REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

R.-L. HODARA

I. Utilisation pratique en usine de certains problèmes de la statistique. Application à l'atelier de battage du coton

Revue de statistique appliquée, tome 2, nº 4 (1954), p. 157-176
<http://www.numdam.org/item?id=RSA_1954__2_4_157_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

UTILISATION PRATIQUE EN USINE DE CERTAINS PROBLÈMES DE LA STATISTIQUE APPLICATION A L'ATELIER DE BATTAGE DU COTON

par

R.-L. HODARA

Ingénieur Conseil en Organisation

Monsieur le Président, Mesdames, Messieurs,

Je vais vous parler maintenant d'un aspect un peu différent de celui qu'a traité M. le Professeur HENON. Je vous parlerai de l'utilisation pratique en usine de certains problèmes de la statistique.

Toute nouvelle méthode en usine pose des problèmes d'adaptation, de diffusion et de compréhension. Les responsables à tous les niveaux voient en règle générale avec une méfiance trop souvent justifiée, l'introduction de nouvelles méthodes, qu'elles soient de contrôle, d'organisation, ou autre. Les résultats les meilleurs sont obtenus lorsque le personnel dont le travail va être affecté par la nouvelle méthode a pu recevoir une formation préliminaire lui permettant de la comprendre. Malheureusement, en pratique, il est donné au personnel très peu d'opportunité d'étudier les méthodes avant d'avoir à s'en servir. Quand un filateur ou un tisseur fait appel à un spécialiste pour établir chez lui un système de contrôle de la qualité, il n'est que très rarement possible de lui demander de former d'abord son personnel à une méthode déterminée. En fait, il faut d'abord établir toute la structure du contrôle de la qualité, faire fonctionner le service pendant un certain temps, montrer les résultats obtenus, avant de pouvoir faire admettre que le personnel de l'usine nécessite une formation solide dans ce domaine.

Cette manière d'aborder le problème semble à première vue parfaitement absurde mais, en y réfléchissant, on comprendra que si l'on envisageait la possibilité de former d'abord le personnel, en raison même du grand nombre de nouvelles méthodes qui apparaissent continuellement dans l'industrie, certaines usines passeraient leur temps à former du personnel en usine sans jamais avoir eu l'occasion d'appliquer les méthodes souvent périmées avant d'avoir eu la possibilité d'être utilisables.

Ce que je vais vous montrer ici à l'aide de deux exemples concrets, c'est comment il est possible de substituer à des méthodes empiriques de contrôle, ou parfois à une absence totale de contrôle, un contrôle rationnel utilisant une grande partie des éléments déjà recueillis dans l'atelier et d'y intéresser le contremaître et les ouvriers, ceci sans leur demander des connaissances mathématiques quelles qu'elles soient.

Les deux exemples choisis concernent l'atelier de battage. Les chiffres et graphiques que je vais vous montrer concernent un battage de coton, mais en fait, cet exemple pourrait aussi bien être en fibranne, en cardé, en carde fileuse ou toute autre fabrication textile où l'on forme une nappe au moyen de fibres.

En quelques mots, le battage consiste, à l'aide de machines volumineuses, bruyantes, et qui, croyez moi, tiennent plus de la machine agricole que du matériel

industriel — et ce n'est pas une critique, nous travaillons avec des matières, en général, agricoles — à réunir les fibres venant de la matière brute en une nappe où elles se trouvent disposées dans un état raisonnablement ouvert, raisonnablement homogène, et raisonnablement propre. Le problème est de savoir quel est ce « raisonnable ».

De plus en plus, ces opérations se font à la continue des balles jusqu'à la nappe ou rouleau.

Pour étudier une opération du point de vue qualité, nous avons besoin des cinq éléments suivants :

La matière alimentée : Ici ce sont des balles de coton pressées cerclées.

Le matériel : Il est complexe, de précision très variable; dans notre cas particulier, il se compose d'une ligne d'alimentation formée de 4 brise-balles et d'une chargeuse à déchets, d'une ligne de nettoyage unique, et d'une ligne de battage formée de 2 batteurs alimentés en parallèle.

La méthode : Un ouvrier situé à l'arrière des machines pose des fractions de balles sur des tabliers d'ouvreuse. Un ouvrier situé à l'avant lève les rouleaux finis.

Le produit fini : Il se présente sous forme de rouleaux mesurant 40 mètres de longueur et pesant 17 kilos, soit un poids au mètre linéaire de nappe de 425 gr. environ.

Les moyens de contrôle : Une balance enregistreuse ou non, automatique ou non, permettant de peser les rouleaux produits, et une machine permettant de dérouler ces rouleaux pour couper et peser chaque mètre individuellement.

Il est évident que le premier contrôle est un contrôle systématique qui ne détruit pas la matière. Le second contrôle ne peut être que limité.

Dans toutes les filatures, le personnel et la direction sont parfaitement convaincus de l'importance de la régularité du poids des rouleaux, et en général tous les rouleaux sont pesés au fur et à mesure de la production et ceux qui s'écartent du poids normal sont refoulés, c'est-à-dire qu'ils sont renvoyés aux brise-balles où ils seront remis à la ligne d'ouvraison.

L'ouvrier des batteurs peut régler sa machine de manière à influencer le poids du prochain rouleau grâce à un organe appelé régulateur. Il le fait en général lorsqu'il s'aperçoit que le rouleau précédent est soit trop lourd, soit trop léger. Il est intéressant de signaler tout de suite que ce réglage est une des plus grandes sources d'ennuis au battage, étant donné que très souvent l'ouvrier, s'il ne comprend pas bien le problème, aura tendance à ajouter la variation qu'il produit lui-même en touchant au régulateur, à la variation intrinsèque qui est produite par la machine et l'alimenteur et, par conséquent, le problème humain joue un très grand rôle dans cette opération. Les tolérances sont de ± 200 grammes par rouleau, et la balance est tarée, de manière à ce que la lecture directe ne montre que les écarts par rapport au poids standard.

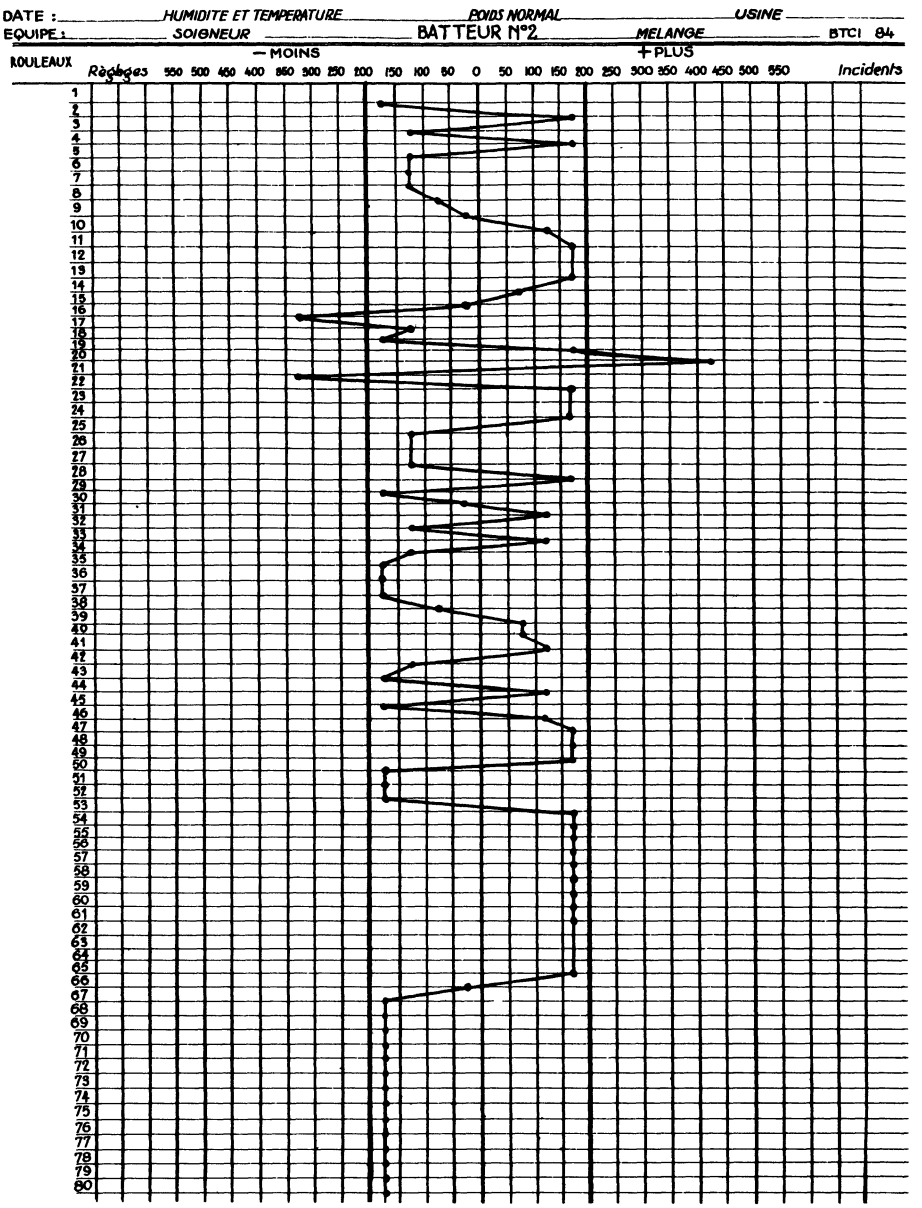
Lorsqu'il s'agit d'étudier un contrôle systématique dans cet atelier, le contremaître de préparation essaya de nous démontrer que ceci était tout à fait inutile, étant donné que le contrôle existant était parfait. Essayer de le convaincre par les chiffres aurait été absolument du temps perdu. Nous avons essayé de le convaincre et cela a été, en fait, du temps perdu.

Nous avons donc été chercher dans les graphiques de ses balances, graphiques qui étaient donnés à raison d'un par batteur 2 journées.

Je vais vous montrer le premier graphique (graphique 1) : nous remarquons sur celui-ci que l'on a juste quatre rouleaux qui sortent des limites de 200 gr. établies par l'usine, limites pratiques qui sont considérées comme acceptables.

Par conséquent, le contremaître jugea que ceci était une production normale acceptable, étant donné que la proportion de rouleaux sortant des limites n'excédait pas 5 %.

C'est, dans la pratique des usines, une chose parfaitement normale. Notez cependant que presque tous les rouleaux se situent dans la zone 150 à 200 gr. Le contremaître nous déclara donc que si tous les graphiques journaliers étaient aussi bons, il serait satisfait, tout en acceptant le fait que peut-être l'ouvrier au régulateur aurait pu apporter une légère amélioration sur la dernière partie de la journée.



$\sigma = 157$ g

Fig. 1

Voici maintenant un second graphique obtenu quelque temps après (graphique 2). Vous pouvez vous rendre compte qu'ici aussi quatre points sortent des limites. Vous avez 5 % des points hors des limites et, par conséquent, vous avez, du point de vue du contremaître, une même qualité de produits (de la manière dont il mesurait jusqu'à présent).

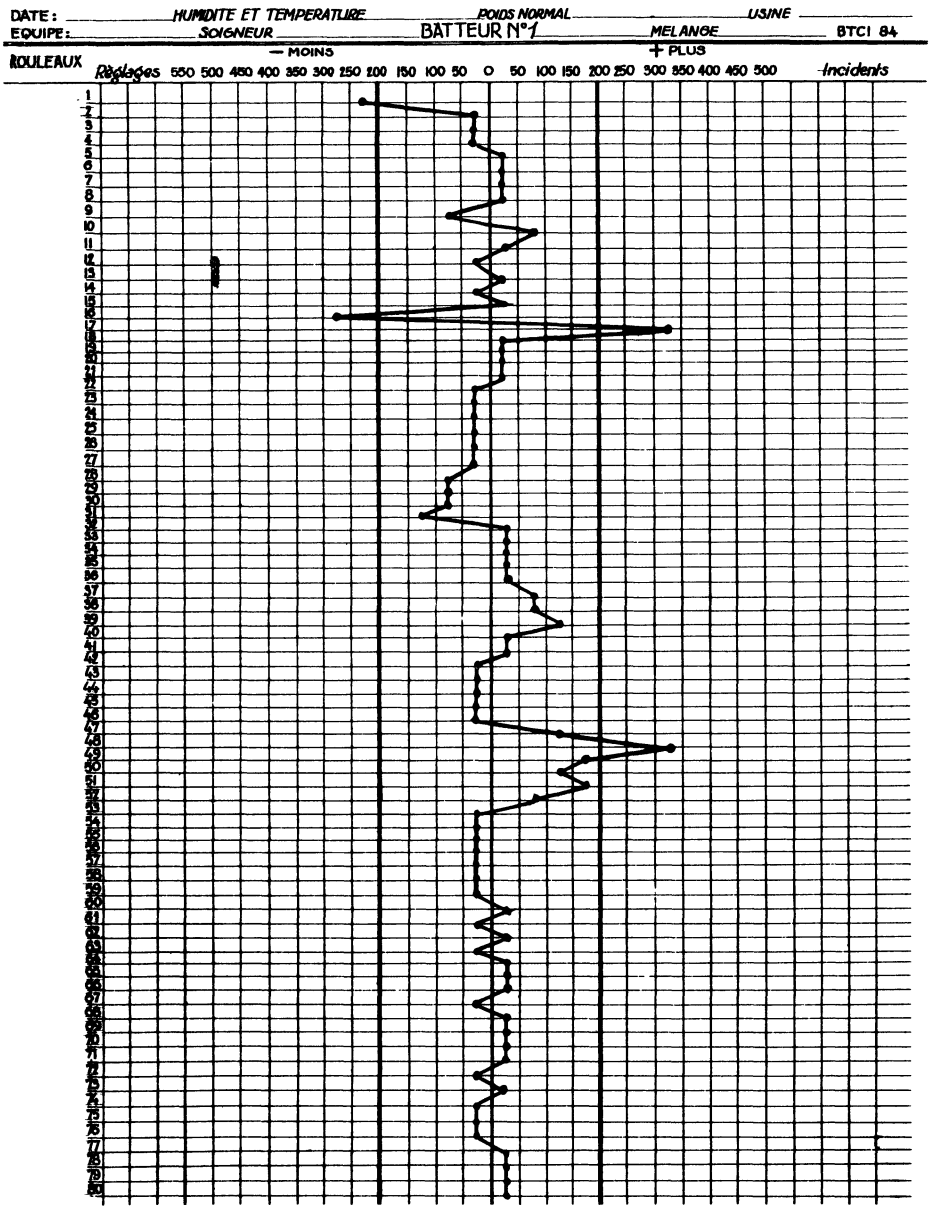
Quand le contremaître examinait ceci à deux jours d'intervalle, il voyait donc dans les deux cas, une proportion de 5 % de rouleaux sortant des limites et, dans les deux cas, il pensait : nous avons une production satisfaisante; nous n'avons pas fait plus de 5 % de rebut.

C'est de là que nous avons pris le problème. En fait, le contremaître nous a concédé que l'ouvrier aurait pu, malgré tout, s'éveiller un peu plus tôt et rectifier cette très longue série de points.

Les points vous semblent très réguliers, parce qu'ils ont été dessinés ainsi, mais vous avez une marge de 50 gr. et une certaine dispersion à l'intérieur. Ne croyez pas que vous ayez des batteurs qui fassent des points qui soient exactement comme ceux-ci.

Nous voyons dans le 2d graphique que les points sont beaucoup plus groupés autour de l'axe 0; nous avions précédemment (graphique 1) beaucoup de rouleaux dans la zone 150/200 gr., et n'en avons presque pas ici.

Lorsque nous montrâmes ceci au contremaître, il reconnut que, malgré tout, il semblait que la production correspondant au 2d graphique était meilleure; et il s'empressa de nous en donner quelques raisons : selon lui, le premier graphique provenait d'une journée où l'alimenteur était un remplaçant qui ne savait pas disposer la matière brute, ou d'un batteur ayant une mauvaise ventilation.



$\sigma = 63{,}5$ g

Fig. 2

Ceci est important car nous voyons ici que si nous mettons en évidence des différences de qualité, le technicien que le contrôle ne doit jamais ni remplacer ni éliminer peut résoudre le problème technique et améliorer la situation.

Ce qui est intéressant maintenant est de voir pourquoi une qualité peut être meilleure que l'autre. Je crois qu'il faut pour cela envisager la suite des opérations; vous verrez ainsi toute l'importance de ce facteur.

Ces rouleaux passent sur des cardes qui fournissent un ruban pesant environ 4 à 5 gr. au mètre, c'est-à-dire qu'un mètre de rouleau donne environ 100 mètres de ruban. La carde par sa nature reproduit assez fidèlement les irrégularités du rouleau. Ensuite, les rubans de carde sont assemblés par 6 ou 8 (une première, plus une deuxième fois) pour que le poids moyen du ruban sortant de la machine suivante ou étirage soit ainsi régularisé.

En somme, nous avons combiné 6 à 8 rouleaux de batteur à la sortie des étirages.

On voit donc sans grande difficulté et sans calcul qu'il y a plus de risque d'obtenir des rubans d'étirage irréguliers en combinant les rouleaux du graphique I — sur lequel vous avez beaucoup plus de rouleaux qui se trouvent entre + 150 et 200 — que les rouleaux du graphique 2 où, pratiquement, vous n'avez pas de rouleaux dans les parties extrêmes.

Ceci peut demander quelques explications plus ou moins laborieuses suivant le niveau d'instruction et d'intelligence du contremaître, et parfois il est nécessaire de faire réellement le calcul de la dispersion que l'on peut trouver en assemblant les rouleaux 6 à 6, mais il est possible de convaincre quelqu'un avec quelques efforts que le second graphique donne une production plus intéressante que le premier.

En fait, dans notre cas particulier, le contremaître fut assez vite convaincu. Il suffit de lui montrer qu'il était possible dans le premier graphique de trouver plusieurs fois 6 rouleaux dont la moyenne s'écartait de 150 gr. de la moyenne théorique, alors qu'avec la meilleure volonté, nous ne pouvions jamais trouver dans le second graphique 6 rouleaux pareils.

Nous sommes donc arrivés au point crucial où nous pouvons proposer à ce contremaître *une mesure* de cette irrégularité de manière à ce qu'il sache lorsque la production se détériore ou s'améliore, car les graphiques ne sont pas toujours aussi extrêmes que ceux que nous avons choisis.

La mesure qui vient naturellement à l'esprit du statisticien est l'écart-type de la production de la machine.

Jusqu'à nouvel ordre il suffit d'expliquer au contremaître que ce nombre (et ce n'est qu'un nombre pour lui) mesure le degré de dispersion des rouleaux acceptables. Ceci est d'autant plus facile que comme les limites sont de ± 200 gr. nous pouvons (à des facteurs d'incertitude près) dire que la production sera acceptable si l'écart-type se situe autour de 67 gr.

Si l'écart-type se situe autour de 67 gr., le niveau de régularité des rubans d'étirage, et si nous ne détériorons pas la qualité, en cours de route, du filé, le niveau de la qualité du filé correspondra réellement à ce que nous avons demandé pour des limites de ± 200 gr.

Si ce nombre est beaucoup plus bas, tant mieux, mais s'il est plus fort, et ceci même si l'on élimine les rouleaux s'écartant de plus de 200 gr. de la moyenne, le niveau total de régularité du fil sera moins bon puisque le hasard fera que le groupement 6 à 6 des rouleaux donne dans le fil des écarts beaucoup plus grands que précédemment.

Pour frapper encore plus l'imagination du personnel, nous calculons pour chacune de ces feuilles l'écart-type, nous traçons des limites probables de cette valeur, et nous comparons le chiffre trouvé à ces limites.

Voici l'écart-type calculé pour ces deux graphiques : pour le premier graphique, il est de 157 grammes; pour le second, il est de 63 grammes 1/2.

La distribution correspondant au premier graphique sort des limites de tolérances : ses limites naturelles sont de ± 450 gr. au lieu de ± 200 gr. Pour le second graphique, les limites naturelles sont un peu en deçà de ± 200 gr., ce qui correspond à une production acceptable.

Ceci dit, il se pose le problème de savoir dans quelle mesure un écart-type calculé de 63 gr. est acceptable ou non. Nous devons donc parler à ce contremaître de limite probable de cet écart-type en fonction du nombre de rouleaux.

J'ai ici une table (malheureusement, je n'ai pas l'original) donnant les limites probables de l'écart-type en fonction du nombre de rouleaux à partir duquel le calcul a été fait. Ici encore, il faut expliquer au contremaître ce que cela signifie. Dans notre cas, ce ne fut pas très difficile.

Cette table montre que, pour vingt rouleaux et un écart-type moyen de 67, l'écart-type observé peut varier entre 102 et 48 sans que cela veuille dire que les résultats ne sont pas significatifs, alors que, pour un nombre de rouleaux de l'ordre de 100, les limites de l'écart-type seront 57 et 122.

Comment expliquer ceci au contremaître ? Il est facile de lui faire comprendre sans se servir de chiffres que si, pour 10.000 ou 20.000 rouleaux, nous devons trouver un écart-type très voisin de 67, il est possible que sur un nombre restreint de rouleaux cet écart-type soit sensiblement plus grand ou plus petit sans que l'écart soit significatif.

S'il permettait 5 % de rebut, cela voulait dire que sur 100 rouleaux, il avait 5 rouleaux qui pouvaient être rejetés. Si, à ce moment là, il calculait son pourcentage, il pouvait le trouver inférieur à un vingtième; s'il faisait alors son calcul, ce n'était pas significatif parce qu'il n'avait pas assez de rouleaux.

On obtient donc un graphique qui montre comment se comporte l'écart-type journalier. Dans l'état actuel du travail, le service de contrôle trace tous les jours sur une feuille l'écart-type des rouleaux. On a une fiche pour chacun des batteurs. On a, le 1er janvier, un écart-type de 67; le 2 janvier, un écart-type de 83; le 3 janvier, un écart-type de 50, et ainsi de suite.

Pour savoir si ces chiffres sont valables ou non autour de la moyenne de 67, on consulte la table et l'on obtient les limites indiquées sur le graphique. Nous voyons que la journée du 4 est une mauvaise journée, étant donné que l'écart-type est sorti des limites probables. Le contremaître va alors voir sur place s'il peut expliquer la raison de cette anomalie ou non.

Inutile de vous dire qu'il ne l'explique pas toujours, mais il l'explique un certain nombre de fois et cherche à l'expliquer. Par le fait même, il s'intéresse aux problèmes de ses ouvriers au lieu de dire « cela ira mieux demain ».

La période suivante consiste à donner à la direction une vue générale du problème, c'est-à-dire que l'on calcule l'écart-type moyen mensuel. On peut ainsi faire savoir à la direction si la situation a changé en fonction du coton, en fonction des batteurs, ou de tout autre facteur.

En fait, le graphique que j'avais l'intention de vous montrer signalait une différence assez caractéristique à quatre mois d'intervalle; ce résultat avait été obtenu essentiellement par une augmentation de la puissance des ventilateurs et une formation des ouvriers qui ont appris à ne toucher au régulateur qu'en fonction d'une série de rouleaux anormaux, c'est-à-dire lorsque la tendance montre une position stable trop lourde ou trop légère de l'ensemble des rouleaux (comme dans le cas du premier graphique) et non plus en fonction d'un seul rouleau défectueux.

Ceci a conduit, malgré les balances enregistreuses, à faire tenir le graphique par l'ouvrier lui-même pour qu'il suive la situation de plus près. Les graphiques sont un peu moins beaux, mais beaucoup plus utiles, parce que l'ouvrier lui-même s'y intéresse.

Le second exemple est pris dans la même usine et dans le même atelier. Dans cette usine, le contrôle systématique une fois établi, il a été possible de passer au contrôle mètre par mètre. Ici encore, il existait un contrôle qui consistait à dérouler toutes les semaines deux rouleaux de batteur, à établir des limites de ± 10 gr. autour du poids moyen de 425 gr., et à compter le nombre de mètres de chaque rouleaux (après élimination du premier et du dernier) sortant des limites de manière à mesurer le pourcentage à l'intérieur de ces limites. Les normes recommandées par le constructeur de l'appareil de contrôle prévoient que 95 % au moins des mètres doivent se trouver à l'intérieur des limites.

La discussion sur cette méthode avec le même contremaître, engagée deux mois après la mise en route du contrôle systématique, s'avéra beaucoup plus facile. Le contre-

maître accepta facilement que le pourcentage à l'intérieur des limites n'était pas une mesure très précise. En effet, ceci groupe à la fois une notion de moyenne et une notion d'irrégularité.

Voyons ce premier graphique (fig. 3) : la distribution des différents 40 mètres du rouleau de batteur est assez bonne. Les points sont assez concentrés; on obtient des lignes assez constantes; plusieurs mètres de suite font le même poids.

Quand on calcule le pourcentage de mètres compris dans les limites, on trouve que, du fait que les rouleaux étaient trop lourds, seulement 52 % des mètres se trouvent dans les limites. Quand le contremaître s'en aperçoit, il se dit : mes batteurs ne marchent pas.

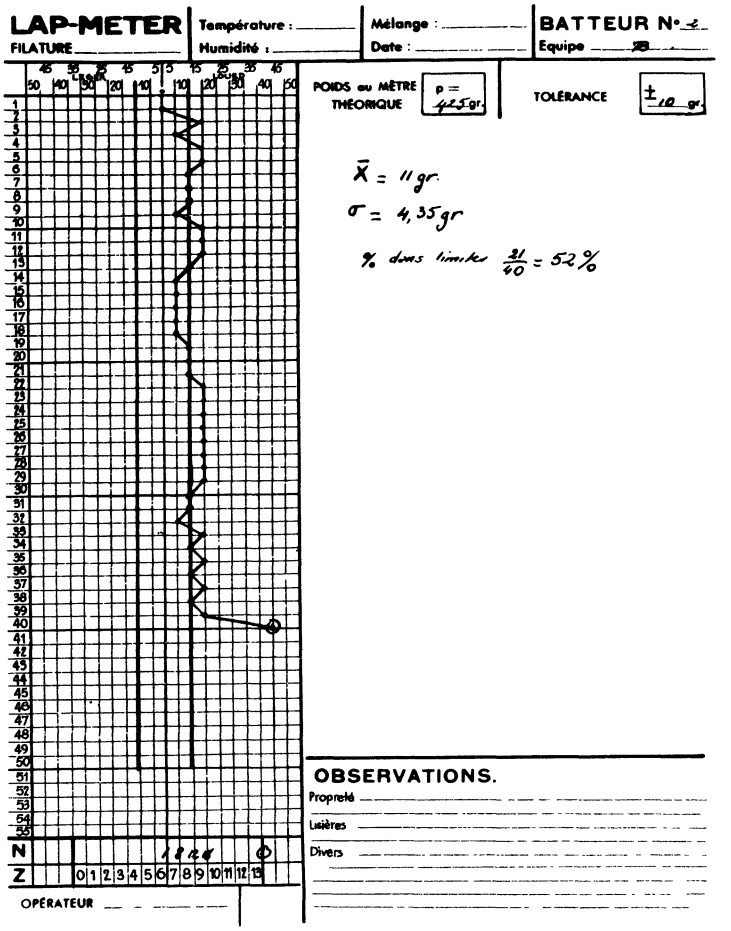


Fig. 3

Sur l'autre graphique 4, vous pouvez voir que la régularité était beaucoup moins bonne; les points sont très variables de l'un à l'autre. Le régulateur semble bouger d'une fois à l'autre, et il y a certainement irrégularité d'alimentation. Plusieurs facteurs viennent troubler le problème. Ici encore, nous avons 52 % dans les limites.

Ayant donc 52 % dans les limites dans les deux cas, le contremaître dit : notre régularité de batteurs est la même.

Le problème étant présenté ainsi, il faut ajouter qu'au lieu de tracer un graphique, l'employé de laboratoire n'avait que les chiffres.

On peut maintenant se rendre compte qu'il y a deux problèmes différents. Dans le premier cas (graphique 3), il s'agit de corriger le poids moyen qui est mauvais. Un poids

moyen se corrige en changeant certains réglages. En fait, vous voyez que dans le premier cas le poids moyen est de 11 grammes, alors qu'il était dans le 2d cas (graphique 4) de 0,35 gramme. Mais dans le premier cas l'écart-type est de 4 gr. 35 et dans l'autre il est de 14 gr. 15. Il semble donc que la production correspondant au graphique 3 soit infiniment meilleure que l'autre.

Là encore, nous sommes obligés de donner au contremaître des notions de valeur de l'écart-type en fonction des limites. Ces valeurs s'obtiennent facilement si l'on revient à la définition. Nous voulons que 95 % au moins des mètres soient à l'intérieur des limites pour que l'on puisse appeler le rouleau « acceptable ». Si la distribution est à peu près normale (dans des opérations semblables, nous pouvons le supposer), ceci veut dire que $2\sigma = 10$ gr., c'est-à-dire que $\sigma = 5$ gr

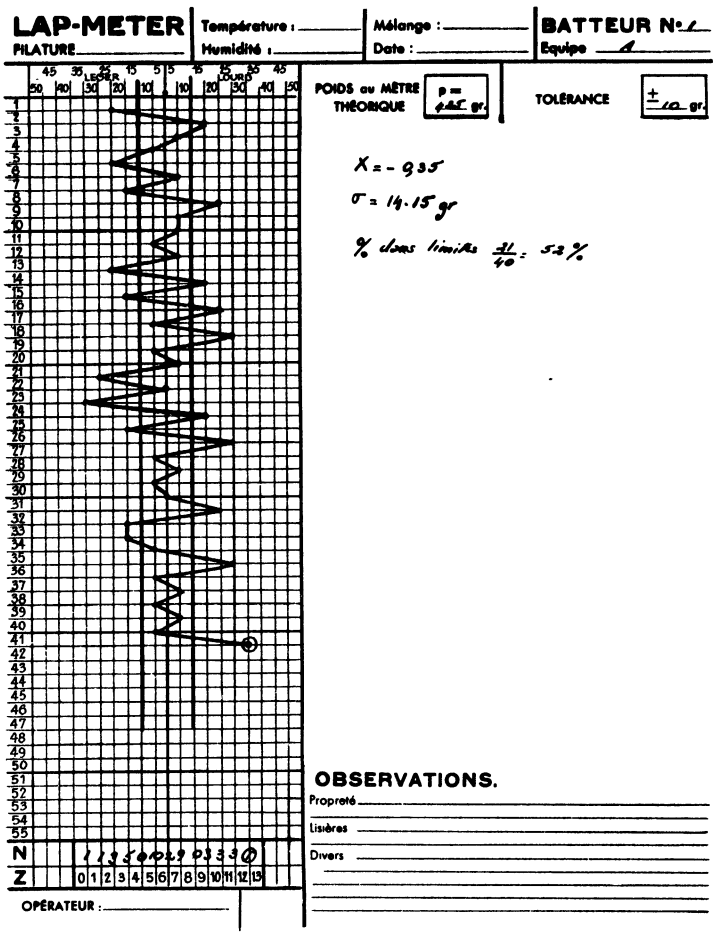


Fig. 4

D'autre part, si tous les points sont bons, nous devrons avoir $3\sigma = 10$ gr., ou $\sigma = 3{,}3$ gr., d'où la règle :

Rouleau excellent : $\sigma < 3{,}3$ gr.

Rouleau bon : $3{,}3$ gr. $< \sigma < 5$ gr.

Rouleau mauvais : $\sigma > 5$ gr.

L'usine calcule à l'heure actuelle le σ de deux rouleaux par batteur, par qualité et par semaine, et présente à la direction un tableau donnant ces différentes valeurs de σ et leur évolution par rapport à la période précédente, et j'ai vu récemment un ouvrier qui sait à peine écrire et certainement guère compter, me dire fièrement en me

voyant approcher de ses batteurs : « Il n'y a que trois mois que je suis là, et il paraît que mon σ est déjà meilleur que celui de mon coéquipier : il paraît qu'on va établir une prime au σ ». Je n'ai pas osé lui demander s'il savait ce que c'était qu'un σ...

En conclusion, je pourrai dire que ces deux exemples montrent qu'il est possible de faire absorber aux gens une quantité importante de contrôles systématiques et même statistiques pourvu qu'on ne les noie pas dans un déluge de chiffres, de définitions, etc... Il convient d'ajouter que ce contremaître, qui a une formation absolument élémentaire (c'est un ancien manœuvre) est prêt à faire un stage de formation complémentaire, de manière à pouvoir utiliser la statistique de façon plus cohérente qu'il ne l'a fait précédemment. Ceci est peut-être un peu en contradiction avec ce que M. le Professeur HENON a dit. Je crois pourtant que si nous avions essayé de lui faire un cours de statistique il y a un an, il n'aurait pas pu en accepter le principe, alors qu'à l'heure actuelle il est capable de mettre immédiatement en œuvre ce qu'il a appris.

DISCUSSION

M. VOGEL. — Je vais donner la parole à M. BENSON; il va vous parler en anglais, et nous avons la bonne fortune d'avoir un interprète qui va traduire sa pensée.

M. BENSON. — Les deux exposés que nous venons d'entendre étaient fortement intéressants, non seulement au point de vue technique proprement dit, mais parce qu'ils nous ont révélé que le textile était un domaine où l'application des données statistiques était extrêmement agréable, extrêmement plaisante.

On peut se permettre dans le textile de faire de nombreuses analyses statistiques et de se livrer à de nombreuses expériences sans engagement considérable de capitaux. J'ai travaillé moi-même dans de nombreux domaines, et il m'arrive d'être obligé de demander à notre Gouvernement une prévision budgétaire de 100.000 dollars pour la destruction des matériaux éprouvés.

Dans le cas de M. HODARA, il est extrêmement facile de pouvoir prendre autant qu'on veut de la nappe qui sort, puisqu'aussi bien on la remettra à l'autre bout et que cela reviendra. Une direction d'usine sera certainement beaucoup plus disposée à accepter qu'on fasse des tests de ce genre là, qui ne coûtent pas grand'chose, plutôt que de sacrifier une matière première extrêmement coûteuse.

Il y a également un autre aspect plaisant des épreuves statistiques dans le textile : c'est qu'on n'a pas à attendre longtemps avant d'avoir le résultat de l'analyse à laquelle on s'est livrée. Je pense à ce programme de tests que j'ai discuté avec le Ministère de la Marine américaine et qui doit être en cours en ce moment. J'ai collaboré au lancement du programme. On est en train de mettre en place le dispositif d'épreuves. On ne pourra tirer les premières conclusions qu'en 1964. Vous voyez que c'est lointain. Et, de plus, cela coûte très cher.

Par conséquent, les applications statistiques dans le textile sont non seulement aisées, non seulement plaisantes, mais également on a une gamme très étendue d'applications, que ce soit en production continue comme dans le cas des batteurs, ou que ce soit pour toutes les épreuves possibles et imaginables, les essais de résistance, etc.

Personnellement, j'ai beaucoup travaillé avec des variables; dans le textile, on a à travailler d'une façon intensive avec les variables, quand il s'agit, par exemple, de l'évaluation d'une nouvelle matière première. Le coton, par exemple, change de qualité. Il s'agit de savoir quelle qualité vous pouvez avoir.

Mes relations avec le textile sont un peu particulières et se bornent à la fabrication de l'entoilage des pneus. Mais c'est malgré tout un problème.

Vous avez vu le petit dessin qui représentait la façon dont la bande d'entoilage est constituée : elle est formée par deux fils arrivant de chaque côté pour se réunir au rouleau central.

Il y a aussi un diagramme qui a été construit au tableau pour l'étude de la résistance de la bande à la traction. L'étude était faite à l'aide d'un diagramme dans lequel on faisait varier expérimentalement la résistance, le coefficient de résistance à la traction, et on traçait la courbe suivant les différentes résistances. On pouvait introduire également

la notion de variation de température. Il y a donc plusieurs variables dans un graphique de comparaison comme celui-là.

C'est un cas où l'expérimentation pratique est extrêmement agréable, parce que n'importe qui peut se livrer à ce travail dans son propre domaine. On peut aller ensuite trouver son patron et lui dire : voilà les résultats qu'on obtient avec la statistique. Evidemment, le patron dira : Monsieur, c'est très bien, je comprends, continuez.

Il est évident que sans connaissances de statistique, l'établissement de graphiques comme ceux-là ne veut pas dire grand-chose. Mais, avec un minimum de connaissances statistiques, en faisant de petites expériences chacun dans son domaine, on arrive à avancer de plus en plus d'une façon extrêmement valable.

M. HODARA a très bien souligné la nécessité de faire comprendre au personnel de tous les échelons, de la façon la plus simple possible, l'utilisation des méthodes statistiques.

Je peux citer un exemple qui s'est produit dans le service technique, lorsque j'étais à la Compagnie du Caoutchouc Hoover. Il est venu au laboratoire un statisticien, extrêmement compétent d'ailleurs, mais dont les σ coulaient de la bouche lorsqu'il l'ouvrait pour parler. C'est un homme qui ne parlait qu'en formules. Cela n'a pas été très bien vu dans l'usine, parce que cela manquait d'applications pratiques. Il a été obligé de quitter rapidement son poste, la plaisanterie courante étant que, lorsqu'il est parti, on a rempli de fumigène le département d'études pour être bien sûr que tous les σ étaient morts et avaient disparu !

Il s'est posé un autre problème en ce qui concerne l'entoilage des pneus. Il s'agissait du contrôle à la réception des bandes de toile destinées à l'entoilage qui nous parvenaient à la fabrique de pneus, venant d'une autre usine située à quelque distance. Ces bandes étaient transportées par wagons.

Il s'agissait de déterminer l'échantillon qui soit le plus représentatif de la qualité du wagon, tout en étant le plus économique. Vous aviez des bobines d'environ 7 kg, qui constituaient des balles d'environ 85 à 90 kg.

Il fallait ouvrir la balle, prélever les rouleaux de toile. Dans le fond, le coût était indépendant du nombre de prélèvements effectués, étant donné que dans tous les cas, la manutention était la même. Il fallait ouvrir le paquet.

Il s'est agi, par conséquent, de déterminer la taille la plus économique du lot d'échantillons, c'est-à-dire la valeur la plus économique de N. On a fait deux choses en parallèle, c'est-à-dire qu'on a construit un dispositif expérimental, l'un pratique et l'autre théorique, en même temps.

On a pris mille bobines pour le dispositif expérimental et on a fait des expériences de résistance à la traction. On a donc eu une courbe de distribution des résistances à la traction. On a ensuite ventilé les échantillons.

On a d'abord pris 25 « cônes » et un échantillon par « cône » pour établir une courbe de fréquence de la distribution. (J'emploie le mot « cônes », mais c'est le mot « rouleaux » qu'il faut employer.)

M. VOGEL. — « Cônes », aussi...

M. BENSON (Interprète). — Ceci donnait, évidemment, 40 échantillons de 25, on arrivait à 1.000. Ceux d'entre vous qui sont familiers avec la technique textile ont pu suivre ce qu'a fait M. le Professeur BENSON. Cette courbe a été intégrée, elle a été calculée. Comme vous le voyez, on en a déduit une droite qui a donné une certaine probabilité. On a vérifié l'expérience théorique avec le calcul qui avait été fait précédemment, et on a obtenu que la valeur expérimentale par rapport à la valeur théorique donnait une ligne en paliers qui suivait de très près la ligne calculée.

On a recommencé l'expérience avec deux prélèvements sur cinquante cônes, ce qui faisait toujours cent. On a la courbe théorique et on s'est aperçu qu'elle était légèrement supérieure. On a vu de nouveau que cela « collait » entre la courbe théorique et celle qui était calculée.

On a décidé de continuer encore plus loin et de prendre 75 à 125, avec 5 tests, et on a constaté que dans les valeurs supérieures — à partir de 100, 125 — les deux droites, ou du moins les deux valeurs, commençaient à dévier.

On s'en est alors tenu là, et on en a déduit que le procédé le plus économique était de prélever cinquante cônes, à deux échantillons par cône, c'est-à-dire qu'on avait N = 100. C'est la façon la plus économique de déterminer N, puisqu'à 50, à deux prélèvements, cela vous coûte moitié moins cher que si vous preniez 100 rouleaux à quatre prélèvements, étant donné que, comme on vous l'a expliqué au début, le coût de l'échantilonnage n'était pas dans l'appareil expérimental lui-même; il est simplement dans le fait qu'il fallait détruire les emballages et sortir les cônes. Il n'y avait là aucune corrélation entre le dispositif expérimental et le coût de l'expérience. Il s'agissait de déterminer N de façon à ce que ce soit le plus économique.

Nous avons donc trouvé N : dans le cas présent, il est égal à 100.

Un calcul de ce genre n'est pas seulement valable pour ce cas-ci; je vous l'ai cité ici parce que l'entoilage des pneus est un problème un peu annexe au textile. Mais cela peut s'appliquer à n'importe quoi.

J'ai eu exactement le même cas qui m'a été posé en consultation. Il s'agissait de déterminer sur un lot d'engrenages un échantillonnage pour avoir la mesure mécanique de la distance de l'extrémité des dents du pignon au diamètre central.

Il fallait là également déterminer un lot d'échantillonnage économique, savoir combien il fallait prendre de pignons et combien de dents on mesurait sur chaque pignon.

Ceux qui me consultaient étaient un peu ennuyés; je leur ai proposé une courbe expérimentale et une courbe théorique absolument semblables à celles dont nous nous servions pour déterminer l'échantillonnage, et cela a très bien marché.

Je vous ai cité ceci pour vous montrer un exemple de la valeur des renseignements statistiques dans des industries où, dans le fond, l'application est facile.

Le textile est une de ces industries où il est extrêmement facile de déterminer la valeur la plus pratique pour faire des prélèvements statistiques de la façon la plus économique.

M. LITTAUER. — Messieurs, je suis très heureux de prendre la parole, parce que je suis pratiquement ignorant du domaine textile, et grâce aux exposés pleins de talent qui nous ont été faits jusqu'à présent, j'ai découvert des applications théoriques et pratiques et j'ai aussi découvert avec un grand plaisir que les mêmes principes s'appliquaient pour le contrôle statistique de la qualité dans le domaine textile et dans celui des industries dans lesquelles j'ai eu moi-même à intervenir.

D'autre part, on ne parle bien d'une chose que dans la mesure où on ne la connaît pas ! Par conséquent, je suis très heureux de pouvoir parler à des experts du textile, puisqu'aussi bien je n'en connais rien. Et, en plus, si l'on ne m'avait pas permis de prendre la parole, j'aurais été malheureux. Alors, c'est très bien.

Mais je voudrais faire quelques commentaires sur les exposés qui nous ont été faits et reprendre un point que M. HODARA a exposé, à savoir le fait qu'on doit introduire la notion des problèmes statistiques jusqu'au niveau fonctionnel de l'usine, c'est-à-dire jusqu'aux ouvriers — jusqu'en bas — et, en quelque sorte, faire entrer discrètement les σ par la porte de côté, mais de façon à ce qu'on ne les voit pas.

Les discussions que M. HODARA a eues dans ses deux cas concrets me rappellent une expérience, il y a une dizaine d'années, où j'étais chargé avec un ami de faire une étude importante dans un atelier de construction aéronautique sur les tests de déchirure des soudures. C'est extrêmement important. Or, nous nous trouvions dans un atelier où nous ne pouvions agir qu'avec la permission du contremaître. Telle était notre position dans l'usine : il fallait la permission du contremaître de l'atelier pour agir.

On nous a répondu d'abord qu'il n'y avait pas de machines, ensuite qu'on n'avait pas le temps, enfin, qu'on ne s'y intéressait pas du tout : ce contrôle statistique de la qualité était une « histoire épouvantable ». On n'avait vraiment pas le temps de s'en occuper.

Sans nous démonter, nous avons fait une étude des temps d'utilisation des machines. Nous avons montré par les calculs que leurs machines n'étaient utilisées qu'à 55 % de leur possibilité; que, par conséquent dans les 45 % qui restaient, ils auraient bien cinq minutes pour qu'on travaille un peu sur cette question. Il n'y a plus eu

d'objections, et le travail s'est poursuivi normalement pour l'étude de cette épreuve de déchirure des soudures dans les moteurs d'avions.

J'ai quitté l'usine; mon collègue a continué à travailler, et nous y sommes repassés quelque six ou sept mois plus tard. Nous avions à peine mis le pied dans l'atelier que le même contremaître, qui ne voulait entendre parler de rien lors de notre première venue, nous a happés par le revers du veston et nous a dit : « Venez voir les cartes de contrôle que nous avons mises au point, venez voir comment marche le contrôle statistique de soudure ».

Voilà un homme pour lequel le mot de σ, il y a quelques mois, était un blasphème de première grandeur et qui, maintenant, était persuadé d'avoir inventé le système qu'il avait mis au point et qu'il utilisait.

Vous voyez que le rôle des méthodes du contrôle statistique de la qualité est de donner justement le sens de la statistique, le sens de l'utilisation des renseignements statistiques, aux ouvriers et au personnel de production. C'est également de fournir à la direction supérieure un instrument graphique qui soit simple et qui soit précis. C'est ce que j'appellerai un processus d'opérations qui émet — grâce au contrôle statistique — des signaux. Le contrôle sur la carte émet un signal qui va vous permettre immédiatement de vous rendre au point névralgique et d'effectuer les corrections qui s'imposent. C'est ce que j'appellerai un servo-contrôle à relais humains.

Dans un engin téléguidé ou dans un avion avec un pilote automatique, l'énergie nécessaire à la correction d'une erreur qui se trouve signalée par un signal quelconque sur le relais, a déjà été introduite. Elle a déjà été « programmée » quand on a lancé l'appareil, et le contrôle se fait absolument automatiquement.

Dans le contrôle statistique de la qualité, lorsque le signal apparaît, vous avez — au lieu d'une correction automatique — un relais humain qui reçoit le signal et qui se rend immédiatement au point sensible; il analyse les causes de la déviation et peut ainsi y apporter un remède.

A mon avis, ce contrôle peut agir de trois façons : on peut avoir une action directe sur le procédé même de fabrication, car ce peut être un ennui mécanique (c'est la machine qui ne va pas). On peut agir et c'est là déjà, je dois dire, à l'étage inférieur.

La direction supérieure ayant reçu la carte de contrôle, la fait descendre et le responsable de la section où s'est produit l'accroc va voir s'il peut corriger le processus de fabrication ou s'il peut effectuer la correction nécessaire sur les cadres, le contremaître ou les ouvriers, qui sont responsables de cet état de choses.

Car l'élément humain, aussi, a parfois besoin d'être corrigé, puisque le troisième point dans lequel j'utilise ce contrôle statistique de la qualité est le contrôle des inspecteurs et des contrôleurs eux-mêmes, pour voir jusqu'à quel point ils sont vraiment efficaces.

Vous vous apercevrez, en examinant une carte de contrôle, qu'un des inspecteurs ou un des contrôleurs a, si vous voulez, un temps de réaction extrêmement rapide : à peine le signal est-il apparu que l'homme s'est rendu au point malade et a inscrit dans la marge : « Nous avons pris les mesures nécessaires. »

Chez un autre, vous verrez que, de temps en temps, les signaux se produiront, mais l'action ne sera prise qu'une fois sur deux. Un pareil contrôleur est inutile. C'est une cellule malade, si vous voulez, du servo-organisme. Il n'y a qu'à s'en débarrasser ou à le corriger.

A ce moment-là, vous avez également une notion qui permet à la direction, si elle découvre que le processus de fabrication est insatisfaisant, d'introduire de nouveaux équipements. Si ce sont les hommes qui ne donnent pas satisfaction, ceci permet à la direction d'introduire des programmes de formation qui permettront à la situation d'être rectifiée.

La tâche du contrôle statistique de la qualité devrait être, en principe, de soulager la direction de 50 % au moins de ces travaux harassants auxquels elle perd une partie de son temps et qui consistent à surveiller ce que j'appelle la gestion de la production, c'est-à-dire le processus productif lui-même, qui a besoin d'être surveillé sans cesse. Cette surveillance se fait à l'aide des cartes de contrôle qui permettent, par un simple gra-

phique, d'avoir un rapport hebdomadaire qui ira au chef d'atelier et un rapport mensuel qui montera l'échelle hiérarchique jusqu'au sommet.

On peut ainsi voir tout de suite, d'un coup d'œil, si la cadence est bonne, si le travail s'effectue bien. En effet, le travail de production, en principe, doit se faire tout seul : si la machine est bien réglée, si les contrôles statistiques sont bien en place, la direction doit s'apercevoir tout de suite que cela marche bien. Ou bien, s'il y a un petit « pépin », il n'y a qu'à se précipiter au point où il s'est produit pour le réparer tout de suite. Autrement, la machine doit tourner, et le personnel de direction peut à ce moment-là — soulagé qu'il est de ces tâches ingrates — se livrer à l'étude de problèmes nouveaux, penser en termes commerciaux, penser en termes de nouveaux marchés à ouvrir, de nouveaux produits à concevoir et à créer.

La gestion de la production est, d'après un de mes amis, la gestion du risque, la gestion de l'aventure, c'est-à-dire que l'on consacre son activité non pas à la surveillance du procédé de fabrication, mais aux nouveaux débouchés, aux nouvelles idées qui peuvent s'ouvrir à vous dans l'exercice de vos fonctions.

Tout ceci est donc la première partie de cette opération de gestion. Les dirigeants ont donc le loisir d'exercer leurs talents, leur intelligence dans ces nouvelles directions du risque et de l'aventure qui sont, dans le fond, ce qui fait marcher l'industrie.

Je sais très bien, personnellement, que lorsque je me rendais en tant qu'ingénieur-conseil dans les usines, l'homme qu'il m'était le plus difficile de voir était celui qui signait mon chèque : c'est lui, pourtant, qui aurait dû être prévenu, c'est lui qui doit être au courant, mais il était tellement accablé sous un poids de tâches auxiliaires qu'il était obligé de faire lui-même, qu'il était difficile de le voir.

Ces tâches-là doivent disparaître et, à ce sujet, laissez-moi vous faire un compliment en vous disant que je n'ai jamais vu, partout où je me suis trouvé, plus de talent, plus d'intelligence qu'au Centre de formation du Professeur DARMOIS. Je suis assez fier du service académique que je dirige; nous avons la prétention d'enseigner la statistique, de faire des recherches, de faire des travaux à l'extérieur. Je dois dire que notre programme est loin d'être aussi bon que celui du Centre du Professeur DARMOIS et de ses assistants. Et, puiqu'aussi bien ses intentions sont non pas de limiter la formation statistique au niveau supérieur, au niveau des ingénieurs, mais de descendre jusqu'au niveau opérationnel, je ne saurais trop vous encourager à y envoyer le plus de monde possible et à vous intéresser le plus possible à ce Centre, qui est vraiment quelque chose de très rare et dont je ne puis que vous faire toutes mes plus sincères félicitations.

M. VOGEL. — Mesdames, Messieurs, vous venez d'entendre quatre conférences traitant toutes de la statistique, mais d'une teneur extrêmement variée. M. le Professeur HENON nous a montré davantage le côté théorique, mais appliqué à un contrôle de matières. Il nous a montré les mesures qui ont été effectuées et les corrélations possibles, mais encore lointaines, avec les produits finis qui en sortent.

M. HODARA nous a montré un exemple tout à fait pratique, faisant abstraction quasiment complète du calcul statistique. Ces problèmes sont mis complètement à la portée de l'homme le plus simple, et M. HODARA est arrivé à enthousiasmer les ouvriers et le contremaître pour les résultats qu'on peut obtenir.

M. BENSON vous a donné un exemple qui ne peut manquer d'impressionner les industriels du textile. Aujourd'hui, où nous vivons dans un temps qui comporte une évolution extrêmement rapide, nous sommes obligés de varier nos matières premières pour les adapter. Je n'ai pas besoin d'insister sur ce sujet; vous savez que nous avons des fibres nouvelles qui viennent se mélanger aux fibres que nous connaissons depuis toujours, et qui posent des problèmes considérables quant à leur mélange et quant à leur traitement. Nous avons une évolution des moyens de production, c'est-à-dire une évolution mécanique, qui devient aussi très considérable.

Il se pose alors pour nous, industriels, techniciens, des problèmes qui sont toujours les mêmes : que faut-il faire, quel est le choix judicieux à faire ? C'est l'expérience qui doit nous fournir la solution. Mais quel genre d'expériences tenter pour que, véritablement, les résultats que nous obtiendrons aient une signification ?

Je prends un cas bien simple : aussi bien dans le coton que dans la laine, nous utilisons des ensimages; nous les utilisons d'ailleurs davantage pour la laine que pour le

coton. On nous propose des ensimages nouveaux qui, tous, ont des propriétés miraculeuses. Pourtant, le fait de faire un changement comporte un risque.

Nous voulons bien courir ce risque une fois, d'abord, sur la quantité de matière la moins forte possible. Mais nous voulons le faire de telle façon que nous ayons des résultats sur lesquels nous puissions nous baser pour adopter ou rejeter ce nouvel article qu'on nous propose.

Je défie n'importe quel industriel qui n'est pas au courant des méthodes statistiques de faire un programme d'essai qui soit valable et qui vous donne une réponse à la question.

M. BENSON vous a montré les possiblités que vous fournit la statistique pour déterminer exactement le nombre d'essais à faire pour avoir une sécurité suffisante et savoir si, oui ou non, vous devrez employer cette nouvelle méthode, faire ce changement dans les matières premières que vous choisirez.

M. le Professeur LITTAUER a porté le problème sur un plan plus élevé. Il a considéré les avantages que peut apporter la statistique à la gestion de nos affaires; il a souligné — et je crois qu'il était besoin de le faire — combien le rôle de direction devient, aujourd'hui, compliqué, combien les chefs de nos industries sont harassés par un travail administratif considérable qui leur laisse de moins en moins de temps pour s'occuper de la partie essentielle qui leur est dévolue : celle d'être des transformateurs, et des transformateurs à bon escient, et de savoir véritablement contrôler leur affaire.

Je remercie ici, en particulier, notre interprète, qui a été extrêmement habile en traduisant une matière qui est assez difficile à interpréter d'une façon correcte. Il a reproduit exactement le sens des paroles du Professeur LITTAUER et, également, des autres conférenciers.

Messieurs, je crois que, de ce que vous avez entendu, vous pourrez tirer la conclusion suivante. M. le Professeur LITTAUER — comme Américain qui a eu l'occasion de voir quotidiennement ce qui se réalise dans son pays — nous a dit : « Vous n'avez pratiquement rien à apprendre de l'Amérique au point de vue de l'enseignement pratique de la statistique; je tire mon coup de chapeau à ce qui a été fait par le Professeur DARMOIS. » C'est certainement un éloge sincère; je ne connais pas M. le Professeur LITTAUER depuis très longtemps, mais j'ai eu l'occasion de m'entretenir à table avec lui. J'ai pu juger l'homme et je sais que ses paroles sont d'une sincérité complète.

Il reste pourtant, pour nous industriels, à tirer la conclusion et la leçon. Nous devons faire, dans nos affaires, une application pratique et complète de tous les enseignements qui nous ont été donnés aujourd'hui.

Je voudrais que MM. les industriels, en particulier, qui se trouvent ici dans cette salle, veuillent bien poser les questions qui, certainement, leur viendront à l'esprit après avoir entendu ces conférenciers.

Je voudrais remercier M. le Professeur HENON, M. HODARA, M. BENSON et M. LITTAUER, en particulier, pour ces magnifiques développements sur la statistique que nous avons pu entendre cet après-midi.

Qui demande la parole ? Nous sommes tout à fait entre nous et, je vous prie, nous ne ferons aucune phrase : nous poserons des questions, si vous le voulez bien, tout à fait simples, et il n'y a pas lieu de chercher de complications : il y a lieu ici de demander des conseils à des amis qui sont prêts à nous les donner.

M. VERHULST. — A la suite de l'exposé de M. le Professeur HENON, je voudrais poser une question de détail : il me semble que, dans l'industrie de la laine, on accorde une très grande importance au fait de pouvoir juger une laine sur échantillon, directement, en la tâtant. Est-ce que le fait que l'on approche scientifiquement le problème peut remplacer une expérience qui est très longue à acquérir et une qualité de jugement qui est éminemment désirable chez un lainier ? Autrement dit, n'importe qui connaissant la méthode peut-il remplacer quelqu'un d'expérimenté ?

M. HENON. — Le plus étonnant est que, précisément, on a mis en correspondance les résultats des experts avec les résultats statistiques. La correspondance était presque parfaite. Seulement, pour faire un expert, il faut quarante ans, tandis qu'on peut former un statisticien un peu plus rapidement !

M. VOGEL. — Nous avons constaté, au sein du Comité Technique de la Fédération Lainière Internationale, par des essais qui ont été faits, une corrélation complète dans l'estimation des experts à vue pour la finesse avec les mesures qui ont été faites par ce qu'on appelle le microscope à projections.

On peut, avec l'œil humain, distinguer facilement, quand on est expert et exercé — notez bien ce que je vais dire — des différences d'un quart de μ moyen dans les comparaisons de nos peignés.

Ce que l'expert distingue beaucoup plus difficilement, c'est la longueur moyenne, parce qu'il est obligé d'arriver, pratiquement, à prendre son peigné et à enlever les mèches une à une, à environ 1 cm de distance, afin de voir la composition moyenne. C'est beaucoup plus hasardeux. Mais, au point de vue finesse, l'œil humain a une capacité de perception par différence qui est considérable.

Y a-t-il d'autres questions ?

M. HENON. — A propos de la détermination du lot le plus économique, il y a un problème général sur lequel on pourrait insister.

Etant donné que les lots de laine qui proviennent d'Australie sont examinés dans les bateaux (il y a des balles qui pèsent environ 500 kg), le problème s'est posé de savoir combien de balles il fallait manutentionner et ouvrir et combien de carottes on devait tirer de chaque balle.

Je crois que le professeur DEMING avait fait, il y a deux ou trois ans, une communication sur ce sujet. Il avait donné la méthode permettant de trouver quel était le lot le plus économique, en faisant intervenir le coût d'ouverture d'une balle et le coût d'examen d'une carotte. Il a trouvé une formule extrêmement simple qui fait intervenir la variance entre les balles et la variance à l'intérieur de chaque balle. C'est une formule absolument générale et, dans le cas particulier de la laine, on trouve qu'il faut prélever une carotte par balle jusqu'à environ 100 balles.

Je crois que MM. BENSON et LITTAUER, qui connaissent à fond ces questions, pourraient nous donner quelques éclaircissements.

M. VOGEL. — Je voudrais que vous précisiez davantage votre pensée. Dans quel but retirez-vous ces échantillons des balles ? [Ceci se fait à l'aide d'un genre de tire-bouchon (bale-system) qui est enfoncé dans la balle.] Est-ce pour déterminer le rendement ? la finesse ?

M. HENON. — Non, c'est pour déterminer le taux de gras, la quantité de poussière. Il y avait un problème d'échantillonnage qui se posait, à cause des manutentions très importantes des balles; si l'on ne devait pas retirer toutes les balles, il fallait tirer au hasard.

M. BENSON. — Il est évident qu'on aurait presque pu arriver au même résultat en sortant d'abord, simplement, un cône, en faisant un prélèvement et en continuant; on employait ainsi une méthode purement expérimentale et on arrivait au résultat en faisant simplement le travail pratique.

Mais vous auriez mis, pratiquement, autant de temps pour obtenir les renseignements de base nécessaires au calcul ou pour procéder à cette expérience que de façon théorique. De cette façon, il aurait fallu déterminer l'uniformité relative à l'intérieur d'une balle ou à l'intérieur d'un cône.

Etant donné que les calculs obtenus ainsi, d'une façon théorique, ont été vérifiés, ils sont fournis sous une forme beaucoup plus convaincante que si l'on avait traité le problème par la méthode expérimentale pure.

Ce qui nous intéresse dans le résultat, c'est d'être arrivé à déterminer que la valeur optimum N était de deux fois 50, c'est-à-dire 100, et que nous avons pu ainsi réduire de moitié le coût de l'échantillonnage, tout en gardant le même degré de précision et d'efficacité.

M. HENON. — Je pourrais peut-être ajouter qu'il y a quelque chose d'absolument remarquable à ce sujet : c'est que l'A.S.T.M. a calculé les variances entre balles et à l'intérieur des balles pour les différentes laines communes suivant les régions, de sorte

que les chiffres obtenus peuvent être utilisés par tous les acheteurs pour déterminer le plan d'échantillonnage optimum.

M. HODARA. — Je crois qu'une expérience similaire à celle de M. BENSON a été faite pour la régularité des titrages des filés de coton. Nous nous sommes trouvés en présence des spécifications de l'A.S.T.M. qui prévoient que, pour étudier la régularité du titrage du filé de coton, on prend, aux Etats-Unis, plusieurs échantillons sur une même bobine (en général, quatre ou cinq échantillons); on fait ceci sur un certain nombre de bobines déterminé, soit sur un lot, soit sur un continu ou un élément de production.

Nous sommes partis du point de vue théorique. Nous avions, dans certaines usines, des contrôles très poussés et beaucoup de chiffres. Il est apparu évident que la variabilité de bobine à bobine est tellement grande, en France, en moyenne, par rapport à la variabilité à l'intérieur de la bobine, que nous étions dans la zone où il suffisait de prendre un essai par bobine. Il était nécessaire d'avoir un nombre suffisant de bobines pour avoir la régularité et pour ne pas tromper l'acheteur en garantissant la régularité en fonction d'éléments pris sur un petit nombre de bobines, ce qui tendrait à donner une mesure de régularité beaucoup plus étroite que la véritable représentation du problème.

M. VOGEL. — Y a-t-il d'autres questions ?

M. BELLELI. — Je voudrais poser une question à M. BENSON. Vous avez un premier échantillonnage de 50 cônes avec 2 échantillons par cône, et, par la suite, vous avez 100 cônes avec 4 échantillons par cône. Je crois avoir compris que, par la suite, vous obteniez plus de divergences entre la théorie et la pratique en prenant 100 cônes qu'en prenant 50 cônes; je me suis peut-être trompé, mais je ne comprends pas très bien.

M. BENSON. — La valeur de N a été déterminée. On a trouvé que pour 50 bobines et 2 prélèvements, et N = 100, on avait la valeur optimum, la valeur la plus économique. On s'est arrêté là, et les calculs faits par la suite sont uniquement des calculs expérimentaux. Il ne sont jamais entrés en jeu en ce qui concerne les calculs d'acceptation ou autres.

Si vous prélevez davantage (par exemple 4 au lieu de 2), vous constatez que la théorie ne « colle » plus avec la pratique. La théorie ne vérifiait plus du tout ce qui se passait dans la pratique, d'où la divergence. Mais, comment à ce moment-là, vous aviez dépassé le niveau économique, l'échantillonnage n'était même plus intéressant. Tout ce qu'il était intéressant de vérifier est qu'effectivement, si l'on prenait le calcul sur une base qui n'était plus exacte, il y avait en réalité une divergence.

M. VOGEL. — Y a-t-il d'autres questions ?

M. BOCQUET. — M. HODARA nous a parlé tout à l'heure de l'irrégularité dans les filés de coton : irrégularité de numéro et, vraisemblablement, irrégularité de résistance.

Pour l'irrégularité de résistance, il y a une très vieille méthode qui est employée depuis de nombreuses années : c'est la méthode de la moyenne et de la sous-moyenne.

Avez-vous pu, par des essais, établir des corrélations entre ces méthodes et celles obtenues par la statistique ?

M. HODARA. — Cela « colle » très exactement avec la théorie. Si vous avez une distribution normale, la valeur de la sous-moyenne correspond à la valeur de l'écart-type, au coefficient près. Malheureusement, en pratique, si vous prenez un échantillon incomplet (vous allez faire 25 ou 50 essais de résistance de fil, par exemple), vous n'avez qu'une très petite portion de votre population et, par conséquent, une grande marge d'erreur. Vous risquez, avec votre sous-moyenne, d'avoir des conclusions absolument incompatibles avec ce que permettrait de prévoir le calcul de l'écart-type.

AUDITEUR. — C'est donc une question du nombre des essais ?

M. HODARA. — Cela revient au problème de M. BENSON; c'est une question de nombre d'essais (pour l'étude de la distribution) de vos résistances. Le nombre d'essais arrive à être fonction de votre distribution des résistances. Si vous avez une matière qui est extrêmement homogène — je ne veux pas dire par là des résistances qui varient peu, mais

une distribution de résistances qui est acceptable — votre formule de sous-moyenne sera parfaitement valable pour tous les usages. Si, au contraire, vous avez une distribution qui risque d'être erratique, parce que votre sondage est étroit ou parce que vous avez une différence d'alimentation — comme, par exemple, plusieurs postes qui alimentent plusieurs continus — la formule de votre sous-moyenne risque alors d'être fausse. On le voit d'autant mieux lorsqu'on prend les sous-moyennes par canette ou par fuseau : lorsqu'on fait des essais, on arrive à avoir certaines sous-moyennes supérieures à la moyenne générale qui pourrait venir corriger cet effet.

M. BOCQUET. — A votre avis, quel est le nombre d'essais qu'il faudrait faire pour avoir une corrélation à peu près acceptable ?

M. HODARA. — Je ne crois pas qu'on puisse répondre à cette question de but en blanc; il faudrait savoir quel est le degré de qualité de votre fil.

M. BOCQUET. — C'est ce qu'on cherche...

M. HODARA. — Vous pouvez le faire par approximations successives. Faites un nombre d'essais indéterminé, regardez votre écart-type ou votre dispersion, ou n'importe quelle mesure de variabilité : vous pourrez répondre à la question et dire : j'ai tel degé de précision. Si ce degré vous suffit et si vous vous contentez de 10 ou 15 %, vous vous arrêtez; sinon, vous ferez plus d'essais.

Le problème général de répondre à priori en disant qu'il faut tant d'essais est un problème faux que nous allons essayer d'approcher, au Syndicat Cotonnier, parce qu'il faut donner quelque chose aux gens pour commencer à travailler; mais nous le ferons le plus possible en spécifiant le risque et en donnant aux gens le degré de précision, de façon à ce que, quand un tisseur se retourne vers son filateur, en disant : Monsieur, ce n'est pas assez bon, on puisse en donner un degré de précision et prévoir des solutions successives. Il faut prévoir les possibilités d'arbitrage; à l'heure actuelle, on ne peut pas.

M. BOCQUET. — La maison « Ulster », dans son dynamomètre automatique, en limitant à 1.000 essais le nombre d'essais nécessaire, a jugé ce nombre à peu près suffisant.

M. HODARA. — Je suis à peu près convaincu qu'avec un millier d'essais, vous avez une précision amplement suffisante. Cela pose un problème très grave; on dit : un appareil automatique permet de faire mille essais; cela immobilise la machine assez longtemps et, pour peu que vous ayez quatre numéros de fil et qu'on ne vende pas beaucoup, c'est un peu coûteux, même si cela supprime des employés. Je crois que le problème est de chercher une autre technique.

Celle de l'essai par échevette semble beaucoup plus acceptable, parce que la dispersion que l'on obtient par les essais un à un est moindre que celle que l'on obtient par essais fil à fil et, d'autre part, vous obtenez un nombre de mètres essayés — sans que cela veuille dire la même chose que l'essai fil à fil — qui est infiniment plus grand, étant donné que pour un essai d'échevette de 100 mètres, vous faites l'équivalent de deux cents essais fil à fil; et, en même temps, vous devez tout de même constituer cette échevette pour faire votre essai de filtrage.

M. BOCQUET. — On pourrait discuter de la valeur d'un essai par échevette.

M. HODARA. — Je sais que c'est un problème très discuté, qui sort du domaine de la statistique, mais je crois que le seul problème que je voudrais poser ici est celui d'un essai par rapport à un autre (au point de vue économique). Ma conclusion sera que l'essai fil à fil, dans la mesure où on dit qu'il n'est pas plus représentatif qu'un autre, n'est pas rentable. Si l'on trouve qu'il est beaucoup plus représentatif, on revient à ce genre de formule : la garantie de qualité ou de valeur d'un essai n'a aucun prix.

M. BOCQUET. — Pour votre part, pensez-vous que la nouvelle formule de l'Institut Textile, où l'on recherche le nombre de points de casse pour un millier de mètres de fil, soit quelque chose de plus intéressant que l'essai fil à fil ?

M. HODARA. — Je crois qu'il y a ici beaucoup de membres de l'Institut Textile, et que cela va donner lieu à une certaine discussion, mais voilà mon avis.

Des études ont été faites récemment, à Rouen, sur un fil sur lequel une série d'essais fil à fil avaient été faits. On avait aussi calculé, sur cet essai fil à fil, l'écart-type, et on a fait un grand nombre d'essais sur le dynamomètre (on a discuté sur le nom à donner à cet appareil; je précise qu'il s'agit de l'appareil de l'E.D.F. à tension constante).

Je crois que la très bonne réponse qu'on a pu donner à la suite de cet essai est que les lois de la statistique se vérifient assez bien sur le fil, c'est-à-dire qu'on a pu déduire de l'essai fil à fil ce qu'aurait donné l'essai sur le tensiomètre, et on pouvait déduire du tensiomètre l'essai fil à fil. Mais, compte tenu des longueurs de fil un autre problème se pose : quand vous analysez un nombre d'essais déterminé, comme cet essai fil à fil, vous vous trouvez dans une distribution normale, pour laquelle le problème est assez simple. Si vous faites les essais en cherchant le point de rupture sur une longueur indéterminée, vous êtes dans une distribution de Poisson et, par conséquent, il vous faut un nombre d'essais beaucoup plus grand pour avoir le même degré de précision.

M. BOCQUET. — Ce qui intéresse le tisseur est de savoir combien d'essais il aura sur le métier pendant une heure.

M. HODARA. — Nous sommes en train de nous éloigner du problème statistique. Là, mon opinion est que l'échevette donne la corrélation la meilleure, toutes choses égales d'ailleurs, pour la résistance du coton. Pour le degré de régularité du coton, le dynamomètre à échevette donne la meilleure corrélation.

Je sais qu'une série d'essais a été faite à Lille ces temps-ci par le laboratoire de Roubaix pour le Syndicat des Tisseurs de Lille. Je crois qu'on a essayé cinq ou six mille tonnes. Pratiquement, toute l'alimentation des tisseurs de la région de Lille, qui représente plus d'un tiers de la France, a été essayée. Les corrélations entre la qualité de fil sur résistance et titrage avec casse pour métiers — toutes choses égales d'ailleurs — sont très bonnes. Mais « résistance » ne suffit pas, « point faible » ne suffit pas; c'est très complexe. Je crois aussi que le problème ne consiste pas à avoir une machine aussi complexe que possible, qui répétera le plus possible le métier. Le problème est différent du point de vue du laboratoire et du point de vue de l'utilisation. Il faut que nous ayons en laboratoire quelque chose de simple, qui ne veuille rien dire physiquement — l'essai par échevette ne veut rien dire — mais qui ait une bonne corrélation.

Personnellement — et je crois que beaucoup seront de mon avis — je ne veux pas d'appareils qui reproduisent le métier, simplement parce que nous nous rapprochons des conditions visuelles, physiques; nous voulons que la corrélation soit bonne.

M. BOCQUET. — C'est ce que demande l'industriel.

M. HODARA. — Les appareils qui montrent qu'on met une broche ici, un peigne là, peuvent donner des résultats intéressants pour des expériences limitées; mais il faut l'appareil le plus simple, à condition que la garantie de la corrélation avec l'utilisation soit bonne. L'essai par échevette donne de très bons résultats au tissage; je suis convaincu qu'il n'en donne pas d'aussi bons en bonneterie. Par conséquent, le problème n'est pas le même.

L'essai par échevette est l'essai type; il est satisfaisant pour le tissage, mais non pour la bonneterie; il n'est d'ailleurs pas toujours facile à faire.

M. BOCQUET. — Au point de vue régularité de numérotage, on fait le numérotage sur les longueurs de 500 ou 1.000 mètres et on a toujours, en moyenne, une assez bonne régularité parce que la longueur est très grande. Les conditions de vente sont de permettre un écart de 2,5 % en plus ou en moins. On est toujours à peu près dans la « fourchette ».

Y a-t-il eu, à votre connaissance, des essais faits sur les longueurs beaucoup plus courtes ? Je crois qu'on a fait dernièrement des essais qui vont jusqu'à trois centimètres ou cinq centimètres de fil. Avez-vous des possibilités de déterminer une corrélation entre une régularité de numéro de fil à 1.000 mètres et une régularité de fil à quelques centimètres, cette régularité donnant des nuages dans le tissu ?

M. HODARA. — Vous avez deux variables totalement différentes. C'est le même problème que je vous ai montré pour l'essai mètre à mètre des batteurs. La dispersion centimètre par centimètre peut être suffisamment régulière pour que le tissage soit

absolument parfait, et vous pouvez avoir un fil inacceptable. J'ai vu un cas de ce genre hier dans une usine : le fil, par un curieux effet de changement de fréquence, faisait un magnifique damassé dans le tissu... mais ce n'était pas ce qu'on demandait.

Je ne pense pas qu'il y ait corrélation, maintenant, par rapport aux 500 mètres. Un des problèmes est que la variation autorisée est plus ou moins de *n* %. Mais, comme on ne spécifie pas le nombre d'échantillons d'après la longueur de l'essai, suivant que celle-ci varie de 500 à 1.000 mètres et suivant le laboratoire, on peut faire dire n'importe quoi à l'essai. Des essais ont été faits systématiquement sur des longueurs de 100 mètres, parce que 100 mètres est une longueur assez acceptable pour un tissage. Cet essai de 100 mètres est important, au point de vue de la trame. On peut établir des classements de filateurs d'une manière assez intéressante. On peut dire que tel filateur sera meilleur que tel autre en fonction de tel élément : tel filateur fait du 40 avec le même mélange qui donne, chez tel autre, du 28. Les chiffres montrent qu'il y a des irrégularités calculées en écarts-types; la mesure simple de l'écart-type, pour le numéro du filé pris 100 mètres à 100 mètres, varie de 1 à 5 suivant les filateurs.

Si un chiffre vous intéresse, j'ajouterai que, sur 100 mètres, l'écart-type qui a été jugé acceptable par la région du Nord va être voté comme base d'accord entre filateurs et tisseurs; il est de l'ordre de 4,2 %. On a donc un coefficient de variation de 4,2 % sur 100 mètres.

M. VOGEL. — C'est l'écart-type, mais ce n'est pas une mesure de régularité du fil; ce sont deux choses complètement différentes.

M. HODARA. — C'est une mesure commerciale ! ce n'est pas une mesure de régularité à petite longueur du fil, c'est-à-dire d'aspect du tissu.

UN AUDITEUR. — Vous n'avez pas connaissance d'essais systématiques sur cette question ?

M. HODARA. — Sur la petite longueur ? C'est là encore le problème strictement de l'usine, chaque usine essayant de faire mieux, et je dois vous avouer qu'en présence du graphique et de certains pourcentages de variation, je suis le premier à ne pas savoir exactement que faire. On peut aller chercher un rouleau dont on étudie la décomposition en séries de Fourier. Qu'est-ce que cela donne ? Cela donne des idées intéressantes mais, pratiquement, vous allez presque toujours trouver un bon contremaître qui est capable de trouver un rouleau défectueux à l'œil, alors que la machine le trouvait aussi.

On en revient au même problème que celui que citait M. HENON tout à l'heure. Cela peut éviter le bon contremaître, mais je crois qu'il est plus important d'avoir un bon contremaître qu'un très bon acheteur de laine, parce qu'il faut moins longtemps pour le former et on en a besoin pour beaucoup d'autres choses.

Nous sommes un peu troublés, dans les usines, pour savoir que faire de l'appareil « Ulster ». C'est un appareil très intéressant et qui offre beaucoup de possibilités, mais nous ne savons pas encore lesquelles.

M. BOCQUET. — Vous avez vu leur nouvel appareil, le spectrographe ?

M. HODARA. — Il se pose ici le même problème. C'est un appareil très intéressant, qui donne une très bonne décomposition en séries de Fourier. Mais je cherche quelqu'un qui puisse dire, en fonction de ceci, qu'est-ce que l'on peut faire. Nous organisons le contrôle par les usines, nous indiquons systématiquement des fréquences d'analyse, sur lesquelles on trouve quelque chose, mais nous ne sommes pas encore sûrs qu'économiquement, le problème est rentable et nous ne savons pas si un contremaître qui passerait deux heures à analyser les tirages ou les bandes n'en trouverait pas autant. C'est beaucoup plus spectaculaire, mais c'est une question de mode. Nous devons continuer à faire cela parce que nous finirons par trouver quelque chose; je ne crois pas que l'appareil soit « malsain »; mais je crois que nous sommes encore comme de petits enfants en ce qui concerne l'utilisation.

Aux Etats-Unis, il se pose le même problème pour des appareils similaires. On a beaucoup d'idées à ce sujet; c'est un point très discuté. Nous ne sommes pas très avancés...

M. BOCQUET. — Il faut surtout, déjà, éliminer la question de la diversité de la matière première, qui vient perturber chez nous tous les résultats que nous pouvons trouver.

M. HODARA. — On a aux Etats-Unis une matière première beaucoup plus régulière. Il faut que nous établissions notre catalogue des défauts. L'usine qui fait de la fibranne 40, de la fibranne 32 et du coton qui varie entre 24 et 33 peut tirer certaines conclusions et se dire : mon « Ulster » m'indique telle et telle chose. Celui qui s'est trouvé en présence de tirages ayant des roulements à bille et d'autres qui n'en ont pas peut en tirer des conclusions et se dire : je me servirai de l' « Ulster » ou d'autres éléments; c'est arrivé récemment. Je connais des gens qui sont revenus à quatre rouleaux au lieu de six; l' « Ulster » confirmait ce sentiment qu'ils avaient et qui se montrait sur le fil, selon lequel les résultats n'étaient pas plus mauvais, et peut-être meilleurs.

M. VOGEL. — Je suis heureux d'avoir assisté à cette séance que je dois maintenant quitter, ayant un train à prendre, mais que ceci ne vous empêche pas de continuer la discussion.