

**REVUE BELGE DE STATISTIQUE
ET DE RECHERCHE OPERATIONNELLE**

**Vol. 6 - N° 3 et 4
JANVIER 1966**

**BELGISCH TIJDSCHRIFT VOOR STATISTIEK
EN OPERATIONEEL ONDERZOEK**

**Vol. 6 - N° 3 en 4
JANUARI 1966**

La « Revue Belge de Statistique et de Recherche Opérationnelle » est publiée avec l'appui du Ministère de l'Education nationale et de la Culture, par les Sociétés suivantes :

SOGESCI. — Société Belge pour l'Application des Méthodes scientifiques de Gestion.
Secrétariat : 66, rue de Neufchâtel, Bruxelles 6. Tél. 37.19.76.

S.B.S. — Société Belge de Statistique.
Siège social : 44, rue de Louvain, Bruxelles.
Secrétariat : 44, rue de Louvain, Bruxelles.

Comité de Direction

E. DE GRANDE, Docteur en Sciences, Theopliel Reynlaan, 53, Mortsel.

S. MORNARD, Licencié en Sciences, rue Souveraine, 51, Bruxelles 5.

R. SNEYERS, Docteur en Sciences, Météorologiste adjoint à l'Institut Royal Météorologique de Belgique, 68, rue Copernic, Bruxelles 18.

Comité de Screening

A. HEYVAERT, Ingénieur civil, 3, Val-Fleuri, Dilbeek.

R. SNEYERS, Docteur en Sciences, Météorologiste adjoint à l'Institut Royal Météorologique de Belgique, 68, rue Copernic, Bruxelles 18.

Rédaction

R. SNEYERS, Docteur en Sciences, Météorologiste adjoint à l'Institut Royal Météorologique de Belgique, 68, rue Copernic, Bruxelles 18.

Secrétariat

J.H. LENTZEN, 66, rue de Neufchâtel, Bruxelles 6 - Tél. 37.19.76.

Het « Belgisch Tijdschrift voor Statistiek en Operationeel Onderzoek » wordt uitgegeven met de steun van het Ministerie van Nationale Opvoeding en Cultuur, door de volgende Verenigingen :

SOGESCI. — Belgische Vereniging voor Toepassing van Wetenschappelijke Methodes in het Bedrijfsbeheer.

Secretariaat : Neufchâtelstraat 66, Brussel 6. Tel. 37.19.76.

S.B.S. — Belgische Vereniging voor Statistiek.

Maatschappelijke zetel : 44, Leuvensestraat, Brussel.

Secretariaat : 44, Leuvensestraat, Brussel.

Directie Comité

E. DE GRANDE, Dr in de Wetenschappen, Theopliel Reynlaan, 53, Mortsel.

S. MORNARD, Lic. in de Wetenschappen, Souverainestraat, 51, Brussel 5.

R. SNEYERS, Dr in de Wetenschappen, Adjunct-Meteoroloog bij het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, Copernicusstraat, 68, Brussel 18.

Screening Comité

A. HEYVAERT, Burgerlijk Ingenieur, Bloemendal, 3, Dilbeek.

R. SNEYERS, Dr in de Wetenschappen, Adjunct-Meteoroloog bij het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, Copernicusstraat, 68, Brussel 18.

Redactie

R. SNEYERS, Dr in de Wetenschappen, Adjunct-Meteoroloog bij het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, Copernicusstraat, 68, Brussel 18.

Secretariaat

J.H. LENTZEN, 66 Neufchâtelstraat, Brussel 6 - Tel. 37.19.76.

REVUE BELGE DE STATISTIQUE ET DE RECHERCHE OPERATIONNELLE

VOL. 6 - N^{os} 3 et 4 - JANVIER 1966

VOL. 6 - N^{rs} 3 en 4 - JANUARI 1966

SOMMAIRE — INHOUD

Exposés faits à l'occasion de la Journée statistique organisée par la S.B.S. le 1^{er} juin 1965. — Voordrachten gehouden op 1 juni 1965 ter gelegenheid van de Statistische Dag georganiseerd door de B.V.S.

H. FLORIN. — De evolutie van de statistiek en haar toepassingen	3
D. HIRSCHBERG. — Les méthodes modernes de traitement de l'information et leur incidence sur la statistique de demain	20
L. COOSEMANS. — Aanwending van de statistiek in het bedrijfsleven	26
F. VAN WINCKEL. — De problematiek van de mathematische programmering	41
J. WAELBROECK. — Les applications de l'économétrie à la gestion des affaires publiques	50
A. KERVYN de LETTENHOVE. — La statistique et l'efficacité de la politique économique	55
Nos Echos — Allerlei	70
Publications reçues — Ontvangen publicaties	72

BELGISCH TIJDSCHRIFT VOOR STATISTIEK
EN OPERATIONEEL ONDERZOEK

DE EVOLUTIE VAN DE STATISTIEK EN HAAR TOEPASSINGEN

door H. FLORIN,

Katholieke Universiteit te Leuven.

De statistiek telt zowel warme vrienden als gezworen vijanden. Terwijl zij aan de ene kant zoveel gegevens levert, dat zonder haar het bestuur van een modern land ondenkbaar zou zijn, is het aan de andere kant ook waar, dat het gemakkelijk is, vertrokken beelden van de werkelijkheid te krijgen: de statistische leugens.

Ook worden aan de statistiek vaak vragen gesteld, waarvoor zij niet is gemaakt, bij voorbeeld als zij wordt gebruikt bij beroepskeuze met persoonlijkheidstests, e.d. zoals Gibbon al zegde: de uitkomsten van de statistiek zijn even waar in het algemeen als bedrieglijk in het bijzonder ¹⁾.

Maar waarvoor is de statistiek dan wel gemaakt? Niet ieder heeft hierover dezelfde mening. Wij zijn hier allen vrienden van de statistiek, wij mogen ze allen beschouwen als een kostbare edelsteen, maar wij zien ze door verschillende facetten, en ik bied U van te voren mijn verontschuldigen aan, als ik juist die facetten, die uw bijzondere liefde hebben zou vergeten hebben.

Inderdaad, wanneer we ons bezinnen over de definitie van Statistiek, zien we ons voor een moeilijke taak gesteld. Wij bemerken de meest uiteenlopende definities bij de verschillende schrijvers. Sommigen leggen de nadruk op: studie van massaverschijnselen — maar ook van zeldzame verschijnselen maakt men statistieken. Sommigen keren zich naar de wetmatigheid, die vele statistische verschijnselen kenmerkt — maar ook van onwetmatige verschijnselen maakt men statistieken. Anderen weer zeggen, dat statistiek zich bezighoudt met kwantitatief meetbare feiten, die voor een belangrijk deel afhangen van een groot aantal oorzaken — maar b.v. gezien in het licht van de quantenstatistiek levert het begrip oorzaak hier moeilijkheden. Zelfs het woord « kwantitatief » kan aangevallen worden: reeds wellicht de eerste statistische waarneming door mensen verricht was eerst kwalitatief, n.l. de opvolging van dag en nacht.

Reeds aan dit voorbeeld zien we de rol van de statistiek vanaf de vroegste tijden: het vaststellen van de opvolging van dag en nacht, die van

¹⁾ aangehaald in Keynes, *A Treatise of Probability*, Macmillan (1921).

zomer en winter had niet alleen wat men nu zou noemen « wetenschappelijke » waarde, het had een zeer groot economisch belang voor het vaststellen van zaai- en oogsttijden bij voorbeeld.

En zo is het gebleven : de statistiek is enerzijds een wetenschap, anderzijds en vooral een bescheiden en gewillige dienaar van de mensen. Bescheiden echter is veel gezegd : evenals de wiskunde gaat zij wel met getallen om, maar welk een verschil. De zuivere wiskunde, ver boven elke toepassing verheven, noemt zich de scientiarum genetrix — en daar tegenover de statistiek — een uiterst bemoeizieke dame, die zich onbescheiden overal indringt, en alles van U wil weten : hoeveel kinderen U hebt, hoe dikwijls U vlees eet, of U een badkamer hebt.

Wij zijn hiermee afgedwaald van het zoeken naar een definitie voor statistiek — of hebben we misschien door de laatste opmerkingen beter dan door geleerde omschrijvingen haar aard blootgelegd. Hoe het zij, wij laten het bij de vaststelling, dat bijna iedere schrijver er een eigen standpunt op nahoudt, doordat hij de nadruk legt op een der vele aspecten, die het begrip omvat.

Over de *afleiding* van het woord statistiek is meer eenheid. Vrijwel alle schrijvers vinden de oorsprong in het Latijnse woord « status », in de betekenis van « staat », rijk, en wijzen naar Achenwall als eerste gebruiker. Deze schreef in 1749 een boek over staatswetenschap²⁾, waarin dit begrip reeds in vrij moderne betekenis gebruikt werd, al heeft sindsdien het quantitative aspect het meer beschrijvende verdrongen. Onder Duitse invloed kwam het woord reeds na enkele tientallen jaren ook in Engeland in gebruik, waar het gemakkelijk ingang vond, omdat daar het woord « statist » al door Shakespeare in « Hamlet » was gebruikt rond 1600³⁾. In « Hamlet » zou men kunnen twijfelen aan de betekenis van die term bij Shakespeare, maar hij gebruikt hem ook in « Cymbeline »⁴⁾ en daar is wel duidelijk, dat « statist » voor Shakespeare nog « staatsman » betekende. Tegenwoordig is het verband met het begrip « staat » verloren gegaan : men denke aan begrippen als statistische mechanica.

Als men moet spreken over de evolutie van de statistiek dient men enigszins historisch te werk te gaan. Ik hoorde enige dagen geleden klagen, dat als iemand zich voorneemt een bepaald onderwerp te schilderen, hij vaak de fout maakt te beginnen bij de Grieken en te eindigen bij Napoleon. Ik zal dan trachten te beginnen vóór de Grieken en verder te komen dan Napo-

²⁾ G. Achenwall, Abriss der Staatswissenschaft der Europäischen Reiche, (1749).

³⁾ Hamlet, 5^e akte, 2^e toneel (ongeveer 1600).

⁴⁾ Cymbeline, 2^e akte, 4^e toneel, 16^e vers (ongeveer 1610).

leon. Dit laatste zal gemakkelijk zijn, want toen begon pas de wetenschappelijke statistiek met Quetelet.

In de oudste tijden vinden we overal en in alle werelddelen, dat de ontluiking van de beschaving met statistiek gepaard ging: in Amerika b.v. de volkstellingen bij de Incas; bij de Egyptenaren vindt men dat reeds ten tijde van de derde dynastie, dus bijna 3000 jaar voor Christus koning Snefru optekende, dat hij 7000 gevangenen en 200 000 runderen op de Nubiërs veroverd had.

De bijbel ook vermeldt statistische gegevens, maar het was in die tijden, niet zonder gevaar, een volkstelling te organiseren: de bijbel verhaalt, dat David als straf voor een volkstelling moest kiezen tussen 3 jaar hongersnood, 3 maanden vluchten voor vijanden of 3 dagen pest. Hij koos het laatste, maar was niet genezen van zijn passie voor de statistiek, want hij telde de doden: 70 000.

Onder keizer Augustus was een volkstelling er de oorzaak van dat de geboorte van Christus te Bethlehem plaatsgreep. Gouraud meent bij de Romeinen sporen van sterftetafels te vinden. In moderne tijden vindt men sterftelijsten in Londen vanaf 1592, deze werden gebruikt in een eerste poging tot het verkrijgen van sterftetafels door Graunt.

Dan komt het belangrijke werk van de Amsterdamse burgemeester en wiskundige Van Hudden en vooral in 1671 het beroemde werk van Raadspensionaris Jan de Witt over sterftetafels en lijfrenten, een werk dat tevergeefs werd gezocht door Leibniz en door Jacob en de oudere Johan Bernouilli, maar dat men nu weer kent.

Toen pas kwam het meer bekende werk van Halley over sterftetafels in 1693, dat vaak ten onrechte het eerste op dit gebied wordt genoemd. Bij hem vindt men zelfs reeds lijfrenten op 2 levens.

In de 18^e eeuw vinden we verder werk op dit gebied. Namen als de Moivre (1718): actuariel werk, Euler (1760): sterfte, annuïteiten, levensverzekeringen moeten hier wel in de eerste plaats genoemd worden zonder de Bernouillis te vergeten [Jacob, grootvader en kleinzoon Johan, Nicolaas, en in dit verband misschien vooral Daniël (1760)] met zijn werk over geboorten van jongens en meisjes, en ten slotte rond 1800 Laplace b.v. over de duur van huwelijken en over pokken.

Naast al dit werk, dat sterftetafels en dergelijke problemen betrof, ontwikkelde zich in de 17^e en 18^e eeuw een zeer intensieve belangstelling voor de waarschijnlijkheidsleer. Hierin werd vooral een rol gespeeld, behalve door de reeds genoemde persoonlijkheden, door Pascal en Fermet (1654), d'Alembert (rond 1760), Lagrange (1770). En niet te vergeten Bayes (1764-1765) met zijn fameux theorema over waarschijnlijkheden van oorzaken.

Deze waarschijnlijkheidsleer had oorspronkelijk betrekking op weinig belangrijke zaken als kansspelen, om te beginnen met de bekende speler, de Chevalier de Méré, die Pascal en Fermat problemen leverde, maar meer en meer werd de waarschijnlijkheidsrekening de wetenschap, die de statistiek haar wiskundige grondslag zou geven. Dit gebeurde enerzijds door de Moivre, Jacob Bernoulli, Laplace en Gauss, die de twee voornaamste frequentiefuncties: de normale verdeling en de Bernoulliverdeling leverden en zelfs hun samenhang, en anderzijds de theorie van de kleinste kwadraten door Legendre, Gauss en Laplace.

De twee lijnen, die we bespraken: de oude statistiek, die bestond uit een louter registreren van feiten, en: de toepassing van wiskundige hulpmiddelen, die de moderne statistiek kenmerkt, convergeren in een figuur, een nationale figuur: de grote Belg Adolphe Quetelet (1796-1874), die door velen, zelfs door de kritische Keynes ⁵⁾ de vader van de moderne statistische methode wordt genoemd.

Quetelet was een veelzijdig man: bekwaam meetkundige, statisticus, sterrekundige, meteoroloog, climatoloog, onderzoeker van het aardmagnetisme en dichter.

Aan zijn stuwkracht is onder meer te danken de oprichting van het Belgisch Observatorium.

Deze man was getroffen door de wetmatigheden, die in de natuur optreden en die door statistisch onderzoek tot hun recht komen; hij was de uitvinder van de uitdrukking « gemiddelde mens » (*homme moyen*, want hij drukte zich in het Frans uit, al scheen deze Gentenaar ook Nederlands te kennen, althans hij vertaalde o.m. gedichten van Tollens ⁶⁾). De uitdrukking « gemiddelde mens » heeft in de loop der tijden veel stof doen opwaaien. Is de gemiddelde mens een ideaal wezen of een monster? De moderne statisticus zal zich wellicht verbazen over de passie, waarmee men zich over deze zaken opwond: gemiddelden zijn ons zo vertrouwd geworden, dat we weten, hoe veel en hoe weinig wij er van verwachten kunnen.

Quetelet onderzocht niet alleen fysische, maar ook morele eigenschappen. Vooral dit laatste was nieuw en hij werd getroffen door het feit, dat er niet alleen een regelmaat bestaat in de gemiddelde lengte, het gemiddelde gewicht, maar ook in morele eigenschappen, b.v. in het voorkomen van misdaden. Hij sprak van een « schrikbarende wetmatigheid » ⁷⁾. Hij zag een

⁵⁾ Keynes, *l.c.*, p. 334: « the parent of modern statistical method ».

⁶⁾ E. Mailly, Adolphe Quetelet. Biographie, p. 15. Brussel 1874.

⁷⁾ J. Belfroid, Les fastes de la mathématique belge. Etudes classiques VIII - 1939, p. 374.

sterke parallel in de regelmaat van alles, wat betrekking heeft op de mens, met de wetten van de physica. Een zijner werken hierover noemde hij dan ook « *Essai de physique sociale* » (1835).

Er wordt hem tegenwoordig wel eens verweten, te veel de nadruk te hebben gelegd op het constant zijn van dergelijke gemiddelden, en vooral zijn enthousiasme voor deze ontdekking en voor alle perspectieven, die de statistiek biedt nemen sommigen hem kwalijk. Men kan dit begrijpen van een man als Keynes, die zelfs uitdrukkingen als Wet van de Grote Getallen (de uitdrukking schijnt afkomstig te zijn van Poisson) te romantisch vindt. Keynes verwijt hem bijna zijn dichterschap: hij vreest, dat de statistiek nog niet salonfähig is en is beducht voor een smaakje van alchemie, van astrologie⁸⁾. Maar men moet zich in de tijd van Quetelet verplaatsen en hem dankbaar zijn voor zijn enthousiasme, waardoor deze nieuwe denkrichting bekend is geworden. Het is normaal en wellicht wenselijk, dat een ontdekker van nieuwe principes in zwart-wit ziet en desnoods overdrijft. De wetenschap kent hiervan vele voorbeelden, denken wij maar aan Freud bij het ontstaan van de psycho-analyse.

Aan de geestdrift van Quetelet danken wij onder meer zijn sterftetafel voor Brussel in 1825, en voor geheel België op grond van de volkstelling van 1830.

In 1833 heeft zijn invloed de instelling ten gevolge gehad van een sectie voor statistisch onderzoek van de Britse Associatie voor wetenschappelijk onderzoek. Wij zien dan reeds in 1834 de oprichting tot stand komen van de Royal Statistical Society, en in 1853 kwam onder de leiding van Quetelet het eerste Internationale Congres voor de Statistiek tot stand, dat werd gevolgd door vele andere in de meest verschillende plaatsen.

De verwijten van overdrijving, die men soms aan Quetelet richt zijn daarenboven onverdiend. Hij was de eerste, die wees op de moeilijkheid, objectieve statistische gegevens te krijgen, en er op aandrong, af te zien van zulke, die vervalst kunnen zijn door tegenzin of fraude⁹⁾. Dit is meer, dan men van menig tegenwoordig statisticus kan zeggen.

Hij wordt door Keynes¹⁰⁾ ook de eerste genoemd, die er de aandacht op vestigde, dat de foutenkromme slechts op een beperkt aantal fenomenen kan worden toegepast, dus geenszins een natuurwet is.

⁸⁾ Keynes, *l.c.*, p. 335.

⁹⁾ Mailly, *l.c.*, p. 22.

¹⁰⁾ Keynes, *l.c.*, p. 208.

Men heeft hier de gewone moeilijkheid, die optreedt bij de toepassing van de wiskunde op de praktijk: de wiskunde bedient zich van scherpe formuleringen, uitgaande van nauwkeurige hypothesen, zij dankt haar nauwkeurigheid aan haar armoede. De werkelijkheid is veel complexer, zij kan er dus geen volledig beeld van geven. Poincaré heeft eens gezegd: de wiskunde is de kunst, aan dingen die verschillen, dezelfde naam te geven. Dit is een zeer diep woord. Denken wij aan het begrip getal: oorspronkelijk: natuurlijk getal, later ook gebroken getal, nog later, n.l. 450 voor Christus ook irrationeel getal; rond 1600 ook negatief getal, nog in de 17^e eeuw ook complex getal, in de 19^e eeuw ook quaternionen en transfiniete getallen.

Ook in de statistiek worden zeer verschillende dingen in hetzelfde wiskundige schema gewrongen. Dit brengt altijd een vereenvoudiging mee, en het is de grote kunst, die zo te kiezen, dat de uitkomst bruikbaar is, dus een voldoende benadering van de werkelijkheid. Bijzonder moeilijk is dit, wanneer men zo ingewikkelde fenomenen wil beschrijven, als voorkomen bij levende wezens.

Quetelet heeft, met de gemiddelden en met de normale verdeling een eerste poging hiertoe gedaan, en was zich, zoals wij boven aantoonen, bewust van de begrenzingen van de methode.

Het is hier wellicht reeds de plaats, om te vermelden, hoe men in deze geest verder is gegaan tegenwoordig met de verfijnde steekproefmethodes, waar men grotere nauwkeurigheid bereikt door stratificatie, dus door deelmonsters te nemen met meer verwante eigenschappen, door ratio-estimates die het mogelijk maken met vroeger verkregen inlichtingen rekening te houden, door cluster-sampling, die meer rationele indeling van de steekproeven tot stand brengt, door de multistage sampling, die deze processen nog verfijnt.

Speciaal in België, zoals het past in het land van Quetelet, is in de laatste jaren op dit gebied veel verricht: nadat een werk van Directeur-Generaal Dufrasne de aandacht had gevestigd op het steekproefonderzoek, werd een wet gestemd, die de statistische diensten machtigt tot het inrichten van steekproeven en nog onlangs gaf het Nationaal Instituut voor de Statistiek een studie uit van een steekproefonderzoek toegepast bij de Belgische statistiek betreffende de landbouwarbeidskrachten.

Maar laten wij terugkomen op de kritische houding, waarvan Quetelet reeds in zijn tijd blijk gaf ten opzichte van de normale frequentieverdeling, die toch een eeuw lang bijna onbepaalde heerseres is gebleven. Bekend is de uitspraak van Lippman, die door Poincaré gemeengoed is geworden: « Ieder-een gelooft in de foutenkromme, de experimentatoren, omdat zij denken, dat

zij een wiskundig theorema is, en de wiskundigen, omdat zij denken, dat zij een experimenteel feit is ».

En inderdaad, sinds de Moivre een bijzonder geval bewees is op het gebied van de theorie een grote weg afgelegd: men denke aan het centrale limiettheorema voor gemiddelden.

De experimentatoren vonden inderdaad vele voorbeelden van toepasbaarheid, te beginnen met de verdeling van de lengte van de mensen. In vele gevallen zijn er zeker afwijkingen, in strenge zin natuurlijk altijd, maar zeer dikwijls zijn die afwijkingen niet zo groot, dat zij in de praktijk opwegen tegen het voordeel van bruikbaarheid van formules en tabellen. Dit wordt met een overstelpend materiaal bewezen door zovele onderzoekingen, vooral in het gebied van landbouw en industrie. Maar men gaf zich er meer en meer rekenschap van, dat de normale verdeling niet alles verklaart. Van 1837 reeds dateert b.v. de ontdekking van de Poissonverdeling, al werd die pas herontdekt door von Bortkiewicz omstreeks 1914 onder de naam van « wet van de kleine getallen ». In plaats van alleen het rekenkundig gemiddelde te beschouwen, onderzochten geleerden als Galton ook het geometrisch gemiddelde, wat Gumbel er toe bracht de lognormale verdeling naar Galton te noemen. Die geometrische gemiddelden hebben in de statistiek heel wat moeilijkheden gebracht. Zo bij de berekening van een gewogen indexcijfer, waar Irving Fisher ten onrechte invariantie er van eiste. Wagemann¹¹⁾ heeft, om hem te weerleggen, een Oosters sprookje moeten bedenken: Een wijze tovenaars komt daar tot sombere voorspellingen over toekomstige opbrengsten, zijn toverformules gebruiken geometrische gemiddelden.

Maar een wijze schaapherder met alleen maar gezond verstand stelt de koning gerust met gewogen rekenkundige gemiddelden.

Tegenwoordig zijn deze strijdpunten wel opgeklaard, en teruggebracht tot een transformatie van coördinaten: na een logarithmische transformatie is immers een meetkundig gemiddelde overgegaan in een rekenkundig. Dit neemt niet weg, dat deze transformatie met haar uitbreiding heeft gevoerd tot zeer uitgebreide toepassingen, in de biologie, pharmacie en geneeskunde; wij wijzen vooral op de biologische assay, wat men misschien zou kunnen vertalen door doseringswetenschap, waarin statistisch de invloed van verschillende dosissen van stimuli op verschillende subjecten wordt gemeten, b.v. geneesmiddelen, rattenverdelgsmiddelen, enz.

Men gebruikt in dit en verwante gebieden, behalve de logarithmische, tal van andere transformaties. Wij noemen de logistische transformatie bij groeikrommen, met de z.g. logits, ingevoerd door Berkson; maar vooral de

¹¹⁾ E. Wagemann, *Narrenspiegel der Statistik*, Hamburg 1935, p. 99.

zeer algemene *probit*transformatie, die willekeurige verdelingen terugbrengt tot de normale frequentiekromme. De naam *probit*, die probability unit betekent, is afkomstig van Bliss.

Maar reeds veel eerder had men de afwijkingen van de normale frequentiekromme systematisch bestudeerd. Dit gebeurde bijzonder succesvol door Karl Pearson met zijn criteria b_1 en b_2 voor de scheefheid en de welving van frequentiekrommen, die, wat wiskundigen als Wolfowitz er ook van zeggen, nog steeds van groot nut zijn. Pearson kwam met behulp er van tot zijn beroemde klassificatie van frequentiekrommen in een aantal typen, die de grote meerderheid omvatten van de in de praktijk voorkomende gevallen. Zijn theorie gaat slechts uit, en dat is het geniale er van, van een bijna simplistische discussie van de oplossingen van een zeer eenvoudige differentiaalvergelijking, waarbij hij steunt op momenten. Fisher ¹²⁾ merkte wel op, dat de momentenmethode reeds teruggaat op Bessel en Gauss, maar dit doet weinig af aan de verdiensten van Pearson. Elderton ¹³⁾ liet zien, met voorbeelden uit het actuariaat, hoe dikwijls ook in onverwachte maar *reële* gevallen, deze typen hun waarde behouden, b.v. bij J- en U-vormige frequentiekrommen.

Wij hebben terloops twee grote namen genoemd: Galton en Pearson, die wij niet zo kort kunnen voorbijgaan. Francis Galton (1822-1911) was geen wiskundige, maar anthropoloog en ook weerkundige. Men noemt hem de stichter van de eugenetica ¹⁴⁾. Door deze activiteiten ontstond zijn belangstelling voor de statistiek.

Aan hem dankt men de experimentele studie van de binomische verdeling, waartoe hij met Pearson toestellen samenstelde. Van hem is ook de naam «ogive» voor wat wij nu de cumulatieve normale frequentiekromme noemen.

Ook de eigenaardige term «regressie» is van hem afkomstig: Hij konstatte, dat, terwijl lange vaders gemiddeld lange zoons hebben, de kleinzons minder van het gemiddelde afwijken, en noemde deze teruggang naar het gemiddelde «regressie».

Het is wel merkwaardig, dat nu de regressie in de statistiek eerder het omgekeerde betekent.

Men dankt aan hem ook de correlatiecoëfficiënt, evenals de percentielen, inzonderheid de quartielen als middel voor de schatting van de standaarddeviatie. Pas veel later zou men ontdekken, dat deze hiertoe minder geschikt zijn wegens hun grote spreiding.

¹²⁾ R.A. Fisher, *Annals of Eugenetics*, 7, 4, 303 (1937).

¹³⁾ W.P. Elderton, *Frequency Curves and Correlation*, Cambridge, versch. drukken.

¹⁴⁾ *Encycl. Britan.*, artikel over Galton.

Eerst in 1946 zou Mosteller vaststellen¹⁵⁾, dat hiertoe het 7^e en 93^e percentiel het meest geschikt zijn. Merken wij op, dat nu trouwens nog andere methoden zijn uitgewerkt, die met vrij geringe vermindering van de efficiëntie, zeer vlug de standaarddeviatie doen schatten. Zo de methode van de range, die bij het gebruik van Shewartkaarten bij de fabriekscontrole zulke goede diensten kan bewijzen. De range is, zoals men weet het verschil tussen de grootste en kleinste in een steekproef verkregen waarde. Uit onderzoekingen o.a. van Egon Pearson blijkt, dat men met behulp hiervan, bij oordeelkundig gebruik, zeer gemakkelijk de standaarddeviatie kan berekenen. Weliswaar wordt bij al deze methoden verondersteld, dat men een normale verdeling onderzoekt.

Galton stierf in 1911 en vestigde bij testament aan het Londense University College een leerstoel in nationale eugenetica. In deze leerstoel werd benoemd zijn medewerker Karl Pearson, die tot dan professor was in de toegepaste wiskunde aan dezelfde universiteit. Het Galton Institute, dat nog steeds een der belangrijkste centra van activiteit is op het gebied van de statistiek, staat tegenwoordig onder leiding van zijn zoon Egon Pearson.

Karl Pearson (1857-1936) was een wiskundige van Cambridge; hij is meer dan 50 jaar professor geweest aan het Londense University College.

Wie Pearson zegt, denkt allereerst aan het belangrijke tijdschrift « Biometrika », dat in 1901 werd gesticht ten gevolge van moeilijkheden, die waren gerezen in zake publicaties in de Philosophical Transactions van de Royal Society, door controversen tussen Pearson en Bateson over het Mendelisme, controversen, waaraan de statistiek ten slotte veel te danken heeft gehad.

Maar Pearson deed meer: met zijn χ^2 -verdeling gaf hij ook een middel aan de hand om te zien, in hoeverre de experimenten overeenstemmen met een vooropgestelde theorie: de zogenaamde goodness of fit.

Wij kunnen niet alle punten noemen, waarop hij werkte, wij willen volstaan met het in herinnering brengen van de vele uiterst bruikbare tabellarische werken van zijn hand.

Karl Pearson had vele leerlingen, die de statistiek verder brachten. Wij denken aan Yule, lector in Cambridge, wiens boek zo lange jaren toonaangevend was, en waaruit het monumentale werk van M.G. Kendall, nu Kendall en Stuart, is gegroeid.

Wij denken ook aan de chemicus Gosset, met zijn beroemde *t*-verdeling of « Student »-verdeling, die zo belangrijk is geworden bij het vaststellen van betrouwbaarheidsintervallen, van significantietoetsen en, zoals hij zelf reeds vond, als toets voor het vaststellen van correlatie. Hij brak het gebied open voor de behandeling van kleine steekproeven. Zijn intuïtie bracht hem steeds

¹⁵⁾ F. Mosteller, Ann. Math. Stat. 17, 4, 377 (1946).

op het juiste spoor, ondanks zijn beperkte mathematische ondergrond. Dikwijls pas veel later vond men wiskundig bevredigende bewijzen.

Het is wel algemeen bekend, hoe de eigenaardige naam « Student » is ontstaan : Gosset was verbonden aan de Guinness-brouwerij in Dublin en een publicatieverbod moest er voor zorgen, dat alle vruchten van zijn wijsheid alleen in dit bier terechtkwamen. Vandaar zijn statistische publicaties onder de schuilnaam Student. Student bleef zijn leven lang zowel de statistiek als het bier trouw, later als brouwmeester van de Londense brouwerij Park Royal. Het werd de eerste brouwerij met een statistische afdeling.

Student was dus een verbindingsselement tussen zeer verschillende zaken, maar niet alleen op dit gebied. Hij was een even groot vriend zowel van Pearson als van Ronald Aylmer Fisher (1890-1962). En dit wil heel wat zeggen, als men weet, dat deze twee grote geleerden helaas een deel van hun kostbare tijd hebben besteed aan het uitwisselen van minder vriendelijke opmerkingen.

Niemand zal betwisten, dat Fisher de grote coryphee is van de statistiek. Zijn werk is van een ontzagwekkende omvang. Hij bracht nieuwe methoden en synthetiseerde oude.

Ofschoon Fisher een wiskundige opleiding had gehad, met schitterende successen in Cambridge, heeft hij, althans in zijn publicaties, zelden behoefte gehad aan grondig ingaan op theoretische wiskundige detailmoeilijkheden. Hij kon zich dit veroorloven door zijn feilloze intuïtie. Hij gaf de grote lijn en gaf ze juist. Maar sommige zijner werken brachten degenen, die alle wiskundige moeilijkheden, die onbehandeld bleven tot klaarheid wilden brengen, tot wanhoop. In zijn « Statistical Methods for Research Workers » met zijn ontelbare herdrukken in het bijzonder ontbreken niet alleen bewijzen, maar zelfs neemt hij niet de moeite te verwijzen naar zijn eigen artikelen, waarin hij soms bewijzen heeft gebracht.

Zoals Bliss ¹⁶⁾ opmerkt, zal de wiskundige telkens stoten op beweringen, die ogenschijnlijk geen andere steun hebben dan de intuïtie van Fisher, maar na ijverig bladzijde na bladzijde te hebben volgeschreven met berekeningen zal hij enkel maar tot de conclusie komen : « Fisher had gelijk ».

Een zijner verdiensten is het gebruik van meetkundige meerdimensionale beelden om in de statistiek voorkomende functies te behandelen.

Men meent soms de bijzondere geaardheid van de wetenschappelijke methode van Fisher te kunnen verklaren uit de manier, waarop hij de wiskunde leerde. Zijn gezichtsvermogen was zo slecht, dat hem reeds in zijn

¹⁶⁾ C.I. Bliss, *Biometrika* 18, 4, 438 (1962).

jonge jaren was verboden bij kunstlicht te werken. Hij leerde dan ook een groot deel van de wiskunde langs mondelinge weg.

Vanaf het begin van zijn loopbaan had hij bijzondere belangstelling voor de genetica, en in overeenstemming met zijn strijdvaardig karakter nam hij reeds onmiddellijk scherp positie tegen de, onder de invloed van Bateson, toen in Cambridge gangbare meningen. Hij bracht een verzoening tot stand tussen het Mendeliaans en het biologisch standpunt van die tijd. Hij gaf een statistische theorie van de evolutie. In een woord hij bracht dit gebied veel verder door zijn tweezijdige begaafdheid: zijn inzicht zowel op biologisch gebied als op dat der wiskunde.

Een mijlpaal in zijn leven is ook voor de ontwikkeling van de statistiek een mijlpaal geweest: zijn benoeming in 1911 door Russell tot statisticus aan het grote en uitgestrekte Engelse centrum voor landbouwwetenschap: Rothamsted, waar o.m. graanvelden staan, waarop sinds 1843 elk jaar graan is gezaaid, geoogst met de meest wetenschappelijke methoden, op ieder perceel met een eigen welomschreven vaste bemesting. Dit was een ideaal werkterrein voor Fisher, die er de proefveldtechniek tot de volmaakte hoogte bracht, die wij thans kennen. Dit heeft ten gevolge gehad, dat vele zijner statistische ontdekkingen, die nu hun toepassingen vinden in de meest verscheidene gebieden, het eerst de landbouw ten goede zijn gekomen. Wij denken in de eerste plaats aan de analyse van de variantie en aan het plannen van experimenten. Nu in alle gebieden gebruikelijke woorden, zoals « blok » herinneren aan de landbouwkundige oorsprong van deze methoden.

Een *hoofdgedachte* van Fisher is de volgende: om te bewijzen, dat b.v. een graansoort verbeterd is, moet men bij de statistische berekeningen *niet* uitgaan van het nieuwe verbeterde gemiddelde, maar van de *nulhypothese*, die inhoudt, dat niets veranderd is. Blijken dan de verkregen experimentele waarden onwaarschijnlijk ver hiervan te liggen, dan is er reden, de nulhypothese te verwerpen. Het gaat dus bij hem om bewijzen uit het ongerijmde. Fisher neemt tot ergernis van Lancelot Hogben, zeer scherp positie¹⁷⁾ door te verklaren: de nulhypothese wordt door de experimenten nooit bewezen of bevestigd, maar *wel* mogelijkerwijze weerlegd. Die nulhypothesen worden gebruikt in verband met *significantietests*, die aangeven, hoe groot een afwijking moet zijn, om afwijzing van de nulhypothese aanvaardbaar te maken, en ook in de *analyse van de variantie*, waar bepaalde schattingen van de variantie als zij zeer groot worden eveneens de nulhypothese onwaarschijnlijk maken.

¹⁷⁾ R.A. Fisher, *The Design of Experiments*, 5th Ed. (1949), p. 16.

L. Hogben, *Statistical Theory. An examination of the contemporary crisis in statistical theory from a behaviourist viewpoint*, p. 333 en 500 (1957).

Een *tweede principe* door Fisher doorgevoerd is het variëren van meer factoren tegelijkertijd: hij varieert b.v. zowel het stikstof- als het kalium- en het phosphorgehalte van de bodem. Dit in tegenspraak met de toen gangbare uitspraak van Russell, die voorhield: Stel de natuur maar één vraag tegelijk! Zo ontstonden de *factoriële experimenten*. De gedachte was volgens Yates¹⁸⁾ niet geheel onbekend, maar pas door het werk van Fisher werd zij bruikbaar.

Deze principes, verder aangevuld en uitgebreid, gaven een revolutie op landbouwkundig gebied en bleken later bruikbaar in de industrie, de openbare gezondheid, de geneeskunde, opvoedkunde, biologie, psychologie, kortom voor allerlei wetenschappelijke experimenten.

Wij herinneren aan de random-blocks, met alle verfijningen er van, zoals latijnse kwadraten, confounding en zoveel andere proefschema's, dat er tegenwoordig gehele boeken mee gevuld zijn.

Vooraf zijn *z*-toets, gekoppeld aan zijn eigenlijk meetkundig begrip van vrijheidsgraden maakten de analyse van de variantie tot een uiterst doelmatige werkmethode. Zijn *z*-verdeling werd in de praktijk vervangen door een meer bruikbare verdeling, die door Snedecor¹⁹⁾ ter ere van Fisher *F*-verdeling werd genoemd. Fisher heeft echter zelf die letter nooit willen gebruiken, maar omschreef ze als e^{2z} en noemde ze variance ratio²⁰⁾.

Door zijn definitieve afleidingen van de frequentiefuncties voor de variantie, de *z*, de χ^2 , de regressiecoëfficiënten, de *t*-verdeling, de gewone, de partiële en de multiëpele correlatiecoëfficiënt werd een stevige basis geschapen, waarop voortgebouwd kon worden, zodat men nu b.v. kan berekenen, hoeveel herhalingen nodig zijn om met een analyse van de variantie bepaalde verschillen te kunnen vaststellen.

Zeër belangrijk zijn de toepassingen van de correlatierekening in de economie, waar Tinbergen, de grondlegger van de econometrie, zijn boeken over « explanation » schreef, nu gevolgd door zovele anderen, die pogen de economische verschijnselen te verklaren en zelfs te voorspellen.

Ook de psychologen gebruiken deze methoden. Zij trachten hun experimenten door een aantal factoren te verklaren. Hun methoden stellen bijzondere eisen, aangezien bij hen deze « factoren » niet te voren bekend zijn, maar uit de verwerking van het experimenteel materiaal moeten worden opgespoord.

Het woord « factor » moet met omzichtigheid gebruikt worden, aangezien het verschillende betekenissen heeft. Het is een voorbeeld van de verwar-

¹⁸⁾ F. Yates, Biometrics, 18, 4, p. 445 (1962).

¹⁹⁾ G.W. Snedecor, Analysis of Variance and Covariance, Ames (1934).

²⁰⁾ Fisher and Yates, Statistical Tables, b.v. 4^e druk (1953).

ringen die kunnen ontstaan in een zo snel groeiende tak van wetenschap, die een trefpunt is van beoefenaars van zeer verschillende disciplines. Statistici, economisten, psychologen geven ieder een andere betekenis aan het woord als de twee betekenissen die in de wiskunde voorkomen, en elk van die betekenissen vindt men terug in de statistiek : n.l. respectievelijk :

in de statistiek : componenten in de analyse van de variantie bij factoriële experimenten ; in de economie : factoren, die een rol spelen bij berekeningen van indexcijfers ; in de psychologie de factoren in de regressieproblemen van de z.g. factoranalyse ; in de wiskunde de elementaire betekenis van het woord factor en ten slotte in verband met differentieproducten, b.v. in factoriële momenten.

Behalve de significantietoetsen is zeer belangrijk de zogenaamde *punt-estimatie* : hierbij wordt op grond van de proeven getracht, voor een bepaalde parameter, b.v. een gemiddelde, de beste aanvaardbare waarde aan te wijzen. Ook in dit gebied bracht Fisher klaarheid door zijn eisen te stellen : consistentie, efficiëntie, sufficiëntie en onvertekendheid of unbiasedness, een woord, waarvan de Engelsen zelf niet weten, hoe ze het spellen moeten ²¹⁾. Zijn *maximum likelihood* methode bracht hier schitterende uitkomsten.

Als derde geval blijft dan nog de *interval-estimatie*. Men weet n.l. niet precies waar de juiste theoretische waarde van de gezochte parameter (b.v. het gemiddelde) ligt. Maar men wil dan een interval aangeven, waarvan men kan bewijzen, dat die waarde een kans van b.v. 95 % heeft, er binnen te liggen.

Fisher spreekt dan van *fiducial interval*.

In dit gebied zijn grote theoretische moeilijkheden aanwezig, die verband houden met het ontgaan van de hypothese van Bayes. Deze hypothese houdt in, dat onbekende oorzaken als even waarschijnlijk zouden moeten worden beschouwd. Fisher heeft duidelijk de onhoudbaarheid van deze hypothese aangetoond door coördinatentransformaties toe te passen. Het is trouwens de reden, waarom hij, om niet van [waarschijnlijkheden van mogelijke waarden van de parameter] te moeten spreken, niet het woord « probability », maar « likelihood » gebruikt ²²⁾. Is hiermee echter deze zaak voldoende opgelost ? In deze moeilijke kwestie heeft Fisher veel kritiek gehad, vooral van Neyman en Egon Pearson, die het begrip likelihood in dit gebied ontgaan en het fiducial interval vervangen door het « confidence interval », waarin duidelijk geen sprake is van waarschijnlijkheden van niet bestaande parameterwaarden, dus van niet bestaande oorzaken.

²¹⁾ M.G. Kendall, The Advanced Theory of Statistics, II (1946), p. 4.

²²⁾ Men zou dit kunnen vertalen met : niet « waarschijnlijkheid », maar « voor-de-hand-liggendheid ».

Deze problemen hebben een hevige strijd ten gevolge gehad, die nog niet geheel geluwd is en nog ingewikkelder werd door het in het strijdperk treden van Jeffreys met een derde theorie. Hogben²³⁾ (hij spreekt van crisis) schreef er een boek van 510 bladzijden over en de discussie duurt voort. De moeilijkheid is steeds de toepasbaarheid van de wiskundige waarschijnlijkheid in de werkelijkheid: welke hypothesen acht men aanvaardbaar? Soms, b.v. Kendall en Stuart, *The Advanced Theory of Statistics II* (1961), p. 157, tracht men op logische gronden de fiducial theorie aan te vallen.

Maar ten slotte blijft bij de beoordeling van de aanvaardbaarheid van dergelijke conclusies op grond van statistische onderzoeken een subjectief element aanwezig. In die richting wijst het werk van de Finetti en Savage²⁴⁾, met zijn z.g. personalistisch standpunt.

Gelukkig geven het fiducial en het confidence-standpunt in het algemeen dezelfde uitkomsten, zodat de strijd grotendeels op theoretisch gebied blijft. Een uitzondering vormt het probleem van het vergelijken van twee steekproeven, waarvan de onbekende standaarddeviaties verschillend moeten worden geacht. Daar geeft de methode van Fisher-Behrens, die op fiduciële grondslag berust andere uitkomsten dan die van Welch, die op de gedachtengang van Pearson en Neyman steunt, maar die, evenmin als die van Scheffé, niet ten volle bevredigt. Nog steeds wordt in dit gebied verder gewerkt.

Stappen wij nu af van het gebied van de interval-estimation en wenden we ons weer tot het gebied van toetsen en vergelijken van hypothesen. Ook hier is door Pearson en Neyman grote vooruitgang gebracht.

Zij voerden uitdrukkingen in als fouten van de eerste soort (α), n.l. verwerpen van een hypothese, als deze juist is, en fouten van de tweede soort (β), n.l. aanvaarden van een hypothese, als deze onjuist is. Deze begrippen hebben in de kwaliteitscontrole een zeer grote rol gekregen onder de naam van respectievelijk: risico van de producent en van de koper.

Van zeer groot belang is hun begrip « power » of macht van een toets geworden: d.i. de kans geen fout van de tweede soort te maken; het is het complement van wat men in de kwaliteitscontrole OC-kromme (operational characteristic) is gaan noemen.

Hun pogingen, de beste kritieke zones aan te wijzen: die zones waarin de onderzochte hypothese moet worden verworpen, voerde hen tot een uitbreiding van het maximum likelihood principe: de likelihood ratio.

Dit principe voerde Wald weer tot zijn sequential analyse: een methode van kwaliteitsonderzoek, waar de omvang van de steekproef niet van te voren

²³⁾ L. Hogben, *l.c.*

²⁴⁾ L.J. Savage, *The Foundations of Statistics*, New York, 1954.

vast staat, maar zeer klein kan worden gemaakt, indien de te onderzoeken partij van zeer goede of van zeer slechte kwaliteit is. Het kan wellicht verduidelijkt worden met het voorbeeld van een examen : het examen van een zeer goede of zeer slechte student kan kort zijn, omdat de uitslag spoedig duidelijk wordt.

In deze sequentiële procedures komt wellicht meer dan in andere gebieden van de statistiek naar voren, dat de statisticus zich steeds voor een beslissing ziet geplaatst : hij heeft te kiezen tussen het risico een verkeerd besluit te nemen (immers een steekproef kan nooit zekerheid geven) en de kosten, die door verder voortgaan met de steekproef worden meegebracht.

Het kan dan ook niet verwonderen, dat Wald er toe kwam, een gehele theorie te ontwerpen, de decisietheorie, over het nemen van besluiten. Hij en vele anderen, b.v. ²⁵⁾ Lehmann beschouwen deze als de juiste grondslag voor de gehele statistiek. Niet allen zijn het hiermee eens : Kendall en Stuart ²⁶⁾ b.v. verzetten zich sterk tegen dit standpunt.

De weg tot dit gebied was geopend door de speltheorie, zoals deze was ontwikkeld in het belangrijke werk van von Neumann en Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behaviour*, Princeton (1944) en latere uitgaven.

Op grond van dit werk kwam Wald tot toepassing van de *minimax*-theorie, die veronderstelt, dat de tegenspeler altijd de voor ons nadeligste oplossing zal kiezen. Men zoekt dan welke tegenstrategie het minst nadelig is. In de statistiek is onze tegenspeler de natuur, en het is wat pessimistisch te veronderstellen, dat deze altijd ons nadeel zoekt. Het betekent immers, dat men nooit onder een boom zou mogen lopen, uit vrees te worden gedood door zijn val ²⁷⁾.

Men komt er daarom toe, rekening te houden, met wat men al weet over het gedrag van de natuur bij vroegere gelegenheden. Dit voert tot wat men Bayes-oplossingen is gaan noemen ²⁸⁾.

De principes van deze besluittheorie tracht men ten grondslag te leggen aan nieuwere statistische onderzoeken.

Wij zouden nog over grote domeinen moeten spreken : de tijdreeksen met auto. en cross-correlatie, met al het werk van economen en van Norbert Wiener met zijn Fouriertheorieën. Dit zou ons weer voeren tot de communicatie en informatietheorie in het algemeen en tot de school van Shannon met zijn algebraïsche of meer nog combinatorische methoden.

Ook hebben we nog geen woord gezegd over de niet-parametrische methoden, die trachten statistische gegevens te verwerken en vooral toetsen

²⁵⁾ E.L. Lehmann, *Testing Statistical Hypotheses*, New York, 1959, p. VII.

²⁶⁾ *I.c.*, II, 620.

²⁷⁾ Kendall & Buckland, *A Dictionary of Statistical Terms*, 1st Ed. (1957), p. 182.

²⁸⁾ A. Wald, *Statistical Decision Functions* (1950).

te geven, zonder een bepaalde verdelingsfunctie aan te nemen, dus ongeveer het tegendeel van de klassieke school, die soms zonder veel grond, de verdeling als normaal aannam. Zeer belangrijk is deze niet-parametrische methode in gevallen waar de gegevens wel volgens een schaal gerangschikt kunnen worden, maar zonder dat een vaste eenheid kan worden aangewezen, zoals b.v. bij het beoordelen van studenten, waar niemand zal durven beweren, dat de afstand tussen de waarderingscijfers 2 en 3 gelijk zou zijn aan die tussen b.v. 9 en 10. Nog sterker indien zelfs een rangschikking onmogelijk is, b.v. bij diagnoses, waar wordt ingedeeld in verschillende ziektesoorten, wat men *nominale* schalen noemt.

Hier zijn opmerkelijke resultaten behaald, die in sommige gevallen in efficiëntie weinig onderdoen voor de klassieke, wel parametrische toets, b.v. in het twee-steekproevenprobleem, waar de Kolmogorov-Smirnov-test en de U-test, die men ook Mann-Whitney-test en ook Wilcoxon-test noemt, weinig in efficiëntie onderdoen voor de klassieke *t*-test.

Ten slotte noemen wij nog een methode, waarin de statistiek wel een heel bijzondere triomf viert: de Monte-Carlomethode. De naam « Monte Carlo » stamt uit de oorlogsjaren. Het was een codenaam voor deze wijze van rekenen, die voor de strategie van belang was, die zelfs kan gebruikt worden bij berekeningen in verband met atoomdesintegratie. In deze methode roept de statistiek niet de wiskunde te hulp, maar worden de rollen omgekeerd: wanneer bepaalde berekeningen te langdurig of onmogelijk zijn, vangt men ze door statistische berekeningen.

Een zeer eenvoudig voorbeeld zou het volgende zijn: Stel men wil het oppervlak kennen van een vlakke figuur met zeer ingewikkelde rand. Men kiest nu willekeurig punten in een vierkant, dat de figuur omvat en dat natuurlijk een bekend oppervlak heeft. Door te tellen, hoeveel punten binnen de figuur liggen, hoeveel er buiten, kan men het oppervlak van de figuur bepalen.

Een zeer oud voorbeeld van toepassing van de Monte-Carlomethode, lang voor deze naam er voor bestond, is het naaldprobleem van Buffon. Hierbij laat men een naald met lengte 1 vallen op een papier, waarop evenwijdige lijnen met afstand 1 getekend zijn. De kans, dat een lijn door de naald gesneden wordt is $2/\pi$, zodat men door tellen van de uitslagen een benadering van π kan krijgen. Lazzerini moet met deze methode de waarde 3,1415928 hebben gevonden, dus de eerste 7 cijfers correct²⁹⁾.

²⁹⁾ Verdere bijzonderheden over dergelijke experimenten in L. Hogben, *l.c.*, p. 54. Dr. Hirschberg was zo vriendelijk mij mede te delen, dat zeer goede kritiek op zo « nauwkeurige » uitkomsten te vinden is bij J.M. Hamersley en K.W. Morton, Journ. Roy. Stat. Soc. B. 16 (1954), 75.

Ik heb getracht het gebied van de statistiek met haar ontelbare vrijheidsgraden ééndimensionaal in de tijd af te beelden. Zoals U weet kan zulk een afbeelding niet gelijkvormig zijn, nog minder congruent ; dit althans meen ik empirisch wel bewezen te hebben.

Laat ik besluiten met een uitspraak die ik, naar ik meen bij Fisher, een keer gelezen heb : In de statistiek gebruiken we soms een kanon om een mus te schieten, en schieten er dan nog naast.

H. FLORIN.

Behalve de reeds genoemde werken werden geraadpleegd :

- I. Todhunter, A. History of the Mathematical Theory of Probability, New York, 1949.
- R.A. Fisher, Contributions to Mathematical Statistics, New York 1950 met biografie door P.C. Mahalanobis.
- M.E. Smith, A Source Book in Mathematics, I, II, New York z.j.
- J.O. Irwin, Biometric Method, Past, Present and Future, Biometrics 15, 3 (1959) 363.
- G.U. Yule and M.G. Kendall, An Introduction to the Theory of Statistics, 13^e druk, 1948.

LES METHODES MODERNES DE TRAITEMENT DE L'INFORMATION ET LEUR INCIDENCE SUR LA STATISTIQUE DE DEMAIN

par D. HIRSCHBERG,
Université Libre de Bruxelles.

Mon exposé s'intitule « Les méthodes modernes de traitement de l'information et leur incidence sur la statistique de demain » et c'est dans cet ordre que je me propose de discuter ces deux aspects. Je n'ai pas l'intention de rappeler ici les principes du traitement de l'information ou d'en retracer les origines, je me limiterai plutôt à un examen des tendances actuelles et à un pronostic d'environ dix ans quant à leur développement futur. A plus courte échéance il ne faut sans doute pas s'attendre à des transformations radicales des habitudes de la statistique et dix ans paraissent par ailleurs l'extrême limite de ce que l'on peut prévoir dans un domaine aussi mouvant que le traitement de l'information. Ce que je dirai sera de toute façon entaché d'un double incertitude puisque je serai obligé d'extrapoler très loin des tendances récentes du traitement de l'information et d'en prévoir l'incidence sur les procédés de la statistique, sans autre base que des arguments de plausibilité.

Qu'entend-on exactement par méthodes modernes de traitement de l'information ? Il est sans doute plus aisé de répondre à cette question aujourd'hui qu'il y a deux ou trois ans, lorsque l'évolution était graduelle : il ne peut en effet s'agir actuellement que de la « troisième génération des ordinateurs ». Dans cette terminologie la troisième génération est celle des microcircuits, comme la deuxième était celle des transistors et des ferrites et la première celle des tubes à vide. Mais cette désignation décrit imparfaitement la nouvelle génération, puisqu'elle insiste sur l'aspect technologique somme toute secondaire alors que le progrès se situe principalement sur le plan de la conception et de la structure et se traduit par le déplacement de l'accent, des ordinateurs proprement dits vers les systèmes à traiter l'information considérés comme un tout.

Une des conséquences de ce changement d'attitude est qu'il n'est pas possible de comparer les performances des nouveaux systèmes avec celles des plus anciens en se basant sur des caractéristiques envisagées une à une. Je citerai néanmoins quelques ordres de grandeur comme indication du

chemin parcouru dans les dix dernières années. Pendant cette période la vitesse interne des ordinateurs a grosso modo centuplé de même que celle d'entrée et de sortie, qui est passée de dix mille à environ un million de caractères par seconde. La capacité de la mémoire a également augmenté d'un facteur de l'ordre de la centaine, qu'il s'agisse de la mémoire rapide accessible en un temps de l'ordre de la microseconde, passée de cent mille à dix millions de caractères ou qu'il s'agisse de la mémoire dite « lente », accessible en une fraction de seconde, dont la capacité a progressé de dix millions à environ un milliard de caractères. Ce qui précède se rapporte aux caractéristiques maxima des ordinateurs mais l'indice performance/prix a, lui aussi, centuplé, à condition de mesurer la performance d'une façon réaliste en termes de problèmes traités par exemple par mois plutôt qu'en termes d'instructions exécutées par microseconde. Ce bilan impressionnant montre incidemment combien une extrapolation à dix ans est dangereuse.

Deux raisons ont motivé cette révision fondamentale : le désir d'améliorer le rendement des centres d'ordinateurs traditionnels et l'avènement de nouvelles applications, dites « en temps réel », auxquelles je reviendrai dans quelques instants.

Le rendement d'un centre d'ordinateurs est une caractéristique globale, relative à toute l'unité, y compris le personnel. La difficulté fondamentale à surmonter est le déséquilibre entre le travail humain et la vitesse sans cesse croissante des machines.

C'est dans le domaine de la programmation que ce déséquilibre s'est manifesté en premier lieu. Le remède a consisté dans l'emploi de langages de programmation bien adaptés aux problèmes traités, faciles à manier par les programmeurs et d'une forte densité, en ce sens que peu d'instructions suffisent à la description d'un problème donné. En calcul scientifique on utilise couramment des langages de programmation proches du formalisme algébrique, principalement le Fortran et l'Algol et on estime que l'on parvient de la sorte à ramener les temps de programmation et de mise au point au dixième de leurs valeurs originales. Un autre avantage est la possibilité pour les ingénieurs ou les physiciens qui posent les problèmes d'écrire eux-mêmes les programmes ou du moins à participer activement à leur élaboration. Il est vrai que dans les applications administratives les langages de programmation synthétiques sont moins répandus, mais ils ont tendance à se généraliser et ils s'imposeront au fur et à mesure que les équipements deviendront plus puissants et les applications plus nombreuses et plus complexes. Les pro-

grammes rédigés dans des langages artificiels doivent être traduits automatiquement vers le langage de la machine pour pouvoir être exécutés, cette opération est la « compilation » des programmes.

Le deuxième aspect du déséquilibre homme-machine concerne l'exécution des programmes. Plus les machines sont rapides et plus la configuration de leurs unités est complexe, plus il devient difficile et finalement impossible à un opérateur humain de les gérer avec un rendement acceptable, en évitant l'inaction de certaines unités par suite de l'absence de données ou de consignes. Cette surveillance continuelle ainsi que l'alimentation et la répartition permanente des tâches doit être confiée à un programme de gestion, appelé moniteur ou programme opérationnel.

Dans les deux cas l'ordinateur est chargé de tâches qui initialement incombaient au personnel du centre de traitement de l'information : gestion de la machine ou écriture des programmes en langage machine, cette dernière activité étant remplacée par la « compilation ». La structure des premiers ordinateurs était déterminée par leur tâche primaire, à savoir le traitement des données. Les tâches secondaires se sont progressivement greffées sur cette structure sans beaucoup l'affecter. La nouvelle génération, en revanche, a été conçue en fonction de tout l'éventail de ces travaux primaires et secondaires, avec le souci de maximiser le rendement global.

L'autre considération qui a conduit à repenser la structure des systèmes à traiter l'information est l'avènement des applications « en temps réel », applications qui se situent dans le contexte de l'activité de production des entreprises. Jusqu'ici les ordinateurs assuraient en effet la mécanisation des bureaux d'étude et des départements administratifs mais le flux d'informations qui conditionne la production à tout instant leur échappait presque totalement. A présent les constructeurs des systèmes à traiter l'information s'attaquent énergiquement à ces problèmes, aussi bien dans le domaine de la production industrielle que dans celui de la production de services.

Ces problèmes de production présentent la particularité de se passer « en temps réel », autrement dit dans le temps physique, qu'il faut bien distinguer de la variable « t » des mathématiciens dont l'échelle et l'origine peuvent être modifiées à souhait. Un système en temps réel opère en liaison directe avec un processus dynamique et il doit réagir avant que celui-ci ne franchisse certaines limites. Un tel système est soumis à un flux aléatoire d'informations et de demandes de service provenant d'un grand nombre de terminaux dispersés à travers l'entreprise, ces demandes devant souvent être satisfaites quasi instantanément, avec des délais de l'ordre de la seconde. Le

traitement de l'information se complique ici de problèmes de télécommunications et de trafic et un programme opérationnel perfectionné est indispensable pour gérer le système.

Les premières applications en temps réel étaient d'ordre militaire, la première application civile a été la réservation à distance de places dans les avions, mais à l'heure actuelle presque tous les secteurs économiques sont représentés dans les études en cours. Trois systèmes en temps réel au moins fonctionneront en Belgique en 1966, deux dans la sidérurgie et un système dans l'industrie du verre. Plusieurs études se trouvent à l'état de projets ou d'avant-projets et dans quelques années cette évolution englobera les banques, les grands magasins, les hôpitaux, les services publics, etc. Il va de soi que les systèmes en temps réel assimilent des flux d'informations beaucoup plus importants que les systèmes traditionnels. Ce fait, ajouté à l'accroissement « naturel » du nombre d'ordinateurs permet d'estimer que vers 1975 le flux d'informations soumis au traitement automatique aura au moins centuplé par rapport à sa valeur actuelle.

Quelle sera l'incidence de cette intensification et de cette généralisation sur les méthodes de travail de la statistique, c'est ce que je voudrais examiner à présent. Je ne parlerai pas de statistique mathématique non pas que j'en sous-estime l'intérêt, mais par ce qu'elle ne présente pas de difficultés particulières du point de vue du traitement de l'information. Les calculs auxquels on est conduit, d'ailleurs souvent des variantes d'algorithmes classiques d'algèbre linéaire, peuvent être résolus par presque n'importe quel ordinateur actuel, compte tenu de leurs dimensions relativement modestes. Je me limiterai à la statistique dite « descriptive » et je m'intéresserai surtout aux problèmes que rencontrent les instituts de statistique nationaux, confrontés avec le rassemblement et le traitement de données très nombreuses.

Quelle a été jusqu'ici l'influence réciproque de la statistique et du traitement automatique de l'information ? On sait que la carte perforée a été inventée par Hollerith en vue de recensement de 1890 de la population des Etats-Unis mais on constate que la statistique a assez rapidement perdu ce caractère de moteur du traitement de l'information qu'elle avait possédé initialement. Ce rôle a été repris par la gestion administrative, le calcul scientifique et récemment par les problèmes de production, comme je viens de l'indiquer. La statistique a en revanche bénéficié des progrès généraux du traitement de l'information. Les ordinateurs électroniques notamment lui ont permis de réduire le coût des travaux, d'améliorer leur qualité, de les accélérer et d'en accroître le nombre et l'importance.

La liste des travaux réalisés actuellement par exemple à l'INS est éloquente à cet égard. Elle comprend des recensements généraux extrêmement volumineux et des applications périodiques à grande échelle comme les statistiques du commerce extérieur et des transports, qui exigent le dépouillement mensuel d'un demi-million de documents douaniers.

A cela s'ajoutent des statistiques diverses, industrielles, agricoles, sociales, démographiques, financières, etc. La même impression se dégage de l'examen des travaux des instituts d'autres pays ou de ceux des organismes internationaux. Pour fixer les idées je prendrai comme exemple l'application périodique la plus volumineuse de l'office de statistique des Communautés Européennes, à savoir l'élaboration trimestrielle des tableaux analytiques du commerce extérieur.

Il s'agit non seulement de la publication qui porte ce nom mais d'un ensemble de travaux plus vaste. Dans cette application on s'est principalement attaché à réduire le délai total et on a pu le ramener à environ six mois. Les données de base correspondent à environ 50 millions de caractères par trimestre. Près de 30 % arrivent sur cartes, le reste sur bandes magnétiques. Ces données sont conformes aux normes de chaque pays et ne sont pas standardisées. La sortie finale comporte de l'ordre de 150 millions de caractères dont 10 % environ sont publiés, le reste sert à des fins de vérifications éventuelles. Les opérations comprennent des contrôles d'exactitude des données, la traduction des codes nationaux en codes standards, des calculs de conversion d'unités et de totalisation et finalement l'impression de listes et de tableaux. La publication elle-même se fait par reproduction des listes en off-set.

Pour réaliser ces tâches les Instituts de Statistiques disposent d'équipements comparables à ceux des services mécanographiques des grandes entreprises, mais leurs problèmes sont plus volumineux et les données plus difficilement accessibles. Il ne faut donc pas s'étonner de ce que les applications statistiques soient souvent plus lentes et moins intégrées que celles qui ont trait à la gestion des entreprises. Ceci préoccupe beaucoup les responsables : au delà d'un délai critique qui dépend du phénomène envisagé les résultats statistiques cessent en effet d'être des éléments de décision et deviennent de simples enregistrements historiques. Mais il ne suffit pas d'accélérer le traitement proprement dit, il faut également agir sur l'acheminement des données et c'est là que l'évolution future du traitement de l'information jouera sans doute un rôle essentiel.

La statistique n'a certainement pas besoin des temps de réponse de l'ordre de la seconde, que permettent d'atteindre les systèmes en temps réel. Le béné-

fice que la statistique tirera de la généralisation de ces systèmes sera surtout indirect. Comme toutes les informations auront été enregistrées à la source à des fins d'exploitation immédiate, il sera aisé de se procurer celles qui intéressent l'institut de statistique, rapidement, à peu de frais et avec un taux d'erreurs très bas.

Des sources particulièrement importantes pour les instituts de statistique sont les services administratifs de l'Etat. Là aussi on cherche à mécaniser au maximum la gestion quotidienne. Les moyens techniques actuels permettent d'envisager une solution en temps réel pour l'ensemble d'un pays. Mais au préalable, il faut créer un fichier national contenant la liste de tous les habitants et de toutes les entreprises, codés de façon à ne laisser subsister aucune ambiguïté de désignation. Quand un tel système fonctionnera, les services de statistique disposeront d'un inventaire démographique et économique permanent et détaillé. Il leur sera possible de structurer automatiquement ces données selon des critères particuliers en fonction des problèmes qu'ils auront à résoudre. La procédure lente et coûteuse qu'est la prise d'informations nouvelles par voie d'enquête s'imposera de moins en moins et lorsque de telles enquêtes s'avéreront indispensables, le fichier national sera utile, comme système de référence.

Voilà comment par l'accélération des travaux et la constitution de véritables banques d'informations avec mise à jour permanente les progrès du traitement de l'information permettront à la statistique de vaincre graduellement les obstacles matériels qui l'empêchent d'être un instrument de décision parfaitement adapté à la gestion des affaires publiques. Il serait présomptueux de prédire que cette évolution aboutira avant 1975, mais on peut estimer qu'elle aura considérablement progressé à cette époque.

AANWENDING VAN DE STATISTIEK IN HET BEDRIJFSLEVEN

L. COOSEMANS
Fabrimetal

Inleiding

Bedrijfsbeleid veronderstelt informatie omdat op elk niveau beslissingen moeten worden genomen en rationele beslissingen voorlichting veronderstellen.

Het nemen van een beslissing vergt voorbereiding: het juist stellen van het probleem, zijn analyse tot het vaststellen van de mogelijke alternatieven, en hun eventuele gevolgen. De beslissing blijft dan beperkt tot het kiezen van die oplossing welke het best het gestelde objectief benadert. Daarna komt de uitvoering en zo nodig de controle. De informatie vormt dus de basis van elke beslissing.

« L'ignorance des faits entraîne l'ignorance des causes » schreeft Fourastie en men mag er aan toevoegen « l'ignorance des faits entraîne l'ignorance des conséquences ». Dit blijft in het bedrijfsleven een harde waarheid.

De noodzakelijkheid aan informatie is sedert de jongste decennia, ten gevolge van de toenemende complexiteit van het economisch bestel, zo dringend geworden dat door haar omvang de bedrijfsvoorlichting onoverzichtelijk dreigde te worden. Nieuwe methodes dienden te worden aangewend. De eis van een steeds groeiende efficiency veronderstelt een zo snel en zo volledig mogelijk doorlichten van de toestand en de evolutie van het bedrijf.

Op dit gebied van het bedrijfsbeleid is de *informatie in kwantitatieve vorm* een steeds belangrijkere rol gaan spelen. De « taal der cijfers » is immers op vele gebieden universeler dan de gesproken taal. Zij biedt de mogelijkheid haar te onderwerpen aan wiskundige en statistische bewerkingen. Deze laten toe op een meer efficiënte wijze de informatie te beoordelen en te analyseren en aldus ten nutte te maken voor de doeleinden waarvoor de bedrijfsleiding ze nodig heeft.

De bedrijfsstatistiek dringt zich gedurende de laatste tien jaar meer en meer aan onze middelgrote en grote ondernemingen op. Zoals de macro-economische statistiek zich sedert langere tijd gericht heeft op het opstellen van een samenvattende beschrijving van het sociaal en economisch leven, ontstaat ook bij de grotere ondernemingen de behoefte een overzicht van het bedrijfsgebeuren op een statistische basis te bekomen.

Hierbij worden de verschillende objecten van de bedrijfsstatistiek zoals marktstudie, wijze van distributie, investeringsonderzoek, niet meer geïsoleerd doch wel in hun samenhang beschouwd. Tevens komen planning en controle meer en meer op de voorgrond te staan.

De voornaamste opdracht van de statistiek, in het kader van het bedrijfsbeleid, moet er steeds in bestaan bij gewichtige beslissingen, in min of meer onzekere situaties, het beste alternatief te vinden en te verantwoorden. Dergelijke doelstelling verklaart het ontstaan van het streven naar nieuwe disciplines, nl. het operationeel onderzoek en management science.

Vooraleer dieper in te gaan op de « Aanwending van de statistiek in het bedrijfsleven » lijkt het nuttig even stil te blijven staan bij de eerste kwantitatieve beschrijving van het bedrijf dat reeds over een eerbiedwaardige traditie beschikt en uitgegroeid is tot een vrij goed sluitend systeem van informatie : de *boekhouding*.

De boekhouding geeft betrekkelijk snel een overzicht van het bedrijf en zijn evolutie. Zij is kwantitatief en laat een behoorlijke controle toe ; zij vormt tevens een soliede basis ter berekening van het bedrijfsresultaat en meestal ook van de kostprijs en de kostenevolutie.

Tegenover deze eigenschappen staan enkele nadelen :

- zij registreert praktisch alle gegevens in geldtermen, waaruit, gezien de prijsfluctuaties, het moeilijk is de reële evolutie af te leiden ;
- zij globaliseert de gegevens en laat de opstelling van frequentieverdelingen niet toe ;
- bij het opstellen van ratio's of bij bedrijfsvergelijkende studies levert zij enkel het basismateriaal ;
- zij registreert enkel wat voorbij is, zodat zij hoe snel zij ook werkt, steeds iets ten achter is. De budgettering tracht dit laatste bezwaar evenwel te ondervangen.

Op deze gebieden zijn de mogelijkheden van de statistiek groter dan die van de boekhouding. De statistische methodes zijn bovendien elastischer, zij kunnen beter en sneller dan de boekhouding zowel de regelmatigheden als de anomalieën van het bedrijfsgebeuren aangeven. De statistiek speelt dus een aanvullende rol en bezit tevens een vervangingsfunctie en met de snelle ontwikkeling van de statistische machines vervaagt in de grote ondernemingen de scheiding tussen boekhouding en statistiek meer en meer.

Van het begrip bedrijfsstatistiek bestaat nog geen geijkte definitie. De belangrijkste problemen die in een bedrijf het aanwenden van statistische gegevens en methodes vereisen kan men in twee grote categorieën indelen :

deze die de relaties van de onderneming met de externe wereld beschrijven en deze die in verband staan met het intern beheer van het bedrijf.

Tot de eerste categorie behoren o.a. :

- het vaststellen van de verkoopprijs, de studies betreffende het lanceren van nieuwe produkten, het marktonderzoek en de bedrijfsvergelijking.

Tot de tweede o.a. :

- het voorraadbeheer, de controle van de produktie naar rendement en kwaliteit, de organisatie en de controle van de distributie, de keuze der investeringen, de hernieuwing en het onderhoud van het materieel, de kostprijsvermindering, de personeelskwesties, de bedrijfscontrole, de statistisch-economische informatie in het bedrijf.

De hierna bondig besproken voorbeelden geven een beperkte illustratie van de aanwendingsmogelijkheden van de statistiek in het bedrijfsleven. Hun diversiteit bewijst dat voor elk probleem, een studie waardig, een verantwoorde oplossing kan worden gevonden welke altijd te verkiezen is boven deze die ons door de intuïtie wordt ingegeven.

Relaties tussen de onderneming en de externe wereld

A. — *Vaststellen van de verkoopprijs.*

Het vaststellen van de verkoopprijs van de vervaardigde produkten is een belangrijke aangelegenheid, omdat het in een grote mate het zakencijfer en de winst determineert. De keuze wordt door twee grenzen bepaald, namelijk de kostprijs en de concurrentieprijs.

1. *Vaststellen van de verkoopprijs van een elektrisch huishoudapparaat.*

Volgend eenvoudig voorbeeld is getrokken uit een studie opgemaakt voor de Société Frigéco onder de titel « Etude du prix psychologique optimum d'un réfrigérateur de 160 à 180 litres ».

Door middel van interview werd getracht de reacties van mogelijke kopers na te gaan. De ondervraagde personen werden verzocht een prijsinterval aan te geven waarin de prijs gelegen is die zij wensten te betalen bij de aanschaffing van een koelkast van genoemde inhoud.

De gegevens werden voorgesteld in een frequentietabel welke toeliet te bepalen bij welk prijsinterval de vraag het grootst was.

2. *Bepalen van kwantiteitsristorno's.*

Een onderneming uit de voedingssector welke zich tot kruideniers, brood- en pasteibakkers richt bood haar produkt tegen een uniform tarief aan, onaf-

hankelijk van de bestelde kwantiteiten. Een niet onbelangrijk aantal detail-listen weigerde na verloop van tijd hun bestelling verder door te geven. De totale verkoop bedroeg ongeveer 130 ton en liet een brutowinst van 2,1 miljoen F.

Men besloot dus over te gaan tot een prijsverlaging onder de vorm van kwantiteitsristorno's. Hoe hun grootte bepalen en welke invloed zouden zij uitoefenen op het zakencijfer en op de winst? Doorgaans wordt een dergelijke verlaging arbitrair bepaald. De oplossing werd hier gevonden dank zij de uitvoering van een steekproefonderzoek bij de cliënteel ⁽¹⁾.

De steekproef was van het gestratificeerde type en de stratificatie geschiedde op basis van de gegevens van de verkoopstatistiek van de onderneming namelijk de belangrijkheid van de klant. Het aantal te prospecteren klanten — ook de vroegere — werd op een paar honderd bepaald die volledig willekeurig werden gekozen nochtans rekening houdend met hun geografische spreiding.

En beperkt aantal vertegenwoordigers van de onderneming hebben zich onder de meest normale omstandigheden tot het geprospecteerd cliënteel gewend :

- om de bestellingen op te tekenen tegen de vigerende voorwaarden,
- om te vragen hoeveel zij zouden bestellen indien de prijs 2 F, 4 F, enz. tot 8 F per kilogram zou dalen. Voor zover natuurlijk een voorafgaand positief antwoord werd bekomen.

Het onderzoek wees uit dat prijsverminderingen tot en met 4 F per kilogram een verhoging zowel van het zakencijfer als van de winst meebrachten, veranderlijk natuurlijk naargelang de vooropgestelde kwantiteitsdrempels die voor ristorno vatbaar zijn. Grotere ristorno's veroorzaakten geen verhoging meer van de winst.

Er werd verwacht dat de verkoop met ongeveer 50 % zou stijgen en de globale winst met bijna 30 %, mits toepassing van de volgende ristorno's :

- 2 F voor de bestellingen van 10 tot 39 kg,
- 4 F voor de bestellingen van 40 kg en meer.

Het degressief tarief werd ingevoerd met het gevolg dat, zoals vooropgesteld, de vraag gevoelig is gestegen, bijzonder langs de zijde van de vroegere cliënteel die terug effectief is geworden.

⁽¹⁾ « Comment calculer un barème dégressif, un système de ristournes », door E. Ventura. - *Revue Française de Recherche Opérationnelle*, 4^e trim. 1961, n° 21.

3. Bepalen van de catalogusprijs van een assortiment.

Hoe kan men best de catalogusprijs van een gamma verbruiksartikelen vaststellen? In het algemeen staat de handelsdirectie voor een dilemma. Worden de prijzen te hoog vastgesteld dan zal de verkoop dalen, het aandeel op markt verminderen en de winsten verkleinen. Worden de prijzen te laag gesteld dan zal de verkoop waarschijnlijk toenemen, maar de winst per verkochte eenheid inkrimpen en ook in dit geval de globale winst uiteindelijk verminderen.

Daarenboven kan de bedrijfsleiding bepaalde objectieven nastreven, zoals het behouden van een zeker aandeel van de markt, zelfs indien de kostprijzen hoger uitvallen dan deze van de concurrentie, ofwel een deel van de markt trachten te veroveren dat tot hiertoe niet werd bereikt. Deze laatste criteria kan men als divergente criteria aanzien tegenover het criterium van de winst-maximisatie en laten wij dus buiten beschouwing.

Dergelijk probleem kan langs statistische weg worden benaderd voor zover men beschikt over de volgende gegevens en dit voor verschillende opeenvolgende jaren :

- de eigen verkopen volgens artikelenreeks wat toelaat de gewogen gemiddelde catalogusprijs te bepalen ;
- de catalogusprijs van de concurrentie ;
- de gemiddelde verkoopprijs van de bedrijfstak volgens de officiële of de professionele statistiek ;
- de verkoopsvoorwaarden van de concurrentie ;
- de eventuele kwaliteits- of gebruiksverschillen, zodat men verbeterde prijsreeksen en overeenstemmende gebruiksnuutheidsreeksen kan aanleggen.

Op basis van deze gegevens kan men door regressie-analyse de verhouding zoeken tussen de twee determinerende variabelen, de « catalogusprijs » en de « gebruiksnuutigheid » van ieder model van iedere constructeur alsook van algemene positie van de eigen onderneming tegenover de algemene positie aan de sector en alle concurrenten en desnoods de gewenste maatregelen treffen.

Een dergelijke studie werd door een belangrijke Belgische firma uitgevoerd, tevens met het doel van een groter deel van de markt te veroveren. Uit de bekomen resultaten werden de volgende consequenties getrokken : het gezondmaken van het distributienet door vermindering van het aantal verdelers en verbetering van hun opleiding, het invoeren van een psychologische maar tevens meer geboden prijspolitiek, het verlagen van de prijs van de zgn. « populaire produkten » samen met een stabilisatie en zelfs een lichte prijsstijging van meer luxueuse apparaten.

Sedert 1960 steeg het aandeel op de markt van deze onderneming van 20 % tot 35 %.

Het toepassen van een dergelijke werkwijze laat tevens toe een min of meer verfijnde analyse te maken van de houding en de evolutie van de concurrentie.

B. — *De bedrijfsvergelijkingen*

Een van de permanente taken van de bedrijfsleiding bestaat erin het rendement van het productieproces en de andere bedrijfstactiviteiten aan controle te onderwerpen. Deze laatste is doorgaans gefundeerd op een vergelijking in de tijd van gelijkaardige gegevens, en de waarde van een dergelijke controle is des te belangrijker indien zij tevens de vergelijking onderstelt tussen gegevens getrokken uit het eigen bedrijf en gelijkaardige gegevens van buiten uit.

De methode van de bedrijfsvergelijkingen beantwoordt aan deze behoefte, en is zo bekend dat, in het kader van onze uiteenzetting, de theoretische kant van haar toepassing buiten beschouwing kan worden gelaten, alhoewel men toch mag vermelden dat voor menige onderneming het meewerken aan een of andere bedrijfsvergelijkende studie een verandering, een aanpassing noodzaakt van haar boekhoudkundige en statistische werkwijzen, om samen met de anderen het beoogde doel volledig te bereiken.

De bedrijfsvergelijking levert doorgaans onverwachte resultaten op; vaak laat zij grote verschillen uitkomen wat betreft de kostprijsselementen, de rendementen en andere gegevens en men bemerkt dat deze afwijkingen van uiteenlopende aard zijn. Anders gezegd, het beste bedrijf is niet altijd het best gerangschikt en alhoewel deze afwijkingen zich meestal compenseren heeft men er nochtans belang bij ze individueel te beschouwen. In elke onderneming zal de bedrijfsvergelijking de zwakke plekken aanduiden waarop men dient te ageren om de kosten te verminderen en het rendement te verhogen.

De bedrijfsvergelijking veronderstelt een neutraal organisme om de ganse studie te leiden en meer nog om een geest van collegialiteit onder de deelnemers te scheppen: zij maakt een uitgelezen actieterrein uit voor de bedrijfsorganisaties.

Daarom halen wij het voorbeeld aan van de collectieve bedrijfsvergelijkende studies die sedert jaren wordt doorgevoerd door de « Belgische Vereniging van Fabrikanten van Huishoudelijke Verwarmings- en Kookapparaten ». In het speciaal nummer van de « Maandelijkse documentatie », april 1962

van de Belgische Dienst voor Opvoering van de Productiviteit beklemtoonde dienaangaande de Heer G. Martin, voorzitter, afgevaardigd beheerder van de Usines et Fonderies Nestor Martin, N.V., wat volgt :

« Er zal wel geen rationeler, geen sprekender bewijs te vinden zijn dan » dit experiment dat, in zich, alle gegevens van een corporatie verenigt », en verder :

« De directeur is er in geslaagd de nijveraars tot een daadwerkelijke » samenwerking te brengen ten einde de meest vertrouwelijke cijfers te » bekomen en aldus deze nijveraars in staat te stellen hun eigen positie in » de statistieken te kennen, zonder meteen de positie van hun collega's te » verraden. Dergelijke geest van saamenhorigheid kan alleen maar de actie » van de ganse branche ten goede komen. Zowel de sterke als de zwakke vindt » hierin voortdurende een stimulans voor zijn eigen bedrijvigheid. »

Indien wij voor alle verdere informatie naar voornoemde brochure mogen verwijzen, schijnt het ons niet zonder belang enkele gebieden op te sommen waarop deze bedrijfsvergelijkende studies betrekking hebben gehad en nog slaan.

- het maandelijks uitwisselen, sedert meer dan 10 jaar, van gewone statistische gegevens over de leveringen in aantal en waarde van een dertigtal type-apparaten. Om de drie maanden worden de resultaten collectief besproken. Buiten het beter aftasten en zich aanpassen aan de markt, het gaat immers om een sector waarvan de produktie dicht bij de verkoop ligt, werd o.a. bereikt dat ondernemingen uitgerust voor de grote serie-fabricage aan de produktie van deze apparaten hebben verzaakt waarvoor de markt maar een kleine capaciteit vertoont. Daarentegen hebben de kleinere werkplaatsen, juist voor dit soort produkten en omdat zij op de kleinere serie zijn afgestemd, hun mogelijkheden zien vergroten.
- vanaf 1955 worden regelmatig analyses en vergelijkingen doorgevoerd van de verschillende elementen van de kostprijs en de werktijden in de afdelingen « gieterij ». Stippen wij aan dat naar het concept van de promotor het meer een statistische studie betreft dan wel een zuivere boekhoudkundige. De resultaten van de enquêtes laten grote afwijkingen zien, bvb. wat betreft de kostprijs per kg goede stukken of ook nog het aantal manuren per ton produktie waardoor het belang van de analyse werd belicht wat betreft het opsporen van de technische produktiviteit en van de daarvoor nodige financiële onderlinge verhoudingen.
- bedrijfsvergelijkende enquête over de kosten van het wegvervoer.
- opstellen van ratio's of kengetallen zowel wat betreft de structuur, het functioneren als de financiële resultaten van de individuele firma's.

Hoe belangrijk de verdiensten ook zijn van de meeste bedrijfsvergelijkende studies, moet men nochtans aanstippen dat, in het algemeen, maar een deel van de gevraagde firma's medewerken zodat men zonder meer niet mag spreken van een volledig representatief monster, euvel waaraan de meeste statistieken van de bedrijfsgroeperingen lijden alsook dat typische statistische methodes maar weinig worden aangewend.

C. — *Marktonderzoek*

Het bedrijfseconomische marktonderzoek vormt een soort tussengebied, gelegen op de grens van de interne en van de externe bedrijfsstatistiek.

Teneinde de toestand, de evolutie en de vooruitzichten van de markt te kennen, dus in het bijzonder van de vraag, dient men allerlei prospectiewerk te verrichten zowel van alle beschikbare gegevens als deze die door een speciale enquête werden bekomen om aldus door observatie, vergelijking en analyse een « Marktbeobachtung » of een « Marktforschung » te realiseren.

Het doel van dergelijke marktonderzoekingen is natuurlijk het schatten van de bestaande vraag, naar intensiteit en volume, dus van de afzetmogelijkheden van goederen en diensten, alsook van de waarschijnlijke evolutie in een min of meer nabije toekomst.

Marktonderzoek kan zich onder verschillende vormen voordoen naargelang de aard van de goederen of diensten, de beschouwde of betrokken cliënteel, de duur van de previsie alsook de kwaliteit van de beschikbare of bekomen kwantitatieve en kwalitatieve gegevens. Daarom beperken wij ons tot enkele zeer algemene theoretische en praktische beschouwingen.

Voorbeelden van eenvoudige marktobservatie zijn legio. Benevens de reeds vroeger aangehaalde bedrijfsvergelijkende statistiek van de leveringen in de sector der kachelmakerij, zijn de meeste statistieken opgemaakt door de bedrijfsgroeperingen erop afgestemd. Een buitengewoon uitgewerkt systeem van kwantitatieve informatie werd dienaangaande gerealiseerd door het « Verein Deutscher Maschinenbauanstalten » uit Frankfurt/Main. Regelmatig en ten minste om de drie maanden bekomen de bij deze organisatie aangesloten machinebouwondernemingen o.a. voor een duizendtal produkten of produktengroepen de gezamenlijke gegevens over de nationale produktie, de afzet, de in- en uitvoer, alsook over de bestellingen en de orderpositie. Deze statistische studies worden dan nog vervolledigd door diepgaande onderzoekingen van de toestanden en de evolutie van de vraag en de concurrentie op verschillende buitenlandse markten. Eens per jaar wordt tevens een « Statistisches Handbuch » uitgegeven.

De betrokken ondernemingen kunnen de bekomen gegevens niet enkel direct gebruiken maar ze ook onmiddellijk en systematisch verwerken.

Meer doorgedreven marktstudie, zoals de marktanalyse, steunen op twee belangrijke methodes die gelijktijdig kunnen worden aangewend :

- de econometrie die essentieel de toekomst tracht te peilen op grond van in het verleden waargenomen verschijnselen en de als gekend aangenomen ontwikkeling van de verklarende factoren van de evolutie ;
- de steekproefenquête die erop gericht is de opinie en de gedragingen te kennen van een aantal gebruikers of verbruikers van een bepaald goed alsook hun mogelijke vooruitzichten.

De previsionele studies veronderstellen enerzijds de kennis van de verschijnselen die een gekend effect veroorzaakten en anderzijds de mogelijkheid dit effect nauwkeurig te meten. De statistische analyse kan buiten het aangeven van een zekere causaliteit maar weinig inlichtingen verschaffen over het eerste punt, daarentegen vormt zij een uitgelezen appreciatiemogelijkheid wat het tweede punt betreft. De statistische analyse is natuurlijk maar een middel dat tot zekere resultaten leidt op basis van vooropgestelde en als waar beschouwde hypothesen, de waarde van de resultaten hangt dus grotendeels af van de waarde van deze hypothesen.

Het eenvoudig extrapoleren van een tendens houdt steeds een gevaar in, het impliceert immers de bestendigheid van de verschijnselen die het verloop van deze tendens in het verleden hebben beïnvloed. In feite moeten de hypothesen die aan de basis van elke previsie liggen grondig worden onderzocht met alle beschikbare middelen.

Als buitengewoon interessant voorbeeld van een dergelijke studie vermelden wij de « Algemene doelstellingen staal » van de Hoge Autoriteit van de E.G.K.S. uitgegeven in 1962.

Als voorbeeld van marktanalyse mogen wij deze aanhalen die vóór anderhalf jaar werd doorgevoerd door gespecialiseerde organismen voor de rekening van een belangrijke Vlaamse dagbladengroep.

Het opzet van deze verkenning betrof in de eerste plaats niet het bepalen van de normale oplage en het zuiver journalistiek penetratievermogen — bereikte lezers, gezinnen en potentiële verbruikers — maar wel de analyse van de socio-economische kenmerken van de bereikte gezinnen en de leesgewoonten van de lezers. Zoals gewoonlijk werd hierbij de steekproefmethode toegepast.

De realisatie van die steekproef en de interpretatie van de resultaten veronderstelt een gelijktijdig gebruik van de statistische informatie van het bedrijf en de algemene informatie verstrekt door de officiële statistiek via tellingen in enquêtes.

Interne beleidsvraagstukken

De vraagstukken die zich aan de bedrijfsleiders stellen om op de markt hun positie ten overstaan van gelijkaardige ondernemingen te verbeteren door middel van interne veranderingen en aanpassingen met als objectief de efficiency op te voeren, de kosten te verlagen, de kwaliteit te waarborgen, kunnen wij aanduiden als de interne bedrijfsproblemen.

Het is een feit, zoals in de inleiding reeds werd verklaard, dat de versnelde evolutie van de industriële wereld voor gevolg heeft dat deze problemen steeds complexer worden zodat zich ook op dit terrein nieuwe methodes opdringen met de bekommernis de decisiefunctie op een meer soliede basis te vestigen dan tot hertoe dikwijls het geval was.

De interne bedrijfsproblemen zijn zo talrijk dat wij er maar een paar praktisch kunnen belichten, tevens ook om niet het terrein te betreden van het operationeel onderzoek.

A. — *Statistisch voorraadbeheer*

In de interne bedrijfsstatistiek ontmoet men natuurlijk de inkoop- en voorraadstatistieken, de personeelsstatistieken, de produktiestatistieken, de verkoopstatistieken en de financiële statistieken. Elke onderneming beschikt reeds meestal over het grondmateriaal om deze statistieken op te maken, of zo niet, valt het haar niet al te zwaar de nodige gegevens aan een statistisch onderzoek te onderwerpen.

Het is bvb. merkwaardig, verklaarde de Hr Delbeke in een uiteenzetting gehouden in het kader van de vormingsprogramma's van een Vervolmakingscentrum voor Bedrijfsleiding ⁽¹⁾, hoe in de meeste ondernemingen wel een magazijnadministratie bestaat — hoe elementair ook — en men de gegevens van deze administratie prijsgeeft aan de boekhouding, die voor de administratie meestal het vergeetboek wordt.

Gemiddelde voorraad, omloopsnelheid en gemiddelde voorraadstijd zijn ooit eens aan de hand van een ruwe berekening becijferd of geschat en daarmee stelt men zich tevreden. Gewoonlijk zijn deze cijfers niet meer dan antwoorden die men klaar houdt voor een sporadische vraag van de directie over de stocks. Is het gemiddelde representatief? Is de omloopsnelheid te traag? Gewoonlijk wordt het antwoord op deze vragen gegeven aan de hand van de « ondervinding » die de ondervraagde natuurlijk opdeed vanuit zijn persoonlijk belangenstandpunt. Inzake minimumvoorraden neemt men gewoon-

⁽¹⁾ « De kwantitatieve benadering van de bedrijfsproblemen » (samenvatting. - Vervolmakingscentrum voor Bedrijfsleiding, K.U.L., 1962.

lijk veiligheidsmarges aan die ook de geringe en te verwaarlozen risico's dekken, hetgeen natuurlijk een zeer dure risicodekking wordt.

Soms komt het ook wel voor dat een onderneming reeds beschikt over zekere statistische gegevens en deze vrij goed benut, maar dat zij hele terreinen van kosten en lasten braak laat liggen. Zelfs eenvoudige onderzoekingen leveren gewoonlijk verbluffende resultaten op.

Vernoemen we als voorbeeld het beheer van de voorraad grondstoffen in de veronderstelling dat de levertijden der verschillende grondstoffen gekend en constant zijn, de afnamen uit stock eveneens praktisch constant, en men om zuivere logische redenen een herbevoorradingsspolitiek volgt die erop neerkomt de voorraadfiles regelmatig te onderzoeken en voor elke grondstof de nodige kwantiteit bestelt om in elk geval de voorraad op een behoorlijk niveau te houden. Voor de mathematische behandeling hiervan wordt verwezen naar de uiteenzetting over Operationeel Onderzoek.

B. — *Controle van de efficiency van een distributienet.*

Eens de handelspolitiek bepaald moet zij, rekening gehouden met de vooropgestelde objectieven, niet enkel worden dorgevoerd maar ook gecontroleerd. Op het gebied van de distributie stellen zich dienaangaande een reeks problemen die doorgaans kwantitatief kunnen worden benaderd, zoals bvb. het nagaan van de efficiency van het bestaande distributienet ⁽¹⁾.

De verkoop van een gamma gecatalogeerde produkten geschiedt langs wederverkopers om zodat de onderneming beschikt over een per streek opgebouwde verkoopstatistiek gedurende meerdere jaren. Door eigen onderzoek en uit de bestaande officiële en professionele statistieken kent zij tevens, eveneens per jaar en per streek, het aantal verkooppunten en verkoopcijfers van de ganse sector.

Uitgaande van deze gegevens kan men door het opstellen van spreidingsdiagrammen en regressieberekeningen de streken in vier categorieën indelen in functie van de verhoudingen van de verkopen en van de densiteit van de verkooppunten van de onderneming ten overstaan van de sector. Men zal aldus de nodige maatregelen kunnen treffen om in de streken die de minst gunstige resultaten opleveren de verkoop te activeren en bijgevolg de gemiddelde toestand te verbeteren.

C. — *De keuze van produktieve investeringen.*

« L'acte d'investir constitue » volgens Pierre Massé ⁽²⁾ « l'échange d'une

⁽¹⁾ L'économiste dans le gouvernement de l'entreprise », André Olmi. - Ed. Tambourinaire, Paris.

⁽²⁾ « Le choix des investissements », Pierre Massé. - Dunod, Paris.

satisfaction immédiate et certaine à laquelle on renonce contre une espérance que l'on acquiert et dont le bien investi est le support ».

Een investering moet dus steeds beredeneerd zijn, gebeuren in functie van een bepaald doel en normaal rendabel zijn, dus een supplementaire winst opleveren binnen een zeker tijdschema.

De kwantitatieve benadering van een dergelijk probleem stelt een reeks moeilijk op te lossen vraagstukken waarin o.a. het actualisatieprocédé een belangrijke rol speelt.

Het aanschaffen van nieuwe produktiemiddelen moet ook in functie van de sector worden beschouwd bijzonder wanneer deze laatste weinig progressief is en er vermoedelijk een min of meer belangrijke overuitrusting bestaat.

Zo is men in een betrekkelijk kleine sector van het smeed- en stampwerk ertoe gekomen, door een grondige observatie en analyse van het economisch en technisch universum de investeringen onder verschillende bedrijven te rationaliseren, de produktie geleidelijk te specialiseren, de concurrentiepositie op de markt te verbeteren en de export merklijk op te voeren.

Bij ontstentenis aan een belangrijk afzetgebied zoals een nationale automobielproduktie hebben de Belgische fabrikanten van smeed- en stampwerk steeds hun terrein moeten beperken tot de behoeften van de extractieve nijverheid en van de constructie van spoorwegaanbouw. De weinig briljante evolutie van deze sectoren deed zich zwaar gevoelen.

Men besloot dus de algemene toestand van de sector te onderzoeken door :

1. het opmaken van een gedetailleerd statistisch onderzoek van de produktie en de afzet gedurende de laatste jaren naar gewicht, afwerking en bestemming van de stukken ;
2. het concipieren van een « type-onderneming » met een ideale uitrusting die in de mogelijkheid zou verkeren om in de beste technische en economische voorwaarden de totale produktie van al de fabrikanten samen te realiseren, alsook een vooropgestelde expansie ;
3. het inventoreren van de bestaande uitrustingen naar capaciteit en ouderdom, alsook van de eventueel geplande investeringen.
4. het vergelijken van de bestaande uitrustingen met deze van de type-onderneming, waaruit bleek :
 - dat wegens de dispersie van de produktie over een tiental eenheden de bestaande uitrusting uitermate onproduktief werd aangewend met het gevolg dat er een verspilling van ongeveer de helft aan arbeidskrachten werd waargenomen ;

- een zeer grote vetustiteit van de uitrustingen — 80 % dateerden van vóór 1940 — met alle gevolgen van dien ;
- een veralgemeende overuitrusting, zowel van het aantal gebruikte produktiemiddelen als hun capaciteit. Deze laatste was nochtans geringer dan de eerste eenvoudig omdat vier op vijf toestellen dateren van vóór 1940 en dat men cijfermatig heeft uitgemaakt dat grosso modo de eerste vier te zamen minder produceerden dan het vijfde alleen.

Uitgaande van deze conclusies besloot men volgens een gezamenlijk opgesteld plan de bestaande uitrusting te rationaliseren, de nieuwe investeringen te coördineren, om aldus de productie over de verschillende eenheden geleidelijk te specialiseren met als objectief de afzet binnen de eerste vijf jaren van smeed- en stampwerk met respectievelijk 35 en 75 % te verhogen.

Een van de vele gevolgen van de ganse opzet is dat voor het ogenblik vijf firma's regelmatig aan het buitenland leveren en over gevulde bestelboeken beschikken. Onder hun klanten vindt men verschillende belangrijke automobielfabrikanten die vroeger alleen op de Engelse of Duitse markt waren aangewezen. Tevens werd een exportcombinatie opgericht voor de uitvoer naar Duitsland, Zweden en Spanje.

D. — De statistische kwaliteitscontrole

Met de kwaliteitscontrole betreft men een specifiek gebied van de bedrijfstatistiek ; zij wordt in vele ondernemingen regelmatig zoniet dagelijks toegepast.

Elke productie-eenheid en bijzonder deze die op massaproductie is afgestemd ziet zich geconfronteerd met twee belangrijke taken : het behouden van een bepaalde kwaliteit gedurende het productieproces en het waarborgen — dus controleren — van een aangegeven kwaliteit bij de verkoop. Uitval bezwaart immers de kosten.

Het behouden van een bepaalde kwaliteit veronderstelt een constante controle van het productieverloop om na te gaan of het technisch proces zonder te grote fouten gebeurt. Daartoe gebruikt men somtijds zeer ingewikkelde *controlekaarten*, in navolging van de door een veertigtal jaren door Romig en Dodge bij de Bell Telephone maatschappijen ingevoerde eenvoudige staten. Men kan ze vergelijken met lichtsignalen die aangaan wanneer er iets misloopt. Zij laten toe na te gaan of de gemiddelde technische

waarde verandert of/en er een vergroting van de standaard-deviatie valt te bemerken, zodat een eventueel ingrijpen nog tijdig kan gebeuren en kosten gespaard.

Bij het leveren van goederen loopt men altijd een risico wat de kwaliteit betreft en niet enkel de leverancier maar ook de afnemer. Van beide zijden komt het er dus op aan de waar te *controleren* voor haar kwaliteit, bij voorkeur langs statistische weg.

Beide partijen lopen een zeker risico en wenden een zekere norm aan. Deze beide waarden kan men in grafiek uitzetten, waarop zij de « karakteristieke kurve » (ook O.C. kurve genaamd) van de controle zullen bepalen volgens dewelke het steekproefplan zal worden vastgesteld. Dit plan kan diverse vormen aannemen die in drie grote categorieën kunnen onderscheiden worden : de eenvoudige trekking, de dubbele trekking en de sekventiële tests.

Dergelijke kwaliteitscontrole is heel wat economischer dan de 100 % controle en bezit een belangrijk psychologisch effect, daar zij door beide partijen wordt voorbereid en gevolgd.

Voor toepassingsvoorbeelden mogen wij verwijzen naar de omvangrijke literatuur die op dit gebied bestaat. Vermelden wij nochtans het pionierswerk dat door enkele grootbedrijven, o.a. de Philipsfabrieken ⁽¹⁾ werd verricht door het uitgeven van leerboeken en naar de studies die in België door eminente specialisten zoals de heren Dor, Micha en van den Abeele werden doorgevoerd en gepubliceerd in het « Tijdschrift van de Belgische Vereniging voor Statistiek ».

E. — *De statistisch-economische informatie in het bedrijf*

Het verwerken van de massa aan statistische informatie waarover een bedrijf beschikt behoort eveneens tot de mogelijke toepassingen van de statistiek in het bedrijf.

De betrokken dienst moet een keuze doen in functie van de normaal gevraagde inlichtingen en er zich op toelagen die documentatie te weerhouden die samen met de belangrijkste economische grootheden branchegewijs het meest interessant zijn voor het bedrijf t.t.z. deze die betrekking hebben op de eigen sector en deze waarin de belangrijkste leveranciers en afnemers te vinden zijn. Op 7 april l.l. verklaarde Peter von Siemens, voorzitter van het Z.V.E.I. : « Ein Unternehmen muss orientiert sein über der Lage der Nachbarzweige, aus denen seine Lieferanten und Kunde kommen » ⁽²⁾. Het

⁽¹⁾ A.H. Schaafsma en F.G. Willemze, « Moderne Kwaliteitscontrole ». - Philips Technische Bibliotheek, Eindhoven.

⁽²⁾ Z.V.E.I. Mitteilungen, April 1965, n° 4.

meest geschikte middel daartoe schijnt wel het opstellen van zgn. « Boordtabellen » waaraan Prof. E.S. Kirschen in het januarinummer van 1965 van de « Société d'Etudes et d'Expansion » nog een artikel heeft gewijd ⁽¹⁾.

Besluit

Deze beschouwingen over enkele toepassingsmogelijkheden van de statistiek in het bedrijfsleven kunnen wij besluiten met volgende opmerkingen.

De mogelijkheden door de statistiek geboden reiken veel verder dan het eenvoudig vergelijken van gegevens getrokken uit de boekhouding of de officiële en professionele statistiek, het berekenen van enkele gemiddelden of indices en het opmaken van een paar tabellen en grafieken.

Door haar beweeglijkheid en methodologische veelzijdigheid is, volgens Prof. Riebel, de bedrijfsstatistiek het meest bruikbare instrument om het bedrijfsgebeuren te vatten, te ordenen en te binden en daardoor de basis van de kwantitatieve documentatie, de controle en de planning van de onderneming ⁽²⁾. In één woord, de statistiek is de methode bij uitstek om alle kwantificeerbare gegevens te verwerken ten einde ze volledig te benutten voor de bedrijfsleiding. Zij zal aldus de andere gebieden en instrumenten van het bedrijfsbeheer meer en meer aanvullen, doordringen en zelfs vervangen. Dit penetratieproces zal in de toekomst versnellen door de toepassing van moderne technieken en dataverwerking.

Maar uiteindelijk blijven het de bedrijfsleiders zelf die zullen bepalen over welke inlichtingen zij wensen te beschikken. De bedrijfsstatistici en economen hebben als taak hun hierin voor te lichten.

⁽¹⁾ E.S. Kirschen, « Le Tableau de bord du chef d'entreprise ». - Société d'Etudes et d'Expansion, janvier-février 1965.

⁽²⁾ P. Riebel: « Innerbetriebliche Statistik » - Allgemeines statistisches Archiv, 1-1965.

DE PROBLEMATIEK VAN DE MATHEMATISCHE PROGRAMMERING

door F. VAN WINCKEL,
Katholieke Universiteit te Leuven

Inleiding

Vroeger beperkte de toepassing van de wiskunde zich in hoofdzaak tot natuur- en technische wetenschappen; de economie is daar sinds enkele decennia bijgekomen. In het begin van de dertiger jaren werd de Econometric Society opgericht wat de ontwikkeling van de econometrie, toen nog in haar kinderschoenen, ten goede kwam. Gedurende de laatste wereldoorlog werd de « operations research » geboren, toen men besloot de wetenschap te mobiliseren om de problemen van de oorlog op de meest doelmatige manier aan te pakken. Men bracht daartoe een groep van wetenschapsmensen bijeen, van wie een aantal na afloop van de oorlog de toen ontwikkelde technieken op bedrijfsproblemen ging toepassen. Succes bleef niet uit en bepaalde resultaten waren indrukwekkend.

Op deze wijze ontwikkelde het operationeel onderzoek zich tot de wetenschap welke zich bezig houdt met de mathematische zijde van de bedrijfs-economische en bedrijfsorganisatorische problematiek.

Vele methoden werden gedurende de laatste twintig jaar uitgewerkt en in toepassing gebracht. Alle zijn wiskundig georiënteerd.

Meestal leidt de toepassing ervan tot de opbouw van een mathematisch model, dat moet toelaten, binnen het raam van bepaalde hypothesen, voor het probleem een optimale oplossing te vinden.

Het is eerder moeilijk deze diverse methoden tot groepen te verenigen. Belangrijkst zijn wellicht de methoden van mathematische programmering waarvan in deze nota de problematiek nader zal worden toegelicht. Daarnaast zijn ook de bijzondere methoden van wiskundige analyse, die aanleiding gegeven hebben tot het ontstaan en de ontwikkeling van de wachtlijnen-theorie, de voorraad- en vervangingstheorie zeer voornaam. De speltheorie en de methode van het kritieke pad of de PERT-planning houden weer andere methoden in welke in de laatste jaren tot belangrijke toepassingen hebben aanleiding gegeven.

1. Mathematische programmering in het algemeen

Een optimalisatieprobleem kan gedefinieerd worden als de maximatie of minimatie van een numerieke functie van één of meerdere variabelen of andere functies, waarbij deze variabelen of functies onafhankelijk zijn of gebonden door een stel van restricties. Mathematici, fisici en ingenieurs interesseren zich reeds lang aan dergelijke problemen. De toepassing van de differentiaal- en variatierekening tot het oplossen van sommige typen ervan gaat terug tot de achttiende eeuw. In de laatste twintig jaar echter constateert men een groeiende belangstelling voor een nieuwe groep van optimalisatieproblemen, gewoonlijk programmeringsproblemen genoemd, welke normaal niet oplosbaar zijn bij middel van de klassieke wiskundige methoden. Programmeringsproblemen houden meer verband met vraagstukken in de economie terwijl de andere optimalisatieproblemen gewoonlijk betrekking hebben op vraagstukken in de fysika. Zij hebben een grote belangstelling verworven, vooral in de domeinen van de bedrijfseconomie, de bedrijfsorganisatie en de theoretische economie. Men vindt ze daarenboven terug in belangrijke praktische problemen in handel en nijverheid.

In een programmeringsprobleem wordt getracht de aanwending van beperkte middelen te optimaliseren.

De structuur van het vraagstuk is als volgt. De onbekenden zijn de hoeveelheden van de verschillende middelen die men zal aanwenden. Zoals gebruikelijk in de wiskunde zal men deze onbekenden of variabelen met een symbool aanduiden, b.v. x ; in dit geval, indien men het aantal middelen voorstelt door n , met $x_1, \dots, x_n$.

Het doel, de optimale aanwending van de beschikbare middelen, komt mathematische neer op het zoeken van het optimum, maximum of minimum, van een functie van de variabelen $x_1, \dots, x_n$. Men schrijft

$$(\text{optimum}) z = f(x_1, \dots, x_n) \quad (1)$$

Deze functie wordt doelstellingsfunctie of ook nog Z-functie genoemd. Naargelang deze functie moet worden gemaximeerd of geminimeerd spreekt men van een maximum- of minimumprobleem. De oplossing geeft een waarde aan de variabelen, waardoor een beslissing in het probleem wordt getroffen. Om die reden worden de variabelen beslissingsvariabelen geheten.

Vermits de middelen enigszins beperkt zijn zullen de variabelen gebonden zijn door een stel van m nevenwaarden, restricties geheten. Deze restricties

kunnen de wiskundige vorm aannemen van gelijkheden of ongelijkheden. Men kan ze dus aanduiden als :

$$\begin{cases} g_1(x_1, \dots, x_n) \{ \leq, =, \geq \} b_1, \\ g_2(x_1, \dots, x_n) \{ \leq, =, \geq \} b_2, \\ \vdots \\ g_m(x_1, \dots, x_n) \{ \leq, =, \geq \} b_m. \end{cases}$$

of, vereenvoudigd, nog als

$$g_i(x_1, \dots, x_n) \{ \leq, =, \geq \} b_i, \quad i = 1, \dots, m. \quad (2)$$

Het is duidelijk dat, door de aard van het probleem, de variabelen geen negatieve waarden mogen aannemen. Deze voorwaarden staan bekend als de niet-negativiteitsrestricties.

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n. \quad (3)$$

Daarenboven kan het gebeuren dat nog andere beperkingen aan de variabelen worden opgelegd, b.v. dat deze alleen gehele waarden kunnen aannemen.

Een programmeringsprobleem kan op de volgende wijze geformuleerd worden. Gevraagd wordt de waarden van n variabelen $x_1, \dots, x_n$ te bepalen, welke niet negatief zijn, desgevallend bepaalde waarden niet aannemen, voldoen aan het stelsel van m restricties

$$g_i(x_1, \dots, x_n) \{ \leq, =, \geq \} b_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (4)$$

en daarenboven de doelstellingsfunctie

$$z = f(x_1, \dots, x_n) \quad (5)$$

maximeren of minimiseren.

Men neemt aan dat de functies $g_i(x_1, \dots, x_n)$ en de constanten b_i , $i = 1, \dots, m$, alsmede de functie $f(x_1, \dots, x_n)$ gekend zijn. Eén der tekens $\{ \leq, =, \geq \}$ geldt voor elke restrictie maar mag verschillend zijn van de ene restrictie tot de volgende. De waarden van n en m zijn in beginsel willekeurig. Ook het geval $m = 0$ is reëel en komt overeen met een programmeringsprobleem waarbij geen restrictie zou optreden.

2. Lineaire programming

De methode van de lineaire programming is omwille van haar algemene theoretische ontwikkeling en uitgebreid praktisch toepassingsbied ongetwijfeld de belangrijkste mathematische programmeringsmethode. Het lineair

programmeringsprobleem kan bepaald worden als elk vraagstuk, waarbij de waarden van een aantal variabelen moeten worden bepaald, die niet negatief zijn, voldoen aan een stelsel van lineaire ongelijkheden of gelijkheden en een lineaire functie optimaal maken. Het is een speciaal geval van het algemene programmeringsprobleem waarin restricties en doelstellingsfuncties lineair zijn en de variabelen alle niet negatieve waarden mogen aannemen.

De restricties nemen volgende wiskundige vorm aan

$$g_i(x_1, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \{ \leq, =, \geq \} b_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (6)$$

terwijl de doelstellingsfunctie kan geschreven worden als

$$z = f(x_1, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n c_j x_j. \quad (7)$$

De lineaire programmering deed haar intrede in de economische wetenschap als gevolg van de problematiek in verband met de optimale toewijzing van goederen.

Meer specifiek is de lineaire programmering gegroeid uit de werken van vooraanstaande economen en mathematici uit de dertiger jaren.

Een omvangrijk theoretisch model voor een economie in expansie werd ontwikkeld door Von Neumann, die steunde op bijdragen van Oostenrijkse en Duitse economen, die veralgemeningen van het evenwichtsmodel van Walras bestuderen. Een meer praktische approach vinden wij terug in de input-output modellen van Leontief. Dergelijke modellen vereisen weliswaar nog geen optimalisatie doch wel reeds het oplossen van stelsels van lineaire vergelijkingen.

Gedurende de laatste wereldoorlog werd een studiegroep onder de leiding van Marshall K. Wood belast met de behandeling van toewijzingsproblemen in opdracht van de Amerikaanse luchtmacht. Verschillende modellen van Leontief werden ontwikkeld en de oplossing van bepaalde problemen van lineaire programmering werd mogelijk gemaakt.

George B. Dantzig was een lid van deze studiegroep. Hij kwam tot de algemene formulering van lineaire programmeringsproblemen en ontwikkelde in 1947 de beroemde simplex-oplossingsmethode. Deze laatste werd algemeen bekend met de publicatie in 1951 van T.C. Koopmans' werk « Activity Analysis of Production and Allocation ». Belangrijke theoretische en praktische bijdragen verschenen na 1951 van de hand van G. Dantzig, D. Gale, H. Kuhn, A. Tucker, A. Charnes, W. Cooper en vele anderen.

Zoals reeds aangeduid, wordt bij het lineair programmeringsprobleem steeds aangenomen dat de variabelen op continue wijze variëren. Deze hypothese is aanvaardbaar indien de eenheden, waarop de variabelen betrekking hebben, willekeurig deelbaar zijn ofwel voldoende klein zijn in vergelijking met de beschouwde aantallen, zodat afronding tot de meest nabijgelegen gehele waarde voldoende benaderend is.

De simplex-methode is een algebraïsch numerieke iteratiemethode. Men gaat uit van een oplossing van het stelsel van restricties waarmee een zekere waarde van de doelstellingsfunctie overeenkomt. Deze oplossing wordt vervolgens in opeenvolgende stadia « verbeterd » tot wanneer de z -functie haar optimale waarde heeft bereikt. Dit aantal stadia is steeds eindig.

3. Niet-lineaire en dynamische programmering

Alle programmeringsproblemen, waarin op één of andere wijze aan de voorwaarden van het lineaire programmeringsvraagstuk niet voldaan is worden problemen van niet-lineaire programmering genoemd. In sommige gevallen tracht men dergelijke problemen op te lossen bij middel van een methode gelijkaardig aan de simplex-methode; in andere gevallen zijn specifieke oplossingsmethoden uitgewerkt. Het weze opgemerkt dat vele niet-lineaire programmeringsproblemen op het huidige ogenblik nog niet oplosbaar zijn. Zij zijn daarenboven altijd moeilijker te behandelen dan lineaire problemen en vergen steeds een merkkelijk aanzienlijkere computer-tijd.

Zonder volledigheid te betrachten zullen in het kort de belangrijkste typen van niet-lineaire programmeringsmethoden worden besproken.

Veel aandacht is in de laatste jaren besteed geworden aan problemen waarbij de restricties lineair zijn doch de doelstellingsfunctie een in beginsel willekeurige vorm mag aannemen. Dergelijke problemen kunnen als volgt geformuleerd worden

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \{ \leq, =, \geq \} b_i, \quad (8)$$

$$i = 1, \dots, m, \quad x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \\ \text{max. of min. } z = f(x_1, \dots, x_n). \quad (9)$$

Zij komen in de praktijk veel voor.

Dikwijls immers is het mogelijk restricties als lineaire betrekkingen te formuleren, terwijl zulks geenszins het geval is met een doelstellingsfunctie. Denk bijvoorbeeld aan de winstfunctie bij de studie van een productieproces

en u begrijpt onmiddellijk dat in het algemeen een lineaire uitdrukking in de produktiehoeveelheden onvoldoende benaderend zal zijn. Zulks zou immers betekenen dat de eenheidswinsten onafhankelijk zijn van de geproduceerde hoeveelheden of als dusdanig mogen worden beschouwd.

Niettegenstaande deze problemen nog vrij sterk aanleunen bij het lineaire programmeringsvraagstuk is de behandeling ervan meestal reeds vrij ingewikkeld. Twee bijzondere gevallen zijn grondiger bestudeerd geworden.

Indien de doelstellingsfunctie kan geschreven worden als een som van functies van één variabele

$$z = f(x_1, \dots, x_n) = f_1(x_1) + f_2(x_2) + \dots + f_n(x_n),$$

welke daarenboven aan zekere voorwaarden voldoen is het overeenkomstig probleem oplosbaar. Men zegt dat de variabelen van de doelstellingsfunctie scheidbaar zijn. Is het aantal restricties en variabelen niet te groot, dan mag als bijkomende beperking gesteld worden dat alle of sommige variabelen alleen discrete waarden mogen aannemen.

Het andere geval is dit, waarbij de doelstellingsfunctie kan uitgedrukt worden als de som van een lineaire- en een kwadratische vorm.

$$z = f(x_1, \dots, x_n) = c_1 x_1 + \dots + c_n x_n + d_{11} x_1^2 + d_{12} x_1 x_2 + d_{1n} x_1 x_n + \dots + d_{nn} x_n^2 \quad (10)$$

of nog

$$z = f(x_1, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n c_j x_j + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_i x_j \quad (11)$$

Dergelijke problemen zijn als problemen van kwadratische programmering bekend. Zij zijn, indien bijkomende voorwaarden aan de coëfficiënten d_{ij} worden opgelegd, oplosbaar. De hoeveelheid berekeningen echter, is vrij groot zodat zich vlug moeilijkheden in dit verband voordoen.

Problemen, waarbij in de restricties niet-lineaire betrekkingen voorkomen, vormen een zeer moeilijke groep. In de praktijk zijn zij van minder belang. Hun theoretische ontwikkeling is, met uitzondering van een belangrijk model van dat soort ontleend aan de organisatie in de petroleumindustrie, ook minder gevorderd.

Klassieke optimalisatieproblemen zijn diegene waarbij de restricties gelijkheden zijn. Zijn alle functies differentieerbaar, dan kunnen zij bij middel van de differentiaalrekening worden opgelost. Practische moeilijkheden doen zich echter voor indien het aantal variabelen groot wordt. Deze problemen komen alleen voor in de theoretische economie.

Een zekere uitbreiding is mogelijk door niet-negativiteitseisen aan de variabelen op te leggen en sommige ongelijkheden als restricties toe te laten. Methoden gebaseerd op de differentiaalrekening hebben, naast andere bezwaren, steeds het nadeel niet computerbaar te zijn. Zij moeten daarom eerder als theoretische analysemethoden beschouwd worden dan als praktische optimalisatie-technieken.

Een belangrijke groep van niet-lineaire programmeringsproblemen zijn diegene waarbij restricties en doelstellingsfunctie lineair zijn doch de variabelen alleen positieve gehele waarden kunnen aannemen. Men spreekt van lineaire programmering met gehele getallen. Dergelijke problemen zijn zeer belangrijk vermits bij vele studies in de praktijk de variabelen betrekking hebben op eenheden welke niet deelbaar zijn. Men ondervond vlug dat het niet mogelijk is deze problemen door lineaire programmering te benaderen door achteraf de bekomen resultaten tot de dichtst bijgelegen gehele waarde af te ronden. Daarom moesten speciale oplossingsmethoden worden uitgewerkt waarvan de revisie van Gomory, welke toelaat in vele gevallen deze problemen op te lossen, belangrijkst is. In de laatste jaren is de theoretische ontwikkeling van de programmering met gehele getallen zeer groot geweest.

Een bijzondere vermelding verdienen de programmeringsproblemen afgeleid van het lineair programmeringsmodel waarin sommige coëfficiënten stochastische waarden, d.w.z. waarden gekenmerkt door een waarschijnlijkheidsverdelingsfunctie, aannemen. In al deze problemen tot op het ogenblik bestudeerd, treden de stochastische coëfficiënten alleen in de doelstellingsfunctie op. Verschillende vraagstukken uit de praktijk zijn van dat soort gezien de te optimaliseren functie vaak betrekking heeft op variabelen waarvan de invloed op de waarde van de functie slechts in waarschijnlijkheid gekend is. De theoretische ontwikkeling van deze problemen is nog in haar beginstadium. Eens deze periode voorbij zal de stochastische lineaire programmering zeker aan belangstelling winnen.

Het is de lezer beslist opgevallen dat alle problemen van niet-lineaire programmering tot nu toe besproken, afgeleid zijn van het lineaire programmeringsmodel waaraan bepaalde wijzigingen worden aangebracht.

Een aparte plaats nemen de zogenaamde dynamische programmeringsproblemen in. Hun structuur is totaal verschillend van deze van het lineaire probleem en de oplossingsmethoden gelijken geenszins op deze van de simplexmethode. Om die reden wordt de dynamische programmering gewoonlijk niet bij de niet-lineaire programmering, waartoe zij logischerwijze behoort, gerekend.

In de beginne bedoelde men door de dynamische programmering elke programmering waarin de wijzigingen in de tijd belangrijk zijn en derhalve de tijdsvariabele expliciet optreedt.

Oplossingsmethoden hiervoor uitgewerkt gaan uit van het zogenaamde optimaliteitsprincipe van R. Bellman en maken gebruik van opvolgingsvergelijkingen. Het bleek echter vlug dat deze methoden een uitgebreider toepassingsgebied hebben dan wat oorspronkelijk dynamische programmering werd genoemd. De benaming is echter gebleven en tegenwoordig kan men de dynamische programmeringsproblemen definiëren als alle problemen waarbij bedoelde oplossingstechniek kan worden toegepast. De dynamische programmering is op het huidige ogenblik, na de lineaire programmering, de belangrijkste methode der wiskundige programmering.

De ontwikkeling van de niet-lineaire programmering is een logisch gevolg van deze der lineaire programmering. Aan gemoedigd door het succes van deze laatste ontstond spoedig belangstelling voor problemen welke niet aan het lineaire model beantwoorden. Een belangrijke publicatie van H. Kuhn en A. Tucker, getiteld «Nonlinear Programming», verscheen in 1951. Hierin werden de grondslagen van de niet-lineaire programmering voor een groot deel vastgelegd. Hun theorieën werden verder uitgewerkt in het boek «Studies in linear and nonlinear programming» van K. Arrow, L. Hurwicz en H. Uzawa, dat in 1958 verscheen.

In 1954 publiceerden A. Charnes en C. Lemke een benaderingsmethode welke toelaat problemen met lineaire restricties en scheidbare doelstellingsfunctie te behandelen. Een alternatieve formulering van dat probleem verscheen van G. Dantzig in 1956. Een belangrijke bijdrage met veel veralgemeningen hiervan, was het werk «Recent advances in mathematical programming» van C. Miller, R. Graves en P. Wolfe dat in 1963 het licht zag.

De eerste bijdragen met betrekking tot de kwadratische programmering verschenen in 1955. Belangrijk op dit gebied zijn de publicaties van E. Barankin en R. Dorfman, in 1956, van H. Houthakker in 1957 en van P. Wolfe in 1959. Vooral de zogenaamde simplex-methode voor kwadratische programmering van laatstgenoemde is als een mijlpaal op dit gebied te beschouwen.

Interesse in de lineaire programmering met gehele getallen ontstond in de vijftiger jaren met de publicaties van Dantzig en Fulkerson. Belangrijk zijn ook de bijdragen van Markovitz en Manne in 1957. Een systematische en computerbare methode voor deze problemen is die van R. Gomory welke einde 1960 werd gepubliceerd.

De ontwikkeling van de dynamische programmering is onafscheidbaar gebonden aan de naam van R. Bellman en zijn medewerkers welke reeds een duizendtal publicaties op dat gebied in de wereld stuurden. Te vermelden zijn de werken « Dynamic programming » van R. Bellman dat in 1957 verscheen, « Adaptive control processes » van dezelfde schrijver dat in 1962 verscheen en « Applied dynamic programming » van R. Bellman en S. Dreyfus dat in 1963 werd uitgegeven.

Besluit

De mathematische programmering, waarin men lineaire-, niet-lineaire- en dynamische programmering onderbrengt, heeft in de naoorlogse periode een indrukwekkende ontwikkeling gekend, welke op het huidige openblik onverminderd verder gaat.

Daarmee is gepaard gegaan een toegenomen belangstelling voor haar basisdisciplines, wiskunde, waarschijnlijkheidsrekening en statistiek.

De navorsingsarbeid in vele domeinen der wiskunde, inzonderheid de lineaire algebra, de topologie en de graphen-theorie, in de laatste decennia, en voor een groot gedeelte in dienst van de mathematische programmering, is zeer belangrijk geweest. Waarschijnlijkheidsrekening en statistiek hebben hun werkingsgebied uitgebreid en methoden verfijnd. Vooral te vermelden is de uitbouw van de theorie der testmethoden en der stochastische processen. Met hun beide vormen zij wellicht de belangrijkste vertakking van de toegepaste wiskunde.

Het oplossen van organisatieproblemen met behulp van de mathematische programmeringsmethoden maakt in vele gevallen de behandeling van een zeer uitgebreid cijfermateriaal noodzakelijk. De digitale computer komt de mathematicus hierbij ter hulp. Om die reden constateert men een haast parallele ontwikkeling tussen de programmering als wiskundige methode en de bouw van de computer, waarbij men tracht deze methode zo algemeen mogelijk in toepassing te brengen.

Op deze wijze gaan theorie en praktijk hand in hand. Enerzijds levert de praktijk de problemen voor de theoreticus, welke op zijn beurt aan de practicus onderzoeksmethoden van zeer grote waarde verschaft.

LES APPLICATIONS DE L'ECONOMETRIE A LA GESTION DES AFFAIRES PUBLIQUES

par J. WAELBROECK,
Université libre de Bruxelles

Avant d'aborder le sujet de cet exposé, il peut être utile de rappeler ce qu'est l'économétrie et quels sont les buts qu'elle se propose d'atteindre.

La définition que l'on pourrait qualifier « d'officielle » de cette discipline est qu'elle est l'application de la statistique mathématique et des mathématiques aux données chiffrées pour vérifier les théories économiques et donner une forme quantitative aux lois économiques. Cette définition est bonne, encore qu'elle exagère la dépendance de l'économétrie à l'égard d'autres disciplines. Au fil des années, cette branche a acquis son élan, ses techniques propres, et il serait inexact de la concevoir comme une sorte de parasite qui se nourrit des progrès des disciplines voisines. Ainsi les économètres ont fait des apports substantiels à la statistique mathématique, et même aux mathématiques. Quant aux sciences économiques, mon opinion est que depuis la fondation de la Société d'Econométrie, vers 1930, le solde des échanges a été largement excédentaire pour l'économétrie ; celle-ci est pour beaucoup dans les progrès spectaculaires accomplis par les sciences économiques pendant les trente dernières années.

* * *

L'intérêt de chiffrer les lois et les phénomènes économiques ne peut guère prêter à discussion lorsqu'il s'agit de gestion, que celle-ci soit publique ou privée. Il suffit pour cela d'évoquer quelques-uns des problèmes qui pourraient intéresser les gouvernants :

- a) estimer l'effet d'un accroissement du taux d'investissement sur la croissance économique ;
- b) calculer l'influence d'une baisse des subventions à l'agriculture sur l'offre de produits agricoles subventionnés ;
- c) évaluer de combien l'imposition d'une taxe sur le mazout augmenterait la demande de charbon ;
- d) connaître la sensibilité des recettes fiscales à une baisse de la conjoncture.

Un des buts principaux de l'économétrie est de donner une réponse à de telles questions. Il s'agit ici de donner une forme numérique à certaines lois économiques — pour les exemples cités il s'agit respectivement de la fonction de production, de la fonction d'offre de produits agricoles, de la fonction de demande de charbon et de mazout, et des coefficients de sensibilité des recettes fiscales aux changements dans l'assiette de l'impôt.

Je ne voudrais pas dissimuler cependant les difficultés que soulèvent ces recherches. Les données statistiques sont de mauvaise qualité — soit entachées d'erreurs d'observation, soit fragmentaires ou même inexistantes. Il est d'autre part bien souvent difficile de mettre en rapport la théorie et les chiffres : les théoriciens ont bâti beaucoup de leurs raisonnements les plus subtils en termes de grandeurs psychologiques non observables : l'utilité, les anticipations, les probabilités subjectives. Enfin les unités prises en considération sont différentes : le théoricien tend à porter son attention sur l'entreprise ou sur l'individu, alors que la statistique n'observe que des ensembles d'unités. Enfin, et c'est peut-être la difficulté la plus fondamentale, il est impossible, pour des raisons bien faciles à comprendre, de procéder à des expériences dans le domaine des sciences sociales. Où en serait l'étude de la gravitation universelle si les physiciens avaient dû se contenter de s'asseoir dans un verger en attendant la chute d'une pomme pour pouvoir faire des observations ? Encore les pommes tombent-elles tous les automnes, alors qu'il y aura bientôt trente ans que n'a plus été observée une crise économique sérieuse.

L'énumération de ces difficultés suffit à faire comprendre que la précision des mesures économétriques est loin d'égaliser celle des mesures dans les sciences physiques. Sans doute le bilan est-il loin d'être nul — sur toute une série de points l'économétrie a pu apporter un complément de précisions à la science économique. Et la liste s'allonge. Mais il faut dire que ces progrès ne sont rendus possibles que par l'application de techniques d'analyse de plus en plus fines et de plus en plus complexes. Et avouer qu'il n'est pas rare que l'application des techniques les plus puissantes donne des résultats si médiocres que force est de dresser un procès-verbal de carence.

* * *

Un second domaine privilégié de l'économétrie est l'étude de systèmes économiques complexes au moyen des modèles.

Un modèle est une représentation mathématique du système économique, considéré d'un point de vue déterminé (conjoncture, croissance, marché d'un produit, etc.). Quoique fort complexes, les modèles sont toujours beaucoup plus schématisés que les systèmes d'équilibre général et autres constructions

abstraites de théoriciens. Mais cette perte en finesse de détail est compensée par la quantification des relations, qui permet de tirer de l'analyse des modèles des conclusions beaucoup plus nettes.

Les modèles, bien sûr, ne sont pas une panacée. Ils ne donnent qu'une image grossièrement simplifiée de l'extrême complexité des mécanismes économiques. Ce qui a été dit plus haut sur les difficultés de chiffrer les lois économiques signifie que les coefficients qui y sont introduits sont souvent imprécis. Et si dans certains modèles, notamment ceux construits par des équipes universitaires américaines, presque tous les coefficients ont été estimés par des procédures statistiques raffinées, beaucoup d'autres contiennent une forte proportion de coefficients choisis à priori auxquels ont été données les valeurs jugées les plus vraisemblables pour le constructeur du modèle.

Je pense personnellement qu'il ne faut pas attacher trop d'importance à cet aspect de la construction des modèles. Ce qui compte avant tout est le sens de la réalité économique du constructeur du modèle, sa perception de ce qui est important et de ce qui ne l'est pas dans le fonctionnement des mécanismes qu'il désire schématiser. Le constructeur du modèle, comme un capitaine, est maître à son bord, et c'est à lui qu'incombe le choix de son équipage de coefficients ; les procédures statistiques, aussi raffinées soient-elles, ne peuvent jouer que le rôle des tests psycho-techniques dans la sélection du personnel : permettre un tri préalable, et éclairer le jugement en vue du choix définitif.

* * *

Comment l'économétrie s'insère-t-elle dans la gestion des affaires publiques ? Je tâcherai de le faire comprendre par quelques exemples.

Voyons tout d'abord l'usage du modèle conjoncturel construit par le Bureau Central du Plan hollandais. Ce modèle peut être ramené à un système d'équations exprimant comment certaines grandeurs particulièrement importantes pour le bien-être du pays, appelées variables-objectif, dépendent de variables contrôlées par le gouvernement, les variables-instrument, et de variables non contrôlées, dites exogènes. Le modèle, sous cette forme, sera représenté par une série d'équations

$$O_1 = f_1(I_1 \dots I_m, E_1 \dots E_n)$$

$$O_2 = f_2(I_1 \dots I_m, E_1 \dots E_n)$$

$$O_p = f_p(I_1 \dots I_m, E_1 \dots E_n)$$

$O_1 \dots O_p$ = variables-objectif (produit national, niveau des prix, emploi, etc.)

$I_1 \dots I_m$ = variables-instrument (taux d'impôts, taux d'escompte, etc.)

$E_1 \dots E_n$ = variables exogènes (population, prix mondiaux, etc.).

Il est clair que l'usage d'un tel modèle implique logiquement une collaboration entre tous les administrations et parastataux qui participent à la politique conjoncturelle, tant pour se mettre d'accord sur la forme du modèle que pour participer au choix des instruments et des objectifs.

Le choix des relations du modèle (les fonctions f_i) est assez technique, et il est bon ici de laisser l'initiative au service qui construit le modèle. Mais il est aussi, je pense, extrêmement souhaitable que son travail fasse l'objet d'une publication qui permette aux critiques de se manifester. L'économétrie n'a rien à gagner à cacher ses méthodes comme s'il s'agissait de magie noire.

Pour les valeurs exogènes les personnes les mieux placées pour en évaluer les valeurs les plus probables ne sont souvent pas les constructeurs du modèle, mais des fonctionnaires ou des chefs d'entreprise qui vivent de plus près la réalité quotidienne.

Mais c'est évidemment pour le choix des objectifs et des instruments qu'une collaboration s'impose le plus vivement. En fait si le modèle doit rester autre chose qu'un exercice en chambre et devenir une partie vivante des procédures de choix de la politique économique, il est indispensable que son emploi se fasse en liaison avec un système de comités permettant à ses auteurs de collaborer étroitement avec tous les services responsables de la politique conjoncturelle.

* * *

Mon second exemple sera un modèle de politique économique à moyen terme comme celui qu'a établi le Bureau de Programmation Economique. Dans ce genre de modèle, le rôle des informations provenant de l'extérieur est plus grand encore que dans un modèle à court terme. Alors que dans les modèles à court terme, la majeure partie des coefficients sont obtenus par l'analyse des statistiques du passé, ce procédé n'est guère utilisable lorsqu'il s'agit de prévision à long terme, où il s'agit bien plus de prévoir la rupture de tendances par rapport au passé que d'extrapoler celles-ci.

J. Sandee a très bien résumé la situation en disant que dans la prévision à long terme, il vaut bien mieux passer son temps à considérer l'avenir que le passé.

Toujours est-il qu'un modèle à moyen terme est, encore plus qu'un modèle à court terme, un cadre de pensées destiné à faciliter le tri, la comparaison et l'évaluation des informations sur l'avenir. Des méthodes de travail mécaniques sont ici impensables.

Ce type de modèle, de structure mathématique assez simple, et centré sur un tableau input-output, a été imaginé par les planificateurs français, et a depuis lors été adopté par plusieurs pays. Et sans doute continuera-t-il à

être l'élément central de la programmation à moyen terme, car il est admirablement adapté à faciliter ce dialogue entre gouvernement et secteur privé à travers lequel le plan parvient à s'enraciner dans la réalité. Mais j'avouerai que personnellement mon penchant va dans la direction de travaux plus compliqués.

Leontieff, l'inventeur de cette analyse input-output qui est au cœur des modèles de planification français, a plus d'une fois souligné que l'input-output n'est qu'une version fortement simplifiée du schéma d'équilibre général de Walras. La simplification la plus grave est l'ablation des prix, ainsi que des substitutions qui donnent un sens au mécanisme des prix. Sans doute cette ablation était-elle nécessaire dans une première étape pour construire un modèle utilisable, et il n'est pas inutile de rappeler les difficultés qu'a posées la résolution de la première table input-output de Leontieff. Mais il y a longtemps que ces difficultés sont écartées, et avec les moyens d'aujourd'hui les calculs qui ont donné tant de soucis à Leontieff seraient achevés en quelques secondes.

Je suis convaincu que la science ne pourra se contenter toujours d'un cadre de pensée aussi rigide et que, d'abord dans le laboratoire, puis dans l'action, l'on verra employer de plus en plus des modèles dans lesquels les substitutions entre techniques de production et entre biens de production joueront un rôle important et explicite.

La seconde voie de progrès est la recherche d'une relation plus étroite entre la politique à court terme et à moyen terme. A présent les deux types sont traités comme des problèmes distincts, alors que pourtant il est clair que la seconde n'est que l'addition de décisions prises au jour le jour.

* * *

Mais ceci est une échappée vers l'avenir, qui portera au moins témoignage que la science n'est pas arrêtée et que dans cinq ou dix ans, il sera possible de faire sur le thème « les applications de l'économétrie à la gestion des affaires publiques » un exposé très différent du mien.

Cette application, comme j'ai tâché de vous le montrer, est aujourd'hui un art difficile, dont les praticiens doivent concilier un savoir technique difficile à acquérir et un sens aigu de la réalité économique quotidienne. La technique économétrique n'est pas arrivée à un stade — y arrivera-t-elle jamais ? — où il est possible de calculer sur une machine les décisions à prendre. Mais elle peut sans aucun doute faire apparaître les problèmes sous un jour plus net et permettre de rendre ainsi la politique économique plus rationnelle.

LA STATISTIQUE ET L'EFFICACITE DE LA POLITIQUE ECONOMIQUE

par A. KERVIN de LETTENHOVE
Bureau de Programmation économique

Je n'essayerai pas de m'aventurer dans le domaine de l'économétrie qui a été celui de M. Waelbroek. Je vous parlerai des besoins en information primaire, qui sont liés à la formulation d'objectifs et à la réalisation d'une politique économique. Pour poursuivre une politique économique, le premier élément dont on a besoin, c'est de savoir ce qui se passe et ce qui risque de se passer, ensuite il faut avoir la volonté politique de faire quelque chose. Il ne sert à rien d'être parfaitement informé si, étant informé on n'est pas disposé à agir. Troisièmement, il faut disposer des instruments appropriés pour pouvoir agir de façon efficace. Je reviendrai à la fin de mon exposé sur ce troisième point, qui pose souvent un problème de nature statistique plutôt que juridique ou institutionnelle. Parlant de politique économique, je vais distinguer les aspects à court terme, de politique conjoncturelle, et à plus long terme.

La politique conjoncturelle peut être définie de façon extrêmement simple en termes du maintien du plein emploi sans inflation. Lorsqu'on envisage le long terme, les problèmes sont plus complexes parce que l'on y est confronté avec une multiplicité d'objectifs qui ne peuvent toujours être réalisés simultanément et entre lesquels on est souvent obligé de chercher des compromis.

Dans un sens l'objectif à long terme peut se simplifier en parlant d'une optimisation du taux de croissance ; si on l'exprime ainsi, la liaison entre le court terme et le long terme apparaît très nettement, parce que le temps perdu en économie comme ailleurs ne se rattrape pas et la maximisation ou l'optimisation d'un taux de croissance à moyen terme suppose qu'on puisse maintenir une stabilité suffisante dans le processus économique. A l'intérieur de cet objectif, nous trouvons tous les problèmes d'adaptation de structure économique, qu'il s'agisse de problèmes sectoriels ou de problèmes régionaux ; et également les objectifs de bien-être social, qu'il s'agisse de répartition des revenus, ou d'équipements et de consommations collectives. Et, sous-tendant toutes ces questions, on trouve le problème d'une utilisation optimale de ressources.

Quel que soit le type de problème que l'on aborde, du court ou du long terme, il y a une caractéristique commune. Ces problèmes sont presque toujours des problèmes d'optimum plutôt que des problèmes de maximum. Il ne s'agit pas d'aller le plus loin possible dans une direction, mais d'aller dans une certaine direction jusqu'au point qui paraît optimum. Ceci a une signification précise : il ne suffit pas d'une politique qualitative qui indique la direction, mais il faut tâcher d'aller jusqu'à un certain point et pas au delà ; en d'autres mots, un objectif économique doit être défini en termes quantitatifs. Ceci est évident sur le plan conjoncturel : il faut avoir une demande suffisante pour maintenir l'activité économique, il ne faut pas en avoir trop pour éviter l'inflation. La même chose est vraie sur le plan du long terme, lorsqu'on considère le progrès économique et les changements de structure qu'il implique. Un progrès économique rapide suppose que les entreprises les plus faibles, celles où la production est insuffisante ou est incapable de croître, perdent leur main-d'œuvre ; éventuellement qu'elles soient obligées, soit de fermer, soit de s'adapter en effectuant les mutations nécessaires dans leur organisation, dans leur production.

En même temps que le progrès technique comporte cet aspect négatif, son aspect positif entraîne la création d'un certain nombre d'entreprises nouvelles qui puissent absorber ce que les autres ont été obligées d'abandonner. L'équilibre dans la croissance suppose que nous ayons d'une part un certain nombre d'entreprises qui libèrent de la main-d'œuvre, et que de façon simultanée et quantitativement équivalente (non pas égale parce qu'il faut tenir compte des changements dans la force de travail disponible mais de façon quantitativement équivalente), un autre groupe d'entreprises absorbent les forces de travail libérées par ailleurs. C'est ce type d'équilibre dynamique qui, en quelque sorte, caractérise les problèmes de politique économique à moyen terme et qui doit être défini de façon quantitative. C'est-à-dire, qui doit s'appuyer sur une information statistique adéquate.

Je vais maintenant reprendre brièvement ces deux points en vous parlant d'abord des aspects conjoncturels. Ici, ce dont on a besoin avant tout, c'est de disposer d'indicateurs qui soient disponibles rapidement et en outre qui soient nombreux. J'insiste sur ce point parce que les phénomènes conjoncturels, même s'ils sont plus simples sur le plan de la politique économique que les phénomènes à long terme, restent néanmoins de grande complexité. Les situations conjoncturelles ne sont jamais deux fois les mêmes : qu'il y ait inflation ou déflation, les causes et le déroulement sont chaque fois liés à des phénomènes différents. Devant cette variabilité des éléments conjoncturels et de leurs inter-relations, il est extrêmement dangereux de se fier

à quelques indicateurs simples. Pour pouvoir manier la politique avec la précision nécessaire, il faut disposer en même temps de tout un ensemble de relations et d'indices dont les rapports entre eux seront chaque fois différents. D'abord, les indices qui concernent différents marchés comme les marchés monétaires et financiers, les marchés du travail. Ensuite, les marchés des produits, incluant les indices de production et de dépenses, les importations et les exportations. En même temps, les indicateurs des prix, des rémunérations ; aussi les indicateurs spécifiquement prospectifs, qui concernent les intentions d'investissement des entreprises, et, ce qui n'existe pas encore chez nous, ceux qui s'appliquent aux intentions de consommation ou d'achat de biens durables de la part de ménages. Sur ce plan, nous avons fait de grands progrès en Belgique et, en particulier, un instrument extrêmement précieux : le nouvel indice de production industrielle que l'Institut National de Statistique a mis en route depuis un an ou deux. Nos indices en matière d'évolution et de prix sont bons quoique, en matière monétaire souvent, avec un décalage souvent trop grand. Un progrès que nous attendons avec impatience, dont nous savons qu'il sera réalisé dans un avenir pas trop éloigné, sera l'estimation trimestrielle des comptes nationaux par l'Institut National de Statistique. Je sais que DULBEA le fait déjà, mais les bases d'information dont pourra disposer l'Institut National de Statistique sont plus larges ; ces statistiques ont un autre avantage : même si elles ne sont pas meilleures, elles sont moins discutables, ce qui est extrêmement important quand il s'agit, sur la base d'une information statistique, de persuader les gens qu'une action est nécessaire.

Les enquêtes de conjonctures sont menées par la Banque Nationale et le Marché commun, elles fournissent aussi des éléments extrêmement importants, comme la durée assurée d'activité dans les différents secteurs. Avec ces indicateurs différenciés de tension ou de relâchement, il devient possible de mesurer les phénomènes d'impulsion et ceux de propagation d'inflation.

Ainsi, nous avons dans l'ensemble une information qui est satisfaisante mais pas toujours suffisamment rapide et où certaines choses manquent. Parmi celles-ci, je souhaiterais, pour ma part, être beaucoup plus complètement et plus rapidement informé sur l'évolution des ventes au détail. Aussi, sur l'évolution des rémunérations et de certains circuits financiers ; il y a des éléments d'information qui viendraient utilement compléter l'arsenal existant, et qui, ou bien ne sont pas disponibles du tout, ou bien le sont avec un retard qui enlève une grande partie de leur valeur pour la politique conjoncturelle. Ceci dit, dans l'ensemble, nos gouvernements sont beaucoup mieux outillés

aujourd'hui qu'ils ne l'étaient il y a quelques années, pour prendre les mesures utiles, en temps utile, dans les endroits utiles et avec l'intensité utile.

J'en viens maintenant à ce qui est plus proprement l'objet de mon exposé qui concernera les problèmes de moyen terme ou de structure économique. Je vous ai été présenté comme appartenant au Bureau de Programmation et ma déformation professionnelle fait qu'il m'est très difficile d'aborder les problèmes de politique économique à moyen terme sans me référer au cadre de travail du Bureau de Programmation. Je vais commencer par vous donner de façon plus ou moins systématique les éléments de statistique qui sont nécessaires à l'effort de politique économique, que l'on désigne sous le nom de programmation. Mon exposé restera à un niveau extrêmement simple et, pour ceux d'entre vous qui sont économètres, je dirais primitif. J'ajouterai pour ceux qui ne seraient pas satisfaits que les publications de M. Waelbroeck et de M. Paelinck, l'un que vous venez d'entendre et l'autre qui se cache modestement au fond de la salle, pourront répondre beaucoup plus complètement que je ne le ferai aux questions supplémentaires que mon exposé pourrait soulever ; en particulier chez ces deux auteurs vous trouverez l'exposé non seulement des problèmes de statistique primaire que j'aborde ici, mais de l'utilisation que l'on en fait pour les calculs économétriques. Vous avez déjà eu l'occasion d'entendre Jean Waelbroeck et je suis sûr que si tout à l'heure vos questions sont trop embarrassantes, je pourrais me retourner vers lui ou Jean Paelinck pour obtenir une aide en y répondant.

Lorsque l'on aborde le problème d'une politique économique à moyen terme, le premier problème qui se pose au Gouvernement, qui prend la responsabilité d'un programme et qui le présente au Parlement, est celui des objectifs qu'il est raisonnable de s'assigner, et des conditions auxquelles ils peuvent être atteints. Il est impossible de définir ces objectifs et ces moyens nécessaires sans un cadre qui entre dans un certain détail, pour s'assurer que les orientations que l'on veut donner à la politique économique soient réalisables et cohérentes. Un des problèmes essentiels de notre vie politique est toujours celui du conflit des objectifs, parfois même du conflit des moyens. Ce sera toujours la tentation d'un gouvernement, par exemple à cause des promesses électorales, d'entreprendre plus qu'il n'est possible de réaliser, ou de sous-estimer les moyens nécessaires pour mettre en œuvre une politique ou encore de faire les deux à la fois. C'est pourquoi une politique économique à moyen terme raisonnable, je crois, doit aujourd'hui se baser sur des modèles relativement complets du fonctionnement et des perspectives d'une économie.

Je voudrais brièvement passer en revue les éléments d'information que

ceci comporte et qui sont nécessaires pour tâcher de définir ce que peuvent être les équilibres prospectifs dans le cadre d'un certain développement économique.

Je vais commencer par le marché des biens et services. Ici le problème fondamental est celui de l'équilibre entre l'offre et la demande, comme l'enseigne la première leçon de n'importe quel cours d'économie politique. L'économiste, a-t-on dit, est quelqu'un qui répète comme un perroquet les mots « offre et demande », et c'est bien de cela qu'il s'agit ici. Si nous commençons par les éléments de la demande, le premier et le plus important est constitué par la consommation privée. Nous travaillons à présent sur l'année 1970 et nous avons besoin d'une idée relativement précise de ce que pourrait être la structure de la consommation privée pour cette année. Ceci demande l'étude des fonctions de consommation, incluant les éléments prospectifs qui sont liés aux évolutions des prix relatifs et aussi ceux qui tiennent à l'évolution voire à la répartition des revenus. Dans ce domaine-ci, les travaux qui avaient été commencés par DULBEA et qui ont été repris par l'I.N.S. nous fournissent maintenant des séries historiques relativement détaillées et à partir desquelles les économistes peuvent s'amuser. Ils l'ont fait d'ailleurs et ont construit des modèles dont certains sont d'une grande complexité. C'est un domaine où, aujourd'hui, les bases statistiques dont nous disposons permettent avec un degré tout à fait raisonnable d'approximation, d'envisager les évolutions et les déformations dans les structures de consommation.

Le second élément de la demande concerne la consommation publique. Au stade actuel, je le prendrai comme élément de volontarisme politique plutôt que comme un élément à projeter à partir du type d'information statistique que je discutais il y a un moment. Nous y reviendrons tout à l'heure. Toutefois, le volontarisme politique joue ici, il faut garder la prudence nécessaire et étudier les séries historiques pour voir si les hypothèses politiques n'impliquent pas des gauchissements qui seraient manifestement irréalistes.

Tout comme la consommation publique, les investissements publics de la construction de logements dépendent essentiellement de pareils éléments volontaristes qui seront discutés tout à l'heure.

Plus difficile que la détermination de la consommation privée est celle des investissements des entreprises. Ici, le problème se pose à deux niveaux. D'abord, au niveau des accroissements du stock de capital qui sont liés à un certain accroissement des capacités de production. Ceci donne une relation d'équilibre dans le sens que, pour atteindre un certain niveau de production, il faudra passer par une augmentation de capacité de production qui dépend d'un montant calculable d'investissements.

Ensuite, et ici ce n'est pas une relation d'équilibre mais de comportement, c'est la fonction de décision d'investissement qu'il faudrait connaître : dépend-elle de l'évolution de la demande, de l'évolution des profits ? Peut-on agir sur les investissements en abaissant le taux d'intérêt, en modifiant le régime des amortissements, en essayant de modifier les coûts relatifs entre ce pays et les pays voisins ?

Je dois dire que, dans ces deux problèmes, aussi bien celui des besoins en capital dans un modèle d'équilibre, que celui des relations de comportement (ou des fonctions de décision), nous ne sommes pas très avancés et les données statistiques existant sont incomplètes et insuffisantes. Nous n'avons que des estimations relativement grossières du stock de capital, notre connaissance qualitative des investissements est incomplète, de même que notre connaissance des capacités de production effectives. On connaît les productions, souvent pas les capacités de production. Tant sur le plan des besoins que sur celui des fonctions de décision, notre connaissance des relations reste déficiente. Je ne veux pas incriminer notre appareil statistique ; il devrait sans doute être complété sur l'un ou l'autre point ; mais il est parfaitement possible que dans une économie aussi petite que celle-ci, il n'y ait pas, dans l'univers que nous essayons d'observer, de régularité suffisante pour fournir des conclusions généralement valables ; en d'autres mots les variations techniques d'un cas à l'autre, comme les variations de comportement d'une décision à l'autre peuvent être telles qu'il n'existe pas de relations générales valables et significatives dans ce domaine des investissements. Il faudra, je crois, attendre encore un certain développement de notre appareil statistique et peut-être de nouvelles recherches économétriques avant de pouvoir apporter des réponses satisfaisantes à ce problème.

Finalement, sur le plan de la demande finale, il reste le problème, crucial pour nous, du commerce extérieur, des importations et des exportations. Ici toutefois le domaine de l'information dépasse très largement celui des statistiques nationales.

Nos possibilités d'exportation, comme les perspectives de nos importations, sont très largement fonction de ce qui se passe dans les pays étrangers. Nous avons la possibilité d'analyser les tendances du marché, d'étudier l'évolution des positions compétitives, mais très souvent en faisant appel aux données des statistiques étrangères. Il s'agit là d'une analyse extrêmement complexe : le nombre de produits est très grand, et les classifications du Commerce extérieur ne sont pas toujours les mêmes que celles des statistiques industrielles, ce qui rend le travail non seulement très laborieux, mais parfois

très imprécis si on reste avec de grosses catégories qui se classent difficilement. C'est un domaine difficile et où on peut entrer dans d'infinis détails sans nécessairement arriver à des conclusions particulièrement probantes ; mais c'est aussi un domaine où dans un pays comme le nôtre, il est nécessaire de faire un effort pour tâcher de voir clairement, au moins de façon assez grossière, quelles sont certaines des grandes déterminantes des courants de notre commerce extérieur ; à défaut de cela, il n'est pas possible d'aller très loin, ni dans un modèle de programmation, ni dans les orientations de la politique économique.

Vous ayant parlé de la demande finale, je vais maintenant envisager la transition entre ces demandes finales et le côté production du système ; ici la technique essentielle, qui est bien connue maintenant depuis une vingtaine d'années, est celle des tableaux d'input-output. M. Waelbroeck en a parlé tout à l'heure, et je ne vais pas en discuter les aspects techniques. Il suffit de répéter ici qu'il est nécessaire, pour pouvoir passer des demandes aux productions, de connaître les relations interindustrielles, les quantités de différents produits et services qui sont nécessaires pour produire une unité de biens finaux. Il faut aussi être en mesure de prévoir quelles vont être les évolutions de ces relations interindustrielles. Il ne sert à rien de savoir qu'aujourd'hui, il faut 3.000 calories d'énergie primaire pour faire 1 kWh de courant électrique, la question qui intéresse la programmation c'est de savoir combien il faudra de calories par kWh en 1970. Ce dont on a besoin, c'est non seulement la structure des coefficients techniques, de ces relations industrielles pour le point de départ, mais aussi de savoir quelles vont être les déformations de cette structure qui vont être entraînées par le progrès technique dans le courant des années à venir. A long terme cela devient terriblement incertain, mais à moyen terme cela peut être obtenu. En effet, le progrès technique a une diffusion relativement lente et ce qui sera la pratique moyenne dans l'industrie dans quelques années correspond, aujourd'hui à la pratique des entreprises de pointe. Ainsi, moyennant un effort d'information considérable et difficile, il doit être possible de se faire une idée relativement précise de cette évolution.

Dans ce domaine-ci, comme dans bien d'autres, le pionnier a été DULBEA qui a publié une première matrice des transactions industrielles pour l'année 1953. Nous disposons maintenant, d'un nouveau tableau qui a été calculé par l'I.N.S. pour 1959, qui est fort détaillé, et généralement excellent, mais qu'il est très difficile de raccorder au tableau précédent. Sur le plan de l'information, un énorme progrès a été fait, mais nous ne serons

sûrs de notre démarche que lorsque nous posséderons plusieurs tableaux du même type se référant à des années différentes. Alors il sera possible d'examiner l'évolution structurelle des coefficients techniques à travers le temps plutôt que de se contenter de projections a priori. Ceci est une des incertitudes qui restent, qui va se trouver levée dans l'avenir grâce aux travaux de l'Institut National de Statistique, mais, en attendant, on est encore obligé de faire des extrapolations qui paraissent raisonnables, mais qui ne sont pas appuyées sur une expérience historique, sur la manière dont les choses se sont effectivement transformées dans le temps.

Dans ce domaine, nous disposons maintenant de données sur le secteur industriel qui sont bonnes. Grâce au développement des statistiques annuelles de production, notre outillage statistique, ici, est aussi bon que ce qui existait dans la plupart des pays étrangers et, meilleur que chez beaucoup qui ont la réputation même d'avoir dans l'ensemble un meilleur appareil que le nôtre. Ceci est vrai pour le secteur industriel, c'est acceptable encore pour l'agriculture. Dans le domaine des Services, toutefois, il faut bien reconnaître que l'on est très loin d'être arrivé au degré de précision dans la connaissance statistique qui serait souhaitable et j'ajoute que ceci s'applique aussi aux services publics où cela est inexcusable. Il y a certains domaines où des informations relativement complètes sont disponibles pour les entreprises privées mais font défaut pour les entreprises publiques. Il reste ici des problèmes d'immobilité ou de résistance des structures qui devront être surmontés dans les années à venir.

Je voudrais maintenant aborder le marché des facteurs de production. J'aurais peut-être dû commencer par les problèmes de population active car il est clair que toute projection de l'évolution possible d'une économie parte des disponibilités en facteurs de production. Le nombre et la qualité de la population active, l'importance de l'équipement dont dispose le pays sont les éléments décisifs qui cernent le possible, qu'il s'agit d'abord de définir et ensuite d'essayer d'atteindre. Pour pouvoir projeter dans l'avenir les disponibilités, nous avons besoin des structures détaillées par âge et par sexe de la population active, des taux d'activité par âge et par sexe et de leur évolution passée. Depuis que nous commençons à avoir les résultats du recensement de 1961, la situation s'est considérablement améliorée à cet égard ; en comparant les résultats de 1947 et de 1961, il est maintenant possible, dans la plupart des domaines, de connaître non seulement les structures actuelles, mais de pouvoir mesurer de façon relativement satisfaisante leur déformation à travers le temps.

Le second élément dont on a besoin dans ce domaine, c'est l'efficacité de ces facteurs de production et, en particulier, les valeurs ajoutées par tête, ce qu'on appelle la productivité du travail. Tout à l'heure, je parlais de secteurs qui absorbent ou qui rejettent de la main-d'œuvre : les secteurs qui rejettent de la main-d'œuvre sont ceux où la productivité du travail augmente plus vite que la production totale. Inversement, ceux qui absorbent de la main-d'œuvre sont ceux où la productivité ne suit pas le rythme de la production.

L'automation, dans la mesure où elle représente une accélération dans l'évolution des productivités, implique essentiellement la possibilité d'envisager une accélération dans le taux de croissance de la production. En même temps, elle impose aux pouvoirs publics la nécessité de fixer des objectifs plus élevés pour assurer le maintien du plein emploi. Mon exemple n'est pas peut-être réaliste aujourd'hui pour l'économie belge, mais il se pose déjà dans ces termes pour l'économie américaine et nous aussi, nous en viendrons vraisemblablement un jour à cela.

Il faudrait pouvoir compléter les données quantitatives de la population active par une vue relativement précise des possibilités de remplacer des travailleurs par du capital ; en d'autres mots, d'augmenter plus rapidement la productivité au moyen d'un effort supplémentaire d'investissement. Pour cela il faudrait connaître des fonctions de production, qui établissent un rapport entre la quantité utilisée de différents facteurs de production et le volume de l'output qui en résulte. Ici aussi, soit déficience de l'appareil statistique (nous n'avons guère de données valables quant à la quantité de travail utilisé), soit parce que l'univers lui-même que nous essayons d'observer ne présente pas les régularités suffisantes, nous devons reconnaître que nous ne disposons pas, à présent, de fonctions de production sectorielle que nous osons utiliser avec confiance pour nos projections dans l'avenir.

Passons maintenant aux aspects qualitatifs du marché du travail. C'est un grave problème pour l'avenir et, j'ajouterai à ce que disait M. Waelbroeck tout à l'heure, que c'est un des domaines sur lesquels notre information est totalement déficiente. Nous espérons, dans les années à venir, être en mesure d'augmenter nos connaissances élémentaires au point d'être capable de faire des études prospectives au moins assez macro-économiques, qui nous apparaissent terriblement nécessaires : pour une politique à long terme, regardant vers 1980 ou l'an 2000, c'est un des problèmes fondamentaux. A long terme en effet presque tout redevient mobile et même les investissements industriels lourds redeviennent liquides sur une période d'une vingtaine d'années. Par contre, la durée d'une vie active d'homme est de l'ordre de 40 ans ou

dépasse ce chiffre, et les spécialisations acquises ne se modifient pas si facilement en cours de route. Le coût social de ces spécialisations est toujours très élevé. Dans la mesure où il sera possible d'arriver à une prévision qualitative de l'emploi, c'est certainement un élément extrêmement important d'augmentation de bien-être, de diminution des frictions sociales qui représentent chaque fois des pertes. Ceci reste un objectif important même si aujourd'hui je suis bien obligé de dire que, en termes de l'information disponible, cela reste un objectif relativement lointain.

Disons maintenant un mot de l'autre grand facteur de production : le capital et son marché.

Je vous ai dit déjà que notre information en matière d'investissement et de stock de capital était déficiente. C'est encore plus vrai sur le plan de l'épargne. Nous avons sans doute les données de la Comptabilité nationale, mais l'épargne y est un résidu : on calcule les revenus des gens et leur consommation ; ainsi on obtient un résidu qui est l'épargne. Et le résidu, comme chacun sait, cumule les erreurs des deux séries primaires. Pour peu que ces erreurs soient de sens contraire, l'erreur sur le résidu peut être relativement élevée, surtout si le résidu ne représente qu'une fraction faible du total et cela même si les séries primaires sont bonnes. Aussi, les séries d'épargne de la Comptabilité nationale, que certains économètres audacieux ont essayé de mettre en corrélation avec toute sorte de choses, sont très peu sûres et donc dangereuses à utiliser. Nous avons des estimations directes mais incomplètes, voire conceptuellement imparfaites, de l'affectation de l'épargne, mais véritablement rien sur la formation de l'épargne. J'ai été très heureux d'entendre Jean Waelbroeck dire tout à l'heure, qu'il faisait maintenant à Dulbéa une enquête sur l'épargne dans les familles aisées. Il a ajouté immédiatement que son échantillon n'était ni valable ni représentatif et risquait de contenir toute sorte de biais. Après avoir repris espoir un instant, je me sens de nouveau découragé : ce n'est pas encore demain que nous connaissons l'épargne pour les différents niveaux de revenus, et pour les différentes catégories socio-professionnelles. En effet, l'enquête de l'Institut National de Statistique, à laquelle Jean Waelbroeck faisait allusion, est orientée vers les problèmes de consommation et porte sur un échantillon d'ouvriers, d'employés, de retraités, ce qui n'est pas significatif en matière d'épargne.

Une enquête qui a été faite par le Bureau de Statistique aux Pays-Bas souligne la gravité de notre ignorance en matière de politique économique. Ils ont trouvé une corrélation régulière entre les niveaux de revenus et les coefficients d'épargne. La relation était linéaire et le coefficient moyen

d'épargne augmentait régulièrement, passant de 4 % pour les revenus inférieurs jusque quelque 25 % d'épargne pour les revenus supérieurs. Pareille série implique que le coefficient marginal d'épargne reste constant à travers toute la structure des revenus. Ceci voudrait dire que, si on devait procéder à travers le temps à une certaine redistribution du revenu national, par exemple par des impôts fortement progressifs, ceci serait sans incidence pour le volume total de l'épargne.

Dans la mesure où une fonction de ce type serait valable pour notre pays, on pourrait envisager une politique plus audacieuse de redistribution de revenus, sans craindre de voir fondre le volume de l'épargne correspondant au niveau des investissements nécessaires ou sans craindre une poussée inflationniste immédiate. Cet exemple souligne combien la déficience de notre information statistique peut limiter ce que l'on peut envisager en matière de politique économique.

Aujourd'hui, nous ne savons pas quelles sont les incidences des augmentations des différents types de revenus sur l'épargne nationale et nous connaissons mal les circuits financiers dans ce domaine. La Banque nationale a fait un effort pour établir des bilans annuels des actifs financiers, elle les a spécifiés par nature, et dans une certaine mesure par détenteur. Dans une certaine mesure seulement, parce que la catégorie centrale est intitulée « Entreprises et particuliers ». Il est clair que sans ventilation supplémentaire, on n'a en main aucun instrument valable pour faire une politique.

Le même problème d'information se présente lorsque nous abordons la question de la programmation en valeur, ce qui implique les questions de changement dans la structure des prix relatifs et dans la formation des revenus.

Si des prix relatifs nous entraîneraient hors de notre propos, la question de la formation des revenus mérite de nous arrêter un moment, car elle se pose à la politique économique de tous les pays d'Europe occidentale. L'O.E.C.D. à Paris en est à son quatrième volumineux rapport sur ce sujet, le Marché Commun vient de créer un groupe de travail pour l'étudier ; les Anglais viennent de publier un « White Paper » et les gouvernements français et hollandais font se succéder les déclarations, toujours à propos de la politique des revenus.

Chez nous il serait difficile d'aborder de façon efficace ce problème : ainsi la récente prise de position de la F.G.T.B. précise qu'une condition préalable serait celle d'une information statistique adéquate. Nous nous trouvons ici devant un problème où les possibilités mêmes de définir des objectifs

et d'utiliser les instruments dont on pourrait disposer, sont bloquées par le manque d'informations primaires. Nous disposons de données relativement précises et détaillées, mêmes régionales sur les salaires ; nous avons des données globales tirées de la Comptabilité nationale sur l'agriculture ; maintenant, grâce aux échantillonnages faits par l'Institut Economique Agricole nous commençons à avoir des comptabilités agricoles qui permettent de voir les choses de plus près par région, par type et dimensions d'exploitation. Pour les autres types de revenus, tels que les revenus mixtes des indépendants, dans la distribution ou ailleurs, ou les bénéfices des entreprises, notre information reste à un niveau primitif. Pour les bénéfices des entreprises, nous pouvons espérer dans les mois à venir une meilleure information grâce à l'analyse que va faire l'Institut National de Statistique des statistiques fiscales. Nous aurons des statistiques qui ne seront plus basées sur les bilans présentés aux actionnaires, mais sur les bilans acceptés par le receveur de contributions. Vous savez que la Comptabilité nationale a estimé de façon arbitraire une marge d'erreurs sur les bilans présentés aux actionnaires. Même après ce progrès dans la qualité de l'information, ceci reste un des domaines où il est le plus nécessaire de poursuivre et de développer notre effort statistique. Il ne sera possible d'étendre la politique économique du Gouvernement dans ce domaine que lorsque nous disposerons d'une information statistique fortement améliorée à la fois sur la formation des revenus primaires et sur la redistribution des revenus à travers les circuits. Ceci s'applique non seulement aux revenus bruts par catégorie économique, comme ceux que nous avons aujourd'hui, mais aux revenus nets des ménages compte tenu de prélèvements fiscaux et des éléments de redistribution à travers la sécurité sociale, ou d'autres formes de transferts.

Sans doute les difficultés sont considérables pour améliorer l'information dans ce domaine et il faudra encore se contenter longtemps de données relativement sommaires. J'espère toutefois que nos gouvernements attacheront une importance suffisante à ce type de problème pour y consacrer l'effort nécessaire.

Le dernier point de cet exposé concerne certains problèmes spécifiques d'optimum qui se posent dans les domaines de la consommation et des investissements publics. Ce sont des domaines où doivent s'exercer les choix politiques ; il ne s'agit donc pas de faire une prévision comme pour estimer l'évolution de la consommation privée. Il ne s'agit pas non plus de calculer une liaison nécessaire comme celle qui peut relier l'investissement à l'augmentation de la production. Il s'agit ici du calcul de certains optima. Il faut obtenir

les informations qui permettent aux autorités d'estimer de la façon la plus raisonnable quelle est la relation entre les coûts de certaines décisions et les conséquences heureuses qu'ils peuvent en espérer.

Ici, le métier du statisticien et dans une certaine mesure de l'économètre, consiste à éclairer les décisions. Le problème d'orientation en matière d'enseignement peut servir d'exemple. Ou bien, prenez la politique de santé : il faut savoir quel est l'équipement dont on dispose, quels sont ses points forts et ses points faibles, quel serait le coût d'une amélioration de cet équipement et quelles conséquences on peut en attendre ?

Un autre problème, qui agite l'opinion, est celui des aspects qualitatifs du logement. A quel rythme peut-on essayer de moderniser le parc des logements ? Quel est le coût de cet effort ? Pour pouvoir poser ces problèmes en termes concrets, il faut au départ une information statistique fort détaillée sur ce qui existe et sur l'évolution des besoins. Ce n'est qu'à partir de ce moment que le travail de recherche opérationnelle peut être entrepris. Un autre exemple est le problème des transports et de l'infrastructure routière. Quels sont les coûts que l'on encourt si l'on essaie de réaliser différents axes de communication ? Quels moyens de transport sont les plus appropriés, quelle va être l'évolution de la demande, tel type d'investissement se justifie-t-il par rapport à tel autre type d'investissement ?

Dans tout ceci on se trouve devant des moyens limités, soit de façon purement financière, soit même du côté physique. Notre capacité de production est limitée, choisir tel ensemble de travaux veut dire en sacrifier un autre. Calculer la rationalité économique et sociale, le rapport entre les coûts sociaux effectifs des différents programmes et les bénéfices qui peuvent en être retirés, améliorerait l'efficacité de la politique de l'Etat. C'est un domaine où nous ne faisons que commencer. Monsieur Waelbroeck parlait du manque d'économètres. Jusqu'à présent, nos administrations sont fort mal outillées pour se lancer dans ces travaux qui sont du domaine de la recherche opérationnelle.

C'est un domaine où l'effort peut être des plus payant. Nous voyons des entreprises qui emploient 500 ouvriers et qui ont un chiffre d'affaires de quelques millions, qui se lancent dans ce genre de chose, qui voient que c'est payant. Ici nous parlons en termes de milliards et il est clair qu'il y a dans le domaine public une déficience dans l'allocation des ressources qui est des plus importante quant au potentiel économique de la Nation. Ce point sort peut-être un peu de mon propos parce que le type d'information statistique sur lequel il doit s'appuyer est en général beaucoup plus détaillé que

ce qui fait l'objet des statistiques économiques courantes que j'ai discutées jusqu'à présent. Nous avons souvent tendance à juger certaines statistiques inutiles, à trouver que l'on demande trop de détails. L'expérience montre que même si l'utilité de telle question n'est pas immédiatement apparente, ce sont précisément ces détails et ces degrés de précisions qui font que la statistique est utilisable lorsqu'on entre plus avant dans les problèmes.

En fait, quand je regarde, non seulement les bulletins de l'Institut National de Statistique, mais leurs études spéciales et aussi certaines statistiques recueillies mais non publiées, il y a très peu de choses qui soient inutiles. Sans doute la dimension des poissons pêchés en mer ne nous a jamais servi mais c'est à peu près la seule statistique à notre point de vue inutile. Même la statistique des accidents de la route a son intérêt pour des calculs opérationnels sur le développement du réseau routier : le taux d'accidents est un élément dont il faut tenir compte dans le calcul de l'intérêt social de la création ou du développement d'une infrastructure. Il faut beaucoup se méfier avant de dire qu'une statistique est inutile.

En conclusion, rappelons que dans les dernières années, la politique économique est devenue beaucoup plus ambitieuse. Il y a trente ans, on a commencé à parler du niveau du produit national comme objectif ; ce n'est que depuis la guerre que l'accent est mis sur son taux de changement.

Plutôt que des grandeurs absolues, nous nous préoccupons de leurs dérivées. Nous abordons actuellement le stade des accélérations et des ralentissements, ce qui nous fait entrer dans le domaine des dérivées secondes. Nous ne savons pas où nous nous arrêterons en si bonne voie. Il est clair que cette ambition croissante tant dans la formulation des objectifs que dans la capacité de les réaliser est directement liée au développement de l'appareil statistique.

L'offre et la demande ont eu ici un développement parallèle. La demande résulte du progrès de la volonté politique d'agir sur la vie économique, d'en régulariser le fonctionnement, d'en optimiser le développement. Cela, c'est l'élément qui crée la demande pour le perfectionnement de notre appareil statistique ; de l'autre côté, vous avez le travail spontané des statisticiens qui, par amour de l'art, essaient de développer leur technique et constituent l'offre. Ce phénomène est général.

En Belgique, si nous avons encore des déficiences relativement marquées, des progrès très rapides et importants ont été accomplis. Néanmoins, je crois qu'en termes de mon modèle d'offre et de demande, le marché n'a pas retrouvé

son équilibre. La demande dépasse encore ce que les statisticiens peuvent nous offrir. Ceci est vrai aujourd'hui et il s'agit d'un phénomène dynamique : au fur et à mesure que l'offre se développe, la demande risque d'augmenter plus vite encore. La politique économique n'a peut-être pas atteint la limite de ses ambitions et je crois que pendant pas mal d'années encore, elle va courir derrière les statisticiens, leur demandant de faire encore des efforts supplémentaires pour rencontrer ses besoins.

NOS ECHOS

ALLERLEI

Le Secrétariat de la SOGESCI a
reçu les informations suivantes :

Het Sekretariaat van het SOGESCI
heeft de volgende mededelingen
ontvangen :

— Le Général M. Vranckx et le Colonel L.L. Hennico, du Centre d'Etudes Militaires belge, Mesdemoiselles S. Huybrechts et Jacqueline Teghem, MM. P.P. Gillis, F. Lambert, Ph. Passau et J. Teghem, membres de la SOGESCI, ont participé aux travaux de la Conférence Internationale de l'OTAN, sur les progrès récents dans la théorie des files d'attente, qui s'est tenue à Lisbonne du 27 septembre au 1^{er} octobre 1965.

Le Général M. Vranckx a présidé une séance. Les professeurs S. Huybrechts et J. Teghem avaient été invités à présenter des exposés de synthèse. MM. Ph. Passau et J. Teghem ont, en outre, présenté chacun une communication.

Le Professeur A. Kaufmann, Membre du Conseil d'Administration de la SOGESCI, a pris part également aux travaux, et a présenté une communication.

— Nous apprenons avec satisfaction que M. Jacques Halkin, Ingénieur, Chef de Service à l'Union Minière du Haut Katanga et qui fut le dévoué animateur du groupe de travail : « Information documentaire » de la SOGESCI, a obtenu le 14-9-65 à Paris le 1^{er} Prix du Colloque que l'Association Internationale des Documentaristes et Techniciens de l'Information a organisé sur le thème « l'adaptation du document à sa fonction ».

Nous adressons à M. J. Halkin nos plus chaleureuses félicitations pour cette distinction très flatteuse.

COURS D'ETE DE L'OTAN SUR LES LANGAGES DE PROGRAMMATION (*Pise, 6-24 septembre 1965 ; Directeur : M. F. Genuys*).

Ces cours furent donnés à l'Institut de Physique de Pise par cinq professeurs : Messieurs S. GINSBURG (Etats-Unis), A. VAN WIJNGAARDEN (Pays-Bas), P.-J. LANDIN (Royaume-Uni), A. CARACCILO DI FORINO (Italie), P. NAUR (Danemark).

Parmi les questions envisagées dans le cours de S. GINSBURG (« Theory of context free languages »), nous citerons la caractérisation de l'ensemble des langages « context free » à l'aide d'une certaine classe d'automates (la classe des « pushdown automata »), la recherche d'opérations sur les lan-

gages « context free » ou sur les paires de langages « context free » qui préservent l'ensemble des langages « context free », la solubilité ou insolubilité de certains problèmes concernant les langages « context free ».

La majeure partie des leçons de A. VAN WIJNGAARDEN fut consacrée à la définition formelle de la syntaxe et de la sémantique des langages de programmation (introduction de formules métalinguistiques et métamétalinguistiques). Quelques heures furent passées à l'explication d'un rapport de J.W. de BAKKER traitant de l'application de cette définition formelle à L'ALGOL 60. (Référence : J.W. de Bakker : « Formal definition of algorithmic languages, with an application to the definition of ALGOL 60 », Stichting Mathematisch Centrum, Amsterdam ; Rekenafdeling, MR 74 ; mei 1965).

P. LANDIN (« λ -Calculus and its applications ») décrit un langage abstrait basé sur les λ -calculs de CHURCH et comprenant des expressions appelées « expressions applicatives » (définition de la structure des expressions applicatives et construction d'une machine abstraite, la « sharing machine », pour définir la sémantique de ces expressions applicatives). Il établit ensuite une correspondance entre les expressions d'ALGOL 60 et les expressions du langage abstrait.

- (Références : 1) P.J. LANDIN : « The mechanical evaluation of expressions », Comput. J. 6, 4, (Jan. 1964), 308-320 ;
 2) P.J. LANDIN : « A Correspondence between ALGOL 60 and Church's Lambda-Notation », Communications of the ACM, 8, 2 (Feb. 1965), 89-165).

Après une introduction générale sur la théorie des langages de programmation, A. CARACCIOLO (« Special programming languages ») décrit des langages de programmation pour machines-outils (« drilling machine » et « milling machine »), dit quelques mots du STRESS (« a problem oriented language for Civil Engineers ») et traite ensuite des langages de simulation.

Quant à P. NAUR (« The systematic design of effective computers »), après avoir précisé les éléments de l'efficacité (vitesse et sécurité), il traite les points suivants : « storage allocation » (« systems tapes », « run-time », « translation »), « analysis of texts », « type checking » et « code generation ».

Marcel LORIS et Jacqueline TEGHEM.

PUBLICATIONS REÇUES**ONTVANGEN PUBLICATIES**

- 1) Journal of the Operations Research Society of Japan : December 1964, Volume 7 Nr 2 - February 1965, Volume 7 Nr 3 - May 1965, Volume 7 Nr 4.
- 2) INTI N° II - Ano III (Instituto Nacional de Tecnologia Industrial - Centro de Investigacion Documentaria - Buenos-Aires - Argentina).
- 3) Annales de Sciences Economiques Appliquées N° 3, août 1965.
- 4) Revue IBN (Institut Belge de Normalisation) N°s 7, 8, 9 et 10, juillet - août - septembre - octobre 1965 — BIN Revue (Belgisch Instituut voor Normalisatie) N°s 7, 8, 9 en 10, juli - augustus - september - oktober 1965.
- 5) Quality EOQC Journal, Rotterdam, Vol. IX, Nr 3 - Autumn 1965.
- 6) Revue Suisse pour l'Organisation Industrielle, Zurich, Nr 10, 1965 (Institut d'Organisation Industrielle de l'Ecole Polytechnique Fédérale, Zurich).

Prix de vente

Au numéro : Belgique 75 FB
Etranger 90 FB
Abonnement : Belgique 250 FB
(4 numéros) Etranger 300 FB

Tarif de publicité
(4 numéros)

La page : 5.000 F
La 1/2 page : 3.000 F
Le 1/4 page : 2.000 F

Les frais de clichés sont à charge de l'annonceur.

Publications d'articles

- 1) La Revue est ouverte aux articles traitant de statistique pure et appliquée, de recherche opérationnelle et de « quality control ».
- 2) Les manuscrits seront dactylographiés et peuvent être envoyés au secrétariat de la Revue : 66, rue de Neufchâtel, Bruxelles 6.
- 3) Les auteurs d'articles techniques recevront 25 tirés à part de leurs textes.
- 4) La responsabilité des articles n'incombe qu'à leurs auteurs.

Verkoopprijs

Per nummer : België 75 BF
Buitenland 90 BF
Abonnement : België 250 BF
(4 nummers) Buitenland 300 BF

Advertentietarief
(4 nummers)

Per bladzijde : 5.000 F
Per 1/2 bladzijde : 3.000 F
Per 1/4 bladzijde : 2.000 F

De cliché-onkosten vallen ten laste van de adverteerders.

Publicaties van artikels

- 1) Het Tijdschrift neemt artikels aan over wiskundige statistiek en toepassingen, over operationeel onderzoek en kwaliteitszorg.
- 2) De teksten dienen getipt gestuurd te worden naar het secretariaat van het Tijdschrift : 66, Neufchâtelstraat, Brussel 6.
- 3) De auteurs ontvangen 25 overdrukken van de technische artikels.
- 4) De auteurs zijn alleen verantwoordelijk voor de inhoud van hun teksten.