

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

J. ULMO

R. RAMBACH

R. CAVÉ

Les applications du contrôle statistique aux États-Unis

Revue de statistique appliquée, tome 4, n° 1 (1956), p. 47-56

http://www.numdam.org/item?id=RSA_1956__4_1_47_0

© Société française de statistique, 1956, 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/>

LES APPLICATIONS DU CONTRÔLE STATISTIQUE AUX ÉTATS-UNIS (1)

par

J. ULMO

Statisticienne à l'I.R.S.I.D.

R. RAMBACH

Ingénieur-Conseil

R. CAVÉ

Ingénieur Militaire Principal de l'Armement

A la suite d'une invitation qu'il avait reçue de M. le Professeur OTT de la Rutgers University à participer au 9^e Congrès de l'American Society of Quality Control, et dans l'impossibilité où il était d'y aller personnellement, M. le Professeur DARMOIS décida l'envoi aux Etats-Unis d'une Mission constituée par trois membres du corps enseignant du Centre de Formation des Ingénieurs et Cadres aux Applications Industrielles de la Statistique : Mlle ULMO, Chef du Service Statistique de l'Institut de Recherches de la Sidérurgie; M. CAVÉ, Ingénieur Principal des Fabrications d'Armement, et M. RAMBACH, Ingénieur-Conseil.

Cette Mission, partie de Paris le vendredi 22 mai au soir, était de retour le vendredi 17 juin. Sa participation au IX^e Congrès de l'American Society for Quality Control a été suivie d'un grand nombre de visites d'Etablissements industriels, de Laboratoires et d'Offices gouvernementaux. En même temps que nous en donnons la liste ci-dessous, nous tenons à remercier très vivement leurs dirigeants d'avoir bien voulu accueillir la Mission et tous ceux qui ont participé à ces réceptions pour la cordialité de leur accueil et l'intérêt de leurs exposés.

Les usines visitées ont été :

— dans la région de New-York : *Western Electric C^o à Kearny (matériel téléphonique et cristaux); Squibb and Sons à New Jersey (produits pharmaceutiques); Fairless Works à Trenton (aciéries);*

— dans la région de Boston : *U.S. Time à Waterbury (fabrique de montres); Telechron à Ashland (fabrique de réveils électriques); l'usine de Springfield de la Société Monsanto (industrie chimique, plus particulièrement usine de plastiques);*

— à Buffalo : *Dunlop (caoutchouc) et the Best Foods (produits alimentaires);*

— à Cleveland : *Brush Electronics (cristaux), Graphite Bronze C^o (coussinets); Thompson Products (pièces mécaniques pour l'aviation et l'automobile); Republic Steel (sidérurgie); Chevrolet (automobiles);*

(1) Compte-rendu d'une mission d'étude aux Etats-Unis.

- à Detroit : Ford;
- à Lima (Ohio) : Westinghouse (fabrique de petits moteurs électriques);
- à Middletown (Ohio) : Gardner Board (fabrication, façonnage et impression de cartons).

Les Laboratoires et les Universités visités ont été : le M.I.T. à Boston; les Laboratoires de la General Electric à Schenectady, de l'U.S. Steel à Pittsburg, de Dupont de Nemours à Wilmington et le Battelle Memorial Institute à Columbus.

Les Services officiels ont été le National Bureau of Standards et les établissements militaires de Philadelphie et Aberdeen.

Avant d'entrer dans le détail de l'exposé de ce voyage nous tenons à exprimer tous nos remerciements pour leur participation à l'organisation administrative de ce voyage : aux Services du Haut-Commissariat à la Productivité, en particulier à M. ARDANT, Haut-Commissaire, et à M. BISE; aux Services de l'Association Française pour l'Accroissement de la Productivité, et en particulier à son Directeur, M. LEMARESQUIER; à M. DONN, chef du Service des Analyses Industrielles de Washington, et à son collaborateur M. FILIPPI; enfin à M. l'Attaché Militaire à Washington.

Nous tenons à remercier aussi tous ceux dont l'appui nous a été précieux pour le choix des entreprises à visiter, en particulier en France M. ALLARD, Directeur de l'Institut de Recherches de la Sidérurgie, et M. HENON, Chef de la précédente Mission d'Etude de Contrôle Statistique, qui ont su chacun nous faire bénéficier de l'expérience qu'ils avaient acquise au cours de leurs précédents voyages aux Etats-Unis; aux Etats-Unis mêmes, M. le Professeur CRAIG et M. le Professeur BURR, qui nous ont fourni l'un et l'autre des listes d'adresses extrêmement complètes et bien documentées sur tous les sujets qu'il nous intéressait d'étudier et surtout M. le Professeur LITTAUER, de l'Université de Columbia, qui s'est dépensé sans compter pour faciliter notre voyage et appuyer nos demandes de visites auprès de ses relations personnelles.

DESCRIPTION DU TROISIÈME CONGRÈS ANNUEL DE L'AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY CONTROL

Ce congrès groupait environ 2.500 personnes (nombre record) sur les 10.000 membres que compte actuellement l'AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY CONTROL, ce qui montre l'intérêt toujours croissant que les milieux scientifiques et industriels portent aux méthodes statistiques.

Il s'est tenu à New-York du 23 au 25 mai dans les salons de deux grands hôtels voisins (STATLER et NEW-YORKER) transformés, les uns en salles de conférences, les autres en bureaux pour la réception et les services administratifs du congrès et en salles d'exposition. En effet, une exposition de machines à calculer (IBM, MONROE, FRIDEN) et de divers appareils de contrôle (mesures dimensionnelles, dureté, etc ...) dont certains procèdent au triage et à l'inscription du nombre de rebuts ainsi que de littérature sur le Quality Control et de moyens de diffusion de celui-ci, avait été organisée pendant la durée du congrès.

En ce qui concerne le congrès proprement dit, afin de satisfaire le public extrêmement varié des congressistes, il comportait à chacune des six séances de travail de 2 heures, six à huit sessions différentes qui se tenaient conjointement. Ces sessions se répartissaient en trois groupes :

- celles destinées plus spécialement aux professionnels d'une industrie déterminée :

- métallurgie
- électronique
- aviation
- industrie automotrice
- brasserie
- industries alimentaires
- industrie du papier
- industrie chimique
- textile.

- celles consacrées à des questions industrielles précises :

- normalisation
- applications administratives.

- celles consacrées à des questions de statistique générale :

Il y en avait deux ou trois par séances : l'une consacrée à un sujet d'intérêt général, la deuxième à des techniques statistiques nouvelles ou peu connues, alors que la troisième, intitulée "concepts fondamentaux", constituait en fait un véritable cours sur une question classique de statistique.

Les textes des communications (47 en tout, soit une ou deux par session) avaient été imprimés à l'avance et reliés en un volume de "transactions" de 740 pages remis aux congressistes à leur arrivée.

Les congressistes étaient invités à prendre leur lunch en commun par table de 8 ou 10. Au cours de ce lunch, un membre éminent de la Société faisait une conférence d'environ une demi-heure après que les invités à la table officielle eussent été présentés. Il y avait chaque jour deux salles de lunch et deux conférences entre lesquelles les congressistes avaient le choix : l'une était sur un sujet professionnel (chimie, textile, métallurgie), l'autre sur une question d'intérêt général. La délégation française fut invitée à la table officielle de l'un de ces lunchs au cours duquel elle fut présentée aux congressistes par le Professeur OTT qui annonça en même temps le congrès organisé par l'O.E.C.E., à Paris en Juillet.

En outre, le premier jour du congrès, un thé avec les dirigeants de la Société avait été organisé en notre honneur. Enfin un banquet réunit tous les congressistes le deuxième soir.

Notre voyage avait pour objet l'étude des applications de la statistique à l'industrie sous ses formes les plus diverses. Nous pensons rendre plus clair l'exposé des résultats en le scindant en deux paragraphes principaux le premier qui se référera aux applications indiscutablement dénommées "Statistical Quality Control"; le deuxième au contraire aux applications plus élaborées de la Science statistique dans le domaine de la Recherche. Nous n'avons pu toutefois résister au désir de mener accessoirement une enquête sur le développement de la Recherche Opérationnelle aux Etats-Unis. Cette enquête n'a touché qu'un nombre limité de personnes peut être trop limité pour que ses conclusions puissent être tenues pour parfaitement valables. Nous exprimerons toutefois notre position sur ce sujet à la fin du présent rapport.

QUALITY CONTROL

En contrôle statistique de qualité en cours de fabrication les méthodes les plus couramment utilisées sont les méthodes les plus classiques : le graphique de moyennes et d'étendue surtout; le graphique en pourcentage de mauvais aussi. Nous avons vu le graphique classique d'étendue et moyenne appliqué à Graphite Bronze C°, Best Foods C°, Gardner Board, Republic Steel, Chevrolet, Fairless Works, U.S. Time, Western Electric, Brush Electronics, Westinghouse, et chez Ford, en particulier en leur aciérie. On nous a d'ailleurs signalé chez Ford qu'on aimait le compléter par un graphique en bâtons, tenu à l'extrémité de la feuille et qui montre comment se reconstitue progressivement la courbe de distribution.

Comme variante de ce graphique l'emploi du graphique en range et mid-range nous a été signalé chez Squibb and Sons et à la Société Telechron. Le mid-range a pour valeur $\frac{x_{\max} + x_{\min}}{2}$ et remplace la moyenne.

Des formules assez différentes de graphiques ont été aussi observées : la tenue d'un graphique décrit par Juran dans son "Quality Control Handbook" sous le nom de multi-vary chart où l'on porte comme limites les limites des tolérances elles-mêmes et comme points les valeurs extrêmes rencontrées dans chaque échantillon. De sorte que le range est représenté par la longueur de la ligne qui joint les deux points et que la position des points elle-même est à comparer aux

limites de tolérance. Il semble que l'on utilise ce graphique à Gardner Board ou chez Chevrolet surtout pour obtenir une compréhension plus aisée du personnel tandis que Ford l'emploie pour les phénomènes tels que l'ovalisation qui ne suivent pas une distribution normale et par suite ne permettent pas l'application du graphique classique. Chez Chevrolet aussi on combine ce mode de représentation et celui à base de moyennes en traçant pour chaque échantillon un triangle dont 2 sommets sont sur une même ordonnée la valeur maxima et la valeur minima rencontrées dans l'échantillon et le troisième, un peu décalé en abscisse, la valeur moyenne de l'échantillon. Il y a lieu de noter d'ailleurs que si la tenue de graphiques à partir de valeurs extrêmes au lieu de moyennes marque une volonté de simplification du graphique destinée à permettre la compréhension hors de toute base mathématique, on rencontre aussi la tendance contraire dans certaines sociétés chaque fois que l'avantage apparait suffisant en contre-partie de la complexité. Nous voulons parler du contrôle séquentiel qui est utilisé pour certaines opérations chez Gardner Board c'est-à-dire dans la même société où pour d'autres opérations on se contentera d'inscrire les valeurs extrêmes et qui est surtout utilisé aussi bien à Graphite Bronze C° que chez Telechron pour certaines opérations de réglage que l'on désire voir assurer avec le minimum de mesures.

Quant au graphique en pourcentage de pièces bonnes et mauvaises nous l'avons vu utilisé sous les formes les plus classiques aux sociétés Chevrolet, Ford, U.S. Time, Western Electric, Dunlop et parfois en utilisant le même graphique mais sans y tracer de limites lorsque les conditions sont trop instables ou que l'on commence un travail et que l'on ne connaît pas de façon assez précise le pourcentage moyen admissible. Les variantes les plus remarquées de ce procédé ont été chez Ford et à Westinghouse le même graphique tenu pour l'ensemble d'une chaîne de montage ou même chaque fois que cela a été possible pour mettre en compétition plusieurs chaînes de montage faisant le même travail. La ventilation des défauts inscrite en dessous du graphique permet d'identifier au moins dans une certaine mesure les responsables lorsque les pourcentages deviennent trop élevés. Chez Ford à certains stades de la fabrication le procédé est complété de lampes électriques placées sur une image de la carrosserie et qui s'allument au point critique. Ces mêmes graphiques en pourcentages sont tenus chez Gardner Board et Western Electric avec attribution de points aux défauts : 1, 10, 50 ou 100 "demerits" à Western Electric, 1, 3 ou 6 points de sévérité chez Gardner Board. A Western Electric ces points servent de base non seulement au contrôle direct de la fabrication mais à la tenue de graphiques servant de compte-rendu à la Direction et au Bell Telephone Laboratories.

Le contrôle en fin de fabrication est l'objet de méthodes assez diverses allant du contrôle 100% comme c'est le cas pour les défauts d'aspect des coussinets ou les tableaux de standards téléphoniques à l'absence totale de contrôle pour des fabrications jugées suffisamment contrôlées en cours. Lorsqu'il y a un contrôle final les méthodes les plus couramment adoptées sont avant tout les tables des Military Standards que nous avons vu appliquées à la Graphite Bronze C° où l'on divise toute la fabrication en lots de 4 heures de fabrication, chez Ford, Westinghouse et chez Telechron; cette dernière société nous a donné comme motif de sa préférence pour les standards militaires le fait que des tables y sont prévues pour le contrôle séquentiel qui leur semble le plus avantageux; ce sont au contraire les tables de Dodge et Romig qui étaient utilisées chez Dunlop et surtout à la Western Electric.

Le contrôle final aux mesures semble peu répandu; la société Ford nous a déclaré user dans une certaine mesure des tables de "sampling by variables" de Booker et Goode, tandis que Brush Electronics utilise la méthode décrite par Juran dans son Quality Control Handbook. Cette dernière société nous a précisé que lorsque le diagramme ne présentait pas un aspect suffisamment symétrique on le considérait comme un ensemble de deux demi-courbes normales de dispersions différentes pour calculer l'acceptabilité du lot.

Quant au contrôle des réceptions en provenance de fournisseurs un certain nombre de sociétés seulement s'y livrent de façon approfondie, d'autres nous ayant déclaré qu'elles pouvaient avoir confiance dans leurs fournisseurs, d'autres encore qu'elles regrettaient de ne pas avoir d'effectifs de contrôle suffisants pour effectuer un contrôle de réception plus poussé. Les tables Military Standards sont les plus utilisées, les méthodes d'échantillonnage simple étant adoptées par U.S.

Time, Telechron et Brush Electronics, celles d'échantillonnage double par Squibb and Sons et Ford, et celles de contrôle séquentiel par Westinghouse. Les tenants du contrôle simple estiment la méthode plus facile à administrer tandis que les tenants des contrôles double et séquentiel déclarent avoir constaté que la plupart des lots mauvais s'écarte assez sensiblement de la norme pour pouvoir être décelés plus vite par ces méthodes; quant aux tables de Dodge et Romig elles sont utilisées pour les contrôles de réception par Telechron et par la Western Electric. Ces tables aussi bien sous la forme où elles ont été publiées qu'avec quelques autres variantes sont les seules utilisées par les sociétés dépendant des Bell Laboratories auxquels appartiennent Dodge et Romig.

Nous croyons devoir signaler à propos des méthodes de réception le principe d'agrément de fournisseur de la Société Ford, cette société demande à ses fournisseurs, sans le leur imposer, toutefois, d'accepter d'instituer un contrôle final de qualité suffisante pour permettre ensuite à la société Ford de simplifier à l'extrême sinon de supprimer le contrôle de réception. Les conditions imposées par Ford pour donner cet agrément sont assez sévères et les sanctions en cas de non respect par le fournisseur encore plus graves. La Société Ford elle-même nous a déclaré qu'elle désirait voir se répandre ces formules d'agrément mais que ses fournisseurs n'y étaient pas tous très favorables.

L'Air Force de son côté a établi un règlement imposant à ses fournisseurs des règles de contrôle en cours extrêmement sévères et a simplifié à l'extrême les règles de réception. Les officiels du Ministère de l'Air nous ont déclaré être très satisfaits de ces méthodes qui leur avaient permis de grosses réductions sur l'effectif contrôle. Certaines sociétés nous ont déclaré que ces méthodes étaient les bienvenues dans leurs petites usines mais moins bien admises dans les plus grosses usines de la société où l'on n'aimait pas l'intrusion d'étrangers; d'autres usines se sont déclarées très satisfaites de ces méthodes tandis qu'un représentant de la sidérurgie nous a indiqué au contraire que cette profession avait refusé en bloc l'introduction des contrôleurs de l'Air Force. Mais la remarque la plus pertinente semble avoir été faite par une société qui nous a fait remarquer que des règles uniformes de contrôle en cours ne pouvaient être parfaitement valables du fait qu'elles imposent le même contrôle à une société disposant de machines neuves parfaitement précises ou à une société disposant d'un outillage périmé, difficulté qu'il serait facile de vaincre dans le règlement d'un acheteur privé, mais à laquelle il est difficile de parer dans un règlement d'ordre administratif qui ne peut faire deux poids et deux mesures.

Quel que soit l'intérêt présenté par les détails de telle ou telle des techniques que nous venons d'exposer, plus important sans doute est pour l'efficacité de celle-ci l'organisation à l'intérieur de laquelle elle s'intègre. Cette organisation semble devenue d'un type assez uniforme pour toutes les grosses sociétés que nous avons visitées, mais est plus diverse dans le cas des affaires moins importantes.

Les très grosses sociétés, celles que l'on pourrait appeler "les géants", semblent toutes avoir adopté le principe d'un état-major central n'ayant qu'un pouvoir de conseil auprès de son homologue de l'état-major de départements ou d'établissements. Ces grosses sociétés sont extrêmement décentralisées, les chefs de départements ou d'établissements ayant la responsabilité entière de leur gestion y compris le droit d'utiliser ou de ne pas utiliser les conseils de l'état-major. A charge, bien entendu, de se justifier si le non respect de ces conseils conduit à de mauvais résultats.

Dans ce type d'organisation il existe à l'état-major central un service de contrôle de qualité qui dépend souvent du vice-président chargé de la fabrication et dans les établissements eux-mêmes un service de contrôle de qualité qui reçoit des conseils et des indications techniques du service central mais ne dépend pour son action que du responsable du département en question qui est libre de donner au service contrôle de qualité et plus spécialement au service contrôle statistique l'importance qu'il veut.

Dans deux des plus grosses sociétés sidérurgiques des Etats-Unis il nous a été déclaré que certaines des usines de ces sociétés faisaient un large emploi des techniques de contrôle statistique tandis que d'autres se refusaient à les utiliser tout au moins de façon extensive et telle que l'auraient souhaité les services

centraux. A Dupont de Nemours les services de recherches nous ont précisé que les départements étaient libres de s'adresser à des conseils extérieurs s'ils les jugeaient plus efficaces que l'état-major central. Chez Chevrolet on nous a indiqué que si les services centraux de quality control de la General Motors conseillaient la création d'un service de contrôle de qualité indépendant, on laissait néanmoins à chaque usine la liberté d'envisager toute autre solution et en particulier le rattachement soit au service d'entretien soit au service méthode, soit au service contrôle. Dans l'usine que nous avons visitée de chez Chevrolet le "quality control" était géré par le service contrôle : il nous a même été précisé que cette formule n'était pas typique de l'ensemble du groupe General Motors, mais était celle généralement utilisée chez Chevrolet.

Dans les sociétés plus petites nous avons rencontré selon les cas l'application d'un des trois principes : service "quality control" indépendant, rattaché au service contrôle c'est-à-dire "inspection" ou rattaché à "l'engineering" c'est-à-dire à peu près ce que nous appelons "méthode".

Nous citerons à titre d'exemples d'organisation à divers niveaux d'entreprises : Republic Steel dont le service central de "quality control" dirigé par M. Weaver compte au total 6 personnes et dont dépendent 7 usines ayant chacune leur service de "quality control", U.S. Steel ayant une organisation du même ordre et dont nous avons visité une usine Fairless Works qui applique largement les méthodes de contrôle de qualité, Western Electric dont les usines dépendent au point de vue contrôle statistique des méthodes préconisées par les Bell Telephone Laboratories, General Electric qui dispose d'un vaste état-major central mais laisse toute latitude à ses usines parmi lesquelles nous avons visité Telechron où le chef du département de contrôle de qualité dépend du manager of manufacturing mais est sur le même plan que les deux directeurs d'usines subordonnés à ce manager, Ford où le service quality control dépend administrativement du vice-président of manufacturing tout en ayant à travailler aussi pour le vice-président of assembly (montages) et où le service central doit donner les méthodes à 400 contrôleurs. Westinghouse a un service central de quality control à Pittsburg et pour un groupe de 4 usines à Lima un délégué de ce service central; mais dans chacune des usines le contrôle de qualité dépend du service contrôle lui-même; c'est le cas aussi nous l'avons déjà dit dans l'usine de la Société Chevrolet alors qu'à Brush Electronics par exemple le service contrôle statistique est un service de 6 personnes indépendant mais en relation très étroite avec l'engineering; à Graphite Bronze C° c'est un service indépendant de 10 personnes, tandis qu'à l'usine de produits chimiques de Monsanto et à Fairless Works c'est une section du laboratoire, et à Gardner Board, Squibb and Sons, et U.S. Time le service "quality control" est un service indépendant mais ayant sous sa coupe l'ensemble du contrôle.

Le caractère commun à toutes ces organisations est l'établissement d'une liaison étroite entre le contrôle de la qualité, "l'engineering" et le bureau d'études. Ces contacts sont établis par des réunions tenues soit à date fixe, soit à l'occasion de l'élaboration de chaque nouveau produit. Aucune fabrication n'est lancée, aucun outil n'est mis en service sans l'accord simultané des services compétents et du contrôle de la qualité. Situation que l'on ne saurait expliquer par des habitudes acquises depuis longtemps si l'on se réfère aux dates de démarrage des méthodes de contrôle statistique dans les sociétés visitées; la société Telechron nous a bien cité la date de 1946 mais U.S. Time celle de 1950, Chevrolet et Brush Electronics 1953, Dunlop 1955; ces dates n'étant valables bien entendu que pour l'usine que nous avons visitée.

Quant aux effectifs affectés au contrôle, nous pouvons en citer quelques-uns : à Brush Electronics pour un total de 1.000 personnes employées à la société 55 contrôleurs et 6 personnes au service contrôle statistique; à Graphite Bronze C° 10 membres du service contrôle statistique pour 3.300 personnes (il est, là, difficile de parler de l'effectif des contrôleurs du fait qu'une partie des contrôles est faite par les ouvriers eux-mêmes); chez Chevrolet 520 contrôleurs pour une usine de 8.400 personnes; à Gardner Board 38 contrôleurs pour 2.200 personnes; à U.S. Time 124 pour une usine de 1.200 personnes; à Squibb and Sons 200 pour une usine de 3.000; chez Telechron un service contrôle de 10% de l'effectif et à Western Electric 12%.

La connaissance des effectifs accordés au service contrôle et plus spécialement au service contrôle statistique est nécessaire non seulement pour juger des résultats obtenus mais pour comprendre un autre aspect de la liaison entre le contrôle statistique et les autres services : nous voulons parler de l'effort de formation entrepris dans la plupart des usines par le service contrôle statistique vis-à-vis de l'ensemble du personnel. Là encore l'esprit est le même partout mais le détail des méthodes employées assez variable. Chez Ford des séances obligatoires de 4 heures ont lieu pour le personnel de fabrication tandis que des cours facultatifs sont donnés aux membres du service contrôle. La formation comprend 20 heures pour le contrôle en cours et 10 heures pour le contrôle de réception. Cette formation est donnée en dehors des heures de travail. A la General Motors deux niveaux de stages sont prévus : un stage élémentaire de 80 heures réparties sur 3 semaines et un stage plus avancé de 2 semaines. A Brush Electronics la formation du personnel est prévue en 10 heures de leçons, tandis que chez Monsanto il existe deux degrés de cours, élémentaire de 12 à 15 heures à raison d'une heure par semaine, l'autre, plus avancé, d'une quinzaine d'heures. Ces cours sont facultatifs et suivis plus volontiers par le personnel de recherches que par celui de fabrication.

Mais quelles que soient les modalités adoptées pour la formation il semble que toutes ces entreprises visitées attachent un intérêt très particulier à celle-ci.

Un autre point enfin nous paraît digne de remarque, c'est l'importance attachée partout à une conception sportive de ces méthodes et à la recherche de détails stimulant l'amour propre de chacun. Nous avons déjà cité la mise en compétition de chaînes de montage travaillant en parallèles; nous avons vu aussi dans une usine l'enregistrement du meilleur chiffre du mois et du meilleur chiffre de l'année à côté du chiffre quotidien de façon à pousser chacun à essayer de battre ce record.

Nous terminerons par l'indication de ce que nous n'avons pas vu : le graphique classique de contrôle aux moyennes et aux étendues est presque toujours tenu à partir des limites naturelles et rarement par limites modifiées; à fortiori la méthode des câlibres modifiés n'est presque jamais appliquée et même le plus souvent inconnue; il en est de même des coefficients de Dick pour le contrôle de l'excentricité qui pourtant intéressaient un grand nombre des usines que nous avons visitées lorsque nous leur en avons parlé. Dans le domaine administratif il semble aussi que peu de choses aient été réalisées : seuls des contrôles d'absentéisme ou de chiffres de ventes nous ont été cités comme application des idées du contrôle statistique dans ce domaine.

APPLICATION A LA RECHERCHE

A. - Centres et Services visités

- 1) General Electric C° - General Engineering Laboratory
"Statistical methods section"
- 2) Dupont de Nemours - Engineering Department
(Operations analysis group)".
- 3) National Bureau of Standards - Applied Mathematics Division : Dr YOUN-
DEN, Consultant.
- 4) Battelle Memorial Institute - "Applied Mathematics Department".
- 5) U.S. Steel Research Laboratory.
- 6) Ford Motor C° - Scientific Laboratory
"Basic Engineering Department".
- 7) Service de M. WEAVER (1) : "Quality Control" et "yield".

(1) Il n'est pas rattaché à un laboratoire de recherches mais au "Staff" de la Société et a, en temps que service central, des activités de recherche.

B. - Place de Section Statistique

Comme on le voit sur la liste ci-dessus, 3 cas se présentent :

1° - La section statistique est une partie de la section Mathématiques appliquées quand il y en a une :

National Bureau of Standards
Battelle Memorial Institute (1)
Dupont de Nemours (2)

2° - La section de statistique est une section autonome :

General Electric
Republic Steel

Elle s'occupe également, dans ce cas, de questions économiques (notamment, études de marchés) et comptables.

3° - Il n'y a pas de section de statistique mais certains Départements comptent ou compteront des statisticiens parmi leur personnel :

U.S. Steel Research Laboratory (actuellement dans deux Départements),
Ford (dans un Département).

Il semble que cette dernière organisation soit une organisation de début d'autant plus que ces deux laboratoires ont fait appel en outre à un ingénieur conseil; toutefois, la direction de l'U.S. Steel Research Laboratory l'envisage comme une solution à généraliser à la majeure partie de ses départements de recherche.

C. - Fonction de la Section Statistique

1° - Aide aux autres départements et aux usines de la Société

La section a pour rôle d'apporter l'aide de la statistique aux recherches et essais entrepris tant par le laboratoire de recherches que par les différentes usines de la Société qui le demandent. C'est pourquoi dans les sociétés visitées qui ne sont pas des centres de recherches elle n'appartient pas au laboratoire de recherches mais au département central d'Engineering ou au Staff (General Electric, Dupont de Nemours, Republic Steel). Les membres de la section agissent donc en tant que consultants et sur la demande des autres sections (ou parfois d'un membre du staff de la Société).

2° - Education statistique du personnel de la Société.

Pour provoquer des demandes d'aide, il est indispensable de faire connaître les possibilités des méthodes statistiques. Ceci a lieu au moyen de sessions de cours, de courtes notes, et même d'un symposium annuel à la General Electric ainsi que de visites dans les usines de membres de la section, principalement ceux qui ont des connaissances techniques développées.

D. - Organisation

Toutes les sections statistiques visitées disposent d'un groupe calculateur électronique et de calculateurs.

Chez General Electric, Dupont de Nemours et Republic Steel, on retrouve à peu près la même organisation :

- une sous-section "organisation de plans d'expérience" comprenant au moins un mathématicien (ceux de Dupont de Nemours et General Electric recherchent de nouvelles techniques statistiques).

(1) Cette solution n'empêche pas que certains départements de recherche aient leur propre statisticien.

(2) En fait, la Statistique est l'occupation majeure du groupe.

- une sous-section "Etude des procédés de fabrication" comprenant au moins une personne experte en régression et une personne jouant le rôle de consultant en "quality control" (1). Il n'y a que chez Dupont de Nemours que la section s'occupe de recherche opérationnelle (elle commence juste). General Electric et Battelle Memorial Institute ont des sections de recherche opérationnelle tout à fait indépendantes des sections de statistique.

E. - Techniques en faveur

La multiplicité et la complexité des problèmes traités ne nous permettaient pas dans une visite aussi brève que la nôtre d'entrer dans le détail du traitement statistique de problèmes particuliers.

Nous n'avons donc pu recueillir que des indications générales sur les techniques les plus largement utilisées.

Plans d'expériences.

Ils concernent généralement non pas des essais à l'échelle industrielle mais au laboratoire ou en installations pilotes (ceci s'explique par le développement des installations pilotes). Les plans factoriels incomplets et surtout les plans mis au point par G.E.P. BOX, des Imperial Chemical Industries (Angleterre) pour la recherche d'un optimum de la variable dépendante, semblent très en faveur.

Les équipements de calcul électronique permettent de ne pas hésiter à faire de nombreuses études de régression prenant en considération de très nombreuses variables même si l'on a avant de commencer des doutes sur la signification des résultats qu'on en tirera.

RECHERCHE OPÉRATIONNELLE

Curieux de connaître à quel point était arrivé le développement des méthodes d' "Operations Research" dans l'industrie américaine, nous avons posé la question à la plupart des représentants des entreprises que nous avons visitées. Nous savions que le résultat de cette enquête serait un peu faussé du fait que nous nous adressions aux spécialistes du contrôle statistique pour parler d'Operations Research; nous pensons néanmoins que les sujets sont suffisamment connexes pour pouvoir accorder une certaine valeur aux réponses reçues. Nous avons pu en outre interroger sur le même sujet le Professeur Morse du M.I.T., le Professeur Ackoff du Case Institute of Technology de Cleveland, le Professeur Littauer de Columbia University et les représentants du Battelle Memorial Institute. Nous avons eu enfin la chance de rencontrer peu après notre retour des Etats-Unis l'éminent spécialiste anglais en la matière Monsieur Swan.

Les points de vue exprimés par ces diverses personnalités diffèrent sensiblement entre eux, ce qui ne saurait surprendre si l'on songe que l'une des premières réponses obtenue par nous de Monsieur Ackoff à qui nous demandions s'il y avait similitude entre ce que les Américains appellent habituellement Operations Research et ce que les Anglais appellent Operational Research nous a répondu : "Il y a moins de différence entre la conception moyenne anglaise et la conception moyenne américaine qu'entre les divers points de vue qui nous séparent entre nous Américains".

Parmi les spécialistes américains il y a lieu de noter que le Professeur Ackoff insiste tout particulièrement sur la nécessité de disposer des méthodes des diverses disciplines scientifiques et sur le fait que le domaine d'applications de l'Operations Research doit être limité aux problèmes qui concernent l'ensemble de l'entreprise et qui de ce fait mettent en conflit différents départements; il refuse d'admettre dans le champ de l'Operations Research les méthodes scientifiques s'appliquant aux problèmes ne concernant qu'un seul département; le Professeur Morse pour sa part insiste plus particulièrement sur la part des mathématiques et semble ramener essentiellement l'Operations Research à la création

(1) Et chez General Electric, une section "Applications commerciales et comptables".

de modèles mathématiques pour la solution des problèmes industriels; alors que le Professeur Littauer insiste sur l'aspect statistique de l'ensemble des phénomènes de l'activité industrielle, sur la nécessité de l'interprétation statistique de ceux-ci et par suite sur l'importance prédominante de cette science en Recherche Opérationnelle; le Battelle Memorial Institute semble accepter de désigner par Recherche Opérationnelle toute application de méthodes scientifiques à la solution de problèmes industriels, point de vue qui ne semble pas éloigné de la conception de Monsieur Swan.

Il nous a été plus difficile d'obtenir une opinion valable de la part des milieux industriels dont la plupart semble encore peu informés de ces nouvelles méthodes. Un petit nombre d'entre eux nous a répondu tout ignorer de celles-ci, tandis que la plupart nous ont déclaré être en position d'attente et désirer observer des résultats avant d'affecter une part de leur activité à ces méthodes. Nous avons pu toutefois rencontrer à Telechron qui est un département de la General Electric un spécialiste de recherche opérationnelle appartenant à ce département. Celui-ci nous a déclaré que la General Electric avait un département de recherche opérationnelle comprenant 3 spécialistes à New-York et que pour eux toute préparation du travail pour une direction générale, même si elle n'utilisait les méthodes d'aucune science était de la recherche opérationnelle. A titre d'exemple il nous a été montré une étude des conditions de succès d'une entreprise aboutissant à une liste d'une vingtaine de conditions que doit remplir une usine pour prospérer, tant vis-à-vis de la région où elle se trouve que des conditions de travail ou de matières premières. L'établissement d'une telle liste est pour la General Electric un travail de recherche opérationnelle puisqu'il aide la direction générale dans l'élaboration de ses décisions. Point de vue qui n'est d'ailleurs formellement contradictoire avec aucun de ceux exprimés précédemment puisqu'il permet, mais sans même l'exiger absolument, l'emploi de n'importe quelle discipline scientifique; et que d'autre part en définissant comme champ d'action à la recherche opérationnelle les problèmes de direction générale, il aboutit implicitement à ce que la plupart des problèmes de recherche opérationnelle, mais peut être pas tous, soient des problèmes intéressant l'ensemble des départements d'une entreprise.

De sorte qu'en définitive il nous semble peut-être possible de concilier tous les points de vue en adoptant la définition suivante où il suffit de choisir dans chaque accolade l'un des termes proposés pour pouvoir couvrir l'ensemble des définitions évoquées :

Utilisation de l'une quelconque des disciplines suivantes

- (- Sciences Mathématiques
- Ensemble des Sciences
- Méthodes Statistiques
- Méthodes Rationnelles

pour décider de la mise au point et de l'emploi de techniques destinées à la solution de problèmes :

- (- de direction des Entreprises
- industriels intéressant simultanément plusieurs départements
- industriels ou économiques quelconques
- de décision de toute nature (militaire, industrielle ou d'ordre public)

Quelle que soit celle de ces définitions que l'on admette il apparaît comme certain que des outils mathématiques modernes encore trop ignorés dans notre pays tels que le calcul matriciel, la théorie des jeux ou la méthode de Monte-Carlo sont des outils de grande utilité pour l'industrie.

Mais à nos yeux les questions essentielles restent posées : la recherche opérationnelle constitue-t-elle un ensemble nouveau utile à l'industrie? Cette recherche doit-elle être menée au niveau de l'entreprise, de l'Université, ou de spécialistes intervenant comme ingénieurs-conseils? Et dans le cas où elle doit être traitée au niveau de l'entreprise, doit-elle donner lieu à la création d'un département spécial? Dans ce cas comment ce département doit-il être composé?

Il ne semble pas que ces questions aient encore obtenu aux Etats-Unis de réponses définitives; il n'est pas non plus évident compte tenu de la différence des structures industrielles et des niveaux de culture générale que la solution la meilleure soit exactement la même pour les deux nations.