

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

J. LAROCHE

II. Les méthodes statistiques dans l'industrie papetière française

Revue de statistique appliquée, tome 2, n° 4 (1954), p. 133-139

http://www.numdam.org/item?id=RSA_1954__2_4_133_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/>

II

LES MÉTHODES STATISTIQUES DANS L'INDUSTRIE PAPERIÈRE FRANÇAISE

par

J. LAROCHE

Directeur de la Papeterie de Nanterre

Mon expoé sera aussi bref que possible étant donné l'horaire limite qui nous est imposé et l'obligation de réserver le temps nécessaire à la discussion des questions que nous avons à poser à M. le Professeur LITTAUER et à M. BENSON.

Il est toutefois indispensable de faire le point en ce qui concerne l'application des Méthodes statistiques dans l'Industrie française du papier.

Entre les deux guerres, ces méthodes avaient connu un succès considérable, en médecine, en agriculture, en biologie et en génétique, mais le conflit 1939-1945 a permis de constater leur emploi intensif dans l'Industrie.

En ce qui concerne la Papeterie française, M. RENARD, dès 1949, avait publié dans la revue *La Papeterie*, une étude fort intéressante.

Pour simplifier le système des cartes de contrôle lorsqu'on désire contrôler simultanément plusieurs caractéristiques physiques, il a eu l'idée de porter tous les contrôles sur un même graphique, mais en prenant des échelles différentes pour chaque caractéristique, de façon que les lignes limites de contrôle coïncident pour toutes les caractéristiques.

Il faut également citer une étude de M. AUBERT parue dans *La Papeterie* en 1949, sur les écarts de mesure dans la détermination des caractéristiques des papiers.

Notons aussi les *Méthodes de Statistique industrielle au service de la Papeterie*, par M. DUPONT, dans la revue *La Papeterie* de décembre 1952.

Enfin, dans notre bulletin de l'A.T.I.P., notre président, M. BARBUT, a traité des erreurs et observations et de la statistique des essais où nous nous trouvons en face de deux problèmes distincts :

- celui des erreurs de mesure;
- celui de la dispersion.

Comme vous le savez, l'Association technique de l'Industrie papetière (l'A.T.I.P.), devant le développement mondial du Quality Control, a pris la décision, au début de 1953, de créer une commission d'application des Méthodes Statistiques.

L'A.T.I.P. a fait appel à un certain nombre de ses membres déjà familiers avec les principes fondamentaux de la Statistique mathématique pour constituer notre commission.

D'abord les représentants de notre Industrie :

M. BARBUT, qui veut bien assurer la présidence avec toute son autorité ;

M. VILLARS, Président de notre association ;

M. Francis CHAUVÉAU, qui représente les papiers couchés ;

Mme FOURCAULT, qui nous apporte son expérience du Laboratoire de la S.P.P.P.;
M. BOUCHAYER, Professeur à l'École française de la Papeterie ;
M. GIRAUD, des Papeteries du Souche ;
M. TUREL, Secrétaire général de l'A.T.I.P.

Il était nécessaire d'obtenir la participation d'utilisateurs :

M. VESSEREAU, Directeur du Service d'expertise des Manufactures de l'Etat, et
M. HENON, des Imprimeries Hénon, tous deux professeurs à l'Institut de Statistique,
qui ont bien voulu nous apporter leur précieux concours.

Enfin, M. DESMAROUX, Inspecteur général des Poudres, et M. ESCARD, du
Laboratoire des Services chimiques de l'Etat, ont accepté de nous faire profiter de leurs
conseils autorisés en la matière.

Je n'aurai garde d'oublier Mlle DARIBERE, qui assure la tâche ingrate du
Secrétariat.

Quel est le programme de notre commission :

1^o) Recherches bibliographiques, dépouillement et classement des documents amé-
ricains, anglais, suédois, allemands, belges, français.

2^o) Rédaction d'un mémento simple et pratique à l'usage de la profession, dont
le plan est donné plus loin.

3^o) Mettre un groupe à la disposition d'autres commissions de recherches qui
desireraient faire étudier le côté statistique d'un problème.

4^o) Mise au point d'essais, dont un, sur le grammage, est en cours.

5^o) Liaisons et échanges de vues avec les commissions statistiques de nos
confrères américains, anglais, allemands, belges et suédois. A ce sujet, je me permets de
remercier tout particulièrement M. HENDRY, Président de la Commission Statistique
Papetière Anglaise, et son collègue M. TOUT, qui ont bien voulu venir tout spécialement
de Londres pour assister à notre réunion. Nous avons l'intention, lors des discussions qui
vont suivre, de les mettre à contribution pour connaître également leur point de vue.

Je vais maintenant vous exposer brièvement le plan de notre mémento :

But de l'ouvrage :

Fournir un outil pratique, adapté aux besoins de l'Industrie papetière, accessible
à tous les ingénieurs et techniciens sans formation mathématique spéciale.

I. — GÉNÉRALITÉS

a) **Différences avec les lois scientifiques classiques :** la statistique est la science des
variabilités.

Elle utilise aussi un langage particulier dont il sera fait usage aussi modérément
que possible.

b) **Notions élémentaires de statistique.**

Les données.

- Homogénéité; nombre;
- Groupement des résultats; choix de la grandeur de la classe;
- Effectif;
- Histogramme;
- Fréquence cumulative;
- Intérêt pratique de la représentation graphique;
- Exemples : de grammage des différents rouleaux d'une fabrication; de °SR
dans la tête de caisse.

Les caractéristiques.

1° De tendance centrale :

Moyenne : Définition;

- Calcul : — Cas d'observations non groupées. - Exemple de Mullen;
— Cas d'observations groupées par classes. - Exemple de grammage.

Médiane.

2° De dispersion :

Ecart moyen.

Ecart-type : Définition;

- Calcul : — Cas des observations non groupées. - Exemple de Mullen;
— Cas d'observations groupées. - Exemple de grammage.

Amplitude : comme estimation de l'écart-type;

- Intérêt pratique. - Convient pour les *petits échantillons*;
— Exemples.

Les lois.

Loi des grands nombres (dans un tirage de dés, convergence sur la vraie valeur).

Loi normale :

- Conditions de validité, souvent rencontrées, donc souvent loi normale, au moins approximativement;
— Forme générale. - Moyenne. - Ecart-type;
— Loi réduite;
— Vérification sommaire de la normalité d'une distribution : Exemple de grammage d'une livraison de simili-kraft;
— Théorème limite central. - Son intérêt pratique;
— Tables.

Loi binominale ou Loi des épreuves répétées :

- Définition. - Conditions d'application : une alternative ;
— Forme;
— Applications. - Contrôle du type : accepté - refusé.

c) Erreurs de mesure.

Erreur de mesure pure, due à la mesure elle-même (dosage d'une solution);

Variation due à la dispersion de la propriété dans l'objet mesuré. Les deux se superposent en papeterie.

d) Echantillonnage.

Importance pour caractériser le lot. - Lot technique : celui pour lequel le fabricant a fixé toutes les variations en son pouvoir; les variables aléatoires seules jouent.

Deux types d'échantillonnage :

- en cours de fabrication : plus facile;
— en cours de réception (produit fini) : plus délicat.

Seule notion vraie d'échantillonnage : *échantillonnage au hasard* (de réalisation parfois difficile) et échantillons indépendants les uns des autres : l'échantillon pris en bout de bobine n'est pas au hasard pour la bobine, pas représentatif de la bobine, mais il est représentatif du lot de bobines.

Variabilité de la moyenne, de l'écart-type, de l'amplitude des échantillons.

L'estimation sur échantillon entraîne un risque de se tromper : risque de l'acheteur, risque du vendeur.

Aperçu sur les plans d'échantillonnage.

Nombre d'échantillons à prélever en fonction du risque accepté. - Exemple des essais papetiers.

II. — APPLICATIONS

a) **Cartes de contrôle** (en cours de fabrication).

Elles servent à détecter les manquements du processus, en s'attachant à vérifier par deux caractéristiques que les lois des populations sont les mêmes, avec la probabilité acceptée.

Sont basées sur la signification de la variabilité.

La variabilité se décompose en deux parties :

— variabilité inhérente au processus (causes inconnues, erreurs d'échantillonnage, imprécision des méthodes de mesure). Permanence de cette variabilité pour un processus donné. Minimiser cette variabilité par l'emploi de moyennes échelonnées, de moyennes mobiles;

— variabilité significative : due à des causes sur lesquelles il faut agir.

Limites de contrôle.

Signification de ces limites.

Signification d'un point hors des limites : la variation observée est plus grande qu'elle ne pourrait l'être par le simple effet du hasard, donc cause externe.

Variation à l'intérieur des limites : aucune signification.

Intérêts :

- Efficacité pour la marche du processus (question de la périodicité des contrôles et du nombre d'observations);
- Plus rapidement utilisable que les courbes de fréquence (moins de mesures);
- Indique variations entre équipes par exemple;
- Evite des réglages inutiles.

Etablissement des cartes de contrôle.

— Aux mesures.

Conditions d'utilisation : homogénéité de la fabrication; normalité approximative de l'ensemble (normalité de la loi de la moyenne); échantillons au hasard.

Caractéristiques statistiques à contrôler :

Moyennes et écart-type ou amplitude.

Carte des moyennes et des amplitudes :

- contrôle de grammage;
- contrôle d'épaisseur.

Tables nécessaires.

Limites de surveillance.

Variables du processus de fabrication à contrôler :

- Pâtes : indices, °SR, ...;
- Papier : en général grammage.

Cas particulier :

- épaisseur (carton, papier, condensateur...);
- blancheur ou couleur;
- Mullen, longueur de rupture...

— Aux calibres :

Pourcentage de défectueux : applicable au contrôle de réception.

Ex. : impuretés, épaisseurs.

Appendice : calcul pour l'établissement des limites de contrôle et de surveillance des moyennes.

b) Autres applications.

Notion de différence significative :

- Comparaison de moyennes;
- Utilisation des différences de mesures appariées.

CONCLUSION

Exemples de résultats intéressants obtenus grâce à l'emploi de ces techniques (Bicking...).

Notion nouvelle du nombre de défauts tolérables; on peut se montrer plus rigoureux parce qu'on tolère un certain pourcentage de défectueux.

Tel est le plan du mémento mis au point par notre commission.

Et maintenant nous allons examiner les avantages que l'on peut retirer en fabrication de l'application des Méthodes statistiques et leur utilisation.

Je crois que la meilleure réponse nous est donnée par M. BICKING, qui est non seulement un des statisticiens américains les plus en vue, mais également un praticien consommé du papier.

Dans son étude intitulée *Statistiques industrielles, leur place dans l'industrie de la pâte et du papier*, M. BICKING énumère un certain nombre de problèmes que l'on rencontre dans la fabrication et les méthodes de solution correspondantes.

- 1°) Le produit fabriqué et le procédé ont-ils changé? = Solution test de signification
- 2°) L'essai lui-même a-t-il changé? = Solution test de signification
- 3°) Les résultats obtenus pouvaient-ils être prévus? = Solution test de signification
- 4°) Les conditions de fabrication sont-elles régulières et uniformes? = Carte de contrôle
- 5°) Quelles sont les différentes conditions qui affectent le produit fabriqué? = Analyse de variance
- 6°) Comment une condition donnée modifie-t-elle le produit fabriqué? = Corrélation simple
- 7°) Quelle est l'inter-relation des conditions de fabrication? = Corrélation multiple
- 8°) Les limites de tolérance sont-elles raisonnables? = Carte de contrôle
- 9°) Comment obtenir l'échantillonnage? = Table d'échantillonnage
- 10°) Combien d'essais expérimentaux devra-t-on effectuer? = "Design of Experiments"

Personnellement, si je suis d'accord avec M. BICKING sur l'ensemble de ces problèmes et sur leur solution, je ne le suis pas sur l'ordre d'énumération, car la base même de toute observation est l'échantillon prélevé et j'estime que l'échantillonnage devrait passer de la 9^e à la 1^{re} place. L'échantillonnage étant l'objet des questions que nous nous réservons de poser tout à l'heure à M. le Professeur LITTAUER et à M. BENSON, je ne m'étendrai pas davantage sur ce sujet.

La technique statistique nous permet de prévenir et de choisir :

Prévenir, car, au lieu de dépendre d'un laboratoire de contrôle ou d'un service d'inspection pour procéder au rejet d'une fabrication défectueuse, elle élimine, dans une grande mesure, la possibilité d'une telle fabrication;

Choisir, par exemple, entre deux procédés ou deux matières premières en vue de l'obtention d'une qualité déterminée. A propos de ce choix, je vous citerai un cas qui s'est présenté dans une des usines de notre groupe.

Cette papeterie spécialisée dans la fabrication des papiers isolants destinés à l'Industrie électrique avait eu son attention attirée sur la nécessité de diminuer les pertes diélectriques qui sont la source de nombreux inconvénients dans les câbles téléphoniques, entre autres l'affaiblissement bien connu des câbles symétriques.

Le problème avait été facilement résolu pour les papiers minces de 20, 35 et 45 gr. au mètre carré; dans les mêmes conditions de fabrication, il n'avait pas trouvé de solution pour les papiers de 100 à 150 gr. pour lesquels $tg \delta$ doit rester inférieur à 15.10^{-4} .

Nous avons donc décidé de procéder à un traitement spécial de pâtes et d'exécuter des essais comparatifs sur la même machine avec la pâte d'origine et la pâte modifiée chimiquement.

Je crois utile de vous rappeler que ces essais très délicats sont exécutés sur un pont de Shering spécial, en étuve à 100° , sous atmosphère d'azote. Les échantillons prélevés au milieu de la bobine médiane ont été conditionnés à $18^{\circ}C - 65 Rh$ pendant 48 heures, puis placés dans la cellule de mesure entre les armatures sous une pression de 50 gr./cm^2 dans l'étuve à 100° pendant 24 heures.

Les mesures de $tg \delta$ effectuées sur dix échantillons de chaque pâte, sous tension de 250 volts, nous ont donné les résultats suivants :

Pâte d'origine $P_1 \quad tg \delta \times 10^{-4}$ (28, 25, 26, 27, 25, 25, 26, 25, 26, 29).

Pâte modifiée $P_2 \quad tg \delta \times 10^{-4}$ (27, 26, 23, 24, 26, 25, 27, 24, 25, 25).

moyenne pâte $P_1 = 26,2$

moyenne pâte $P_2 = 25,2$

En prenant 23 comme origine arbitraire :

$X_1 = 3,2$ $X_2 = 2,2$

$\sigma_1^2 = 1,76$ $\sigma_2^2 = 1,56$

avec $n_1 = n_2 = 10$:

$$s = \sqrt{\frac{10 \times 1,76 + 10 \times 1,56}{10 + 10 - 2}} = 1,358$$

$$t = \sqrt{\frac{3,2 - 2,2}{1,358} \cdot \frac{10 \times 10}{10 + 10}} = 1,64$$

Valeur nettement inférieure à celle de la table de Fisher $t = 2,10$ pour $n = 18$ dans les limites de confiance de 95 %. La différence n'était pas significative et nous avons abandonné le traitement chimique fort coûteux de la pâte P_2 .

Mais le moment est venu de rappeler que cette réunion est organisée sous le signe de la productivité et de dire, sur ce point, quels sont les importants avantages que l'on peut retirer du contrôle statistique de la qualité. Je me permettrai, à ce sujet, de vous rapporter une entretien que j'ai eu avec le Superintendant du Quality Control de la Western Electric lors de mon récent voyage aux U.S.A.

Ces avantages sont au nombre de six, m'a-t-il déclaré :

1°) Détection et élimination des causes de variation autres que celles dues au hasard.

Les Méthodes statistiques appliquées avant et pendant la fabrication tiennent la direction constamment au courant du degré auquel ces causes affectent la qualité. De plus, elles évitent des pertes de temps et des efforts inutiles pour tenter d'éliminer des causes de variation dues au hasard, inhérentes au système de production.

2°) Réduction des frais d'inspection.

Ces frais peuvent être réduits quand les facteurs contribuant à l'instabilité de la qualité du produit ont été éliminés.

3°) Rapidité de l'avertissement en présence d'une tendance défavorable de la qualité.

Les méthodes statistiques permettent d'enregistrer rapidement cette tendance défavorable et, si l'on agit promptement, on évitera la fabrication de produits défectueux susceptibles d'être rebutés.

4°) Détection et élimination des impossibilités de fabrication.

Les machines et le procédé de fabrication peuvent être très bons, mais incapables de répondre au niveau de qualité demandée. Les Méthodes Statistiques aideront à déceler ces impossibilités et l'argent dépensé dans des modifications de machines ou de mises au point sera vite remboursé si l'on tient compte des déchets évités et de l'amélioration de la qualité.

5°) Aide apportée dans le planning économique.

Une fois renseigné sur les possibilités exactes de ses machines et de ses procédés de fabrication, le fabricant pourra établir ses prévisions dans des limites beaucoup plus étroites et réaliser ainsi des économies de matières premières et de main-d'œuvre.

6°) Améliorer les relations entre vendeur et acheteur.

C'est une question extrêmement importante et je laisse à notre ami VESSEREAU et à M. BENSON le soin de vous en parler plus longuement.

La technique statistique peut rendre des services inestimables à condition d'être appliquée avec beaucoup de prudence et de soins sous la direction d'ingénieurs familiers avec ces méthodes et à même d'instruire le personnel chargé de ces opérations.

C'est pour répondre à cette nécessité que notre commission reste en étroite liaison avec le Centre de formation des Ingénieurs et Cadres aux applications industrielles de la statistique à l'Université de Paris.

Des stages d'enseignement ont lieu périodiquement et je ne saurai trop engager les fabricants de papier français à envoyer des ingénieurs et agents de maîtrise suivre ces cours, qui comprennent plusieurs degrés.

Je suis persuadé qu'ils en tireront grand profit.