résultats peut être considérée comme remarquable. On peut déduire de tout cela au moins deux conclusions :

1° L'écart-type déduit de 120 mesures a une valeur très voisine de celle obtenue à partir de 2.000 mesures : une statistique intelligemment faite peut donner des résultats très concluants à partir d'un nombre relativement modéré d'observations.

2° Une seule mesure au Müllen caractérise très mal la résistance d'une caisse : avec une probabilité de 0,95 on peut simplement affirmer que la résistance de la caisse est comprise par exemple entre 16,5 et 23,5 kgs. Des conditions de réception exigeant que toute mesure, sur une caisse quelconque soit supérieure à une valeur donnée R sont d'une sévérité excessive, ou bien poussent le fabricant à fournir une qualité dont la résistance moyenne est supérieure de 3 à 4 kgs au minimum exigé dans le contrat. Les conséquences financières d'une telle exigence peuvent être considérables.

A propos toujours de la résistance à l'éclatement, le point de vue suivant a été soutenu, lors de l'Assemblée Générale (1952) de la Fédération européenne des fabricants de carton ondulé (voir « La Papeterie », numéro de novembre 1952) :

« La première conclusion à laquelle nous sommes arrivés est que le papier, par son hétérogénéité, présente une dispersion de l'ordre de 20 à 30 %.

« Dans ces conditions, on peut se demander ce que valent les différentes spécifications dont le critère essentiel est le Müllen, en face de résultats qui paraissent à un premier examen si instables.

« La réponse est facile. Les Chemins de fer et notre Chambre Syndicale considèrent que les spécifications sont des minima absolus. Elles ne sont susceptibles d'aucune tolérance.

« Le fabricant doit prendre des dispositions pour que la surface de dispersion des résultats Müllen d'un papier donné soit au-dessus des minima imposés. »

Si une position aussi catégorique était retenue, elle devrait obliger l'utilisateur à étudier de très près ses exigences, sous risque :

- soit d'avoir des difficultés au moment de la réception des marchandises;
- soit de payer celles-ci plus cher qu'il n'est strictement nécessaire.

CONTROLES EN COURS D'EMPLOI

L'utilisateur ne devrait pas se borner au seul contrôle de réception. Il a intérêt à suivre l'emploi en fabrication des différents lots qu'il utilise. Ce contrôle en cours d'emploi, sous sa forme la plus simple, consiste à noter les difficultés qui viennent à se présenter, le pourcentage ou le nombre de feuilles, bobines, etc., rebuté. De bonnes statistiques de ces divers éléments permettent à l'utilisateur de comparer des marchandises livrées par différents fournisseurs, éventuellement d'exercer des recours à l'encontre de certains d'entre eux, en tous cas d'être mieux informé sur l'importance de l'élément « papier » dans la qualité et le coût des objets qu'il fabrique. Si l'utilisateur a mis sous contrôle sa propre fabrication, ce travail lui est facilité par l'examen des « cartes de contrôle ». En effet il devra se demander, lorsque un ou plusieurs points viennent s'inscrire en dehors des limites de la carte, si la raison n'en est pas imputable à certaines particularités ou à certaines défauts du papier utilisé.

Mais ces opérations de contrôle peuvent aussi revêtir certaines formes particulières :

a) **Organisation d'essais.** — On a déjà dit que des essais doivent être entrepris pour relier, d'une façon tout à fait générale, les caractéristiques du papier et celles du produit entièrement fini (problèmes de spécification). Naturellement, des essais analogues peuvent être entrepris pour comparer des lots d'un même fournisseur ou des lots livrés par différents fournisseurs. On retrouve là encore la difficulté de dissocier correctement l'influence propre à ces lots et l'influence de tous les acteurs incontrôlables qui existent dans tout essai, quel que soit le soin que l'on ait pris pour l'organiser. Il serait tout à fait contre-indiqué de comparer deux lots en utilisant le premier sur une machine et le deuxième sur une autre machine, le facteur « machine » pouvant être très important. L'un des principes fondamentaux dans l'organisation des expériences, est de mettre tous les lots dans des conditions analogues, et d'effectuer des répétitions. Ainsi, si quatre lots sont à comparer, et si trois machines doivent participer à l'essai, on fera passer chacun des lots sur chacune des machines. Chaque machine constitue ce que l'on appelle un « bloc », et l'influence systématique du bloc, c'est-à-dire de la machine, peut être éliminée dans l'analyse statistique des résultats. Cependant, ce principe conduit à de grandes complications lorsque le nombre de lots à comparer est important. On peut alors utiliser certains dispositifs plus économiques basés sur la notion de « bloc incomplet ». Par exemple, s'il y a sept lots à comparer (référéncés A à G), et si sept machines peuvent participer à l'essai, on ne fera pas passer chacun des lots sur chacune des machines, mais on adoptera le plan suivant :

Machine 1	.....	A	B	D
— 2	.....	B	C	E
— 3	.....	C	D	F
— 4	.....	D	E	G
— 5	.....	E	F	A
— 6	.....	F	G	B
— 7	.....	G	A	C

On voit que chacun des sept lots passe sur trois machines différentes. D'autre part, chaque couple de lots, tels que AB, AC, AD, AF, AG, etc., est essayé une fois sur la même machine. Ce *dispositif équilibré* permet d'une part d'éliminer dans les comparaisons le facteur machine, d'autre part de comparer tous les lots 2 à 2 avec la même précision.

b) **Recherches de corrélations.** — A défaut d'essai, des observations correctement enregistrées peuvent conduire à la reconnaissance de corrélations intéressantes entre certaines caractéristiques du papier utilisé et certaines caractéristiques du produit fini. La connaissance de ces corrélations peut être très utile aux fabricants pour mieux préciser les qualités qu'il doit exiger de ses fournisseurs.

CONCLUSIONS

En définitive, le « point de vue de l'utilisateur » est plutôt un ensemble assez divers de « points de vue » : cela n'a rien d'étonnant, puisqu'en général l'utilisateur est aussi un fabricant, et que les applications industrielles de la statistique sont fort diverses.

Mais il faut observer que le point de vue de l'utilisateur de papier n'est pas en opposition avec celui du fabricant — bien au contraire. *Ces points de vue se rejoignent au moins à deux titres :*

1° Fabricant et utilisateur ont un intérêt égal à ce que des spécifications utiles, précises et réalisables soient incluses dans les contrats; ils ont un intérêt égal à ce que les conditions de réception donnent à l'une et l'autre partie des garanties réelles. Les règles tirées des méthodes statistiques ne sont pas des règles étroites et tatillonnes; ce sont au contraire des règles intelligentes et larges. Elles ne conduisent généralement pas à augmenter le coût des opérations de réception; dans tous les cas elles doivent permettre d'éviter les controverses stériles qui trouvent leur origine dans des problèmes mal posés.

2° Une meilleure connaissance de la qualité et des conditions d'emploi du papier est un élément économique intéressant pour l'utilisateur. Mais cette affirmation est également vraie pour le fabricant : pour l'un et l'autre, cette connaissance est un facteur de progrès.

Que l'on se place au point de vue du fabricant, de l'utilisateur (en comprenant sous ces vocables, non seulement les chefs d'industrie, mais l'ensemble du personnel de fabrication) — ou bien encore au point de vue du consommateur, c'est bien sous le signe de l'économie et du progrès qu'il faut juger les applications industrielles de la statistique.