

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

**Vol. 2 - N° 3
SEPT. 1961**

**BELGISCH TIJDSCHRIFT VOOR STATISTIEK
EN OPERATIONEEL ONDERZOEK**

**Vol. 2 - N° 3
SEPT. 1961**

La « Revue Belge de Statistique et de Recherche Opérationnelle » est publiée par les Sociétés suivantes :

ABSI (en collaboration avec l'OBAP). — Association Belge pour les Applications Industrielles de la Statistique.
Siège social : 60, rue de la Concorde, Bruxelles 5.
Secrétariat : 10, rue du Tulipier, Bruxelles 19.

AGESCI. — Association Belge pour l'Application des Méthodes scientifiques de Gestion.
Siège social : 4, r. Ravenstein, Bruxelles.
Secrétariat : 2, allée des Platanes, Loverval.

SBS. — Société Belge de Statistique.
Siège social : 44, rue de Louvain, Brux.
Secrétariat : 44, rue de Louvain, Brux.

COMITE DE DIRECTION

S. MORNARD, Ingénieur civil, 51, rue Souveraine, Bruxelles 5.
J. TEGHEM, Professeur à l'U.L.B., 1, av. Reine Marie-Henriette, Bruxelles 19.
J. WANTY, Ingénieur civil, 85, avenue A. Huysmans, Bruxelles 5.

COMITE DE SCREENING

A. HEYVAERT, ingénieur civil, 8, av. de la Prospérité, Dilbeek.
Ph. PASSAU, Ingénieur civil, Docteur en Sciences, 2, allée des Platanes, Loverval.
J. TEGHEM, Professeur à l'U.L.B., 1, av. Reine Marie-Henriette, Bruxelles 19.

REDACTION

L. MICHA, Ingénieur civil, 43, rue J.-B. Colijns, Bruxelles 5 - Tél. 44.76.11.

SECRETARIAT

M^{me} J. CROCHELET-GHISLAIN, 10, rue du Tulipier, Bruxelles 19 - Tél. 45.35.29.

Het « Belgisch Tijdschrift voor Statistiek en Operationeel Onderzoek » wordt uitgegeven door de volgende Verenigingen :

ABSI (in samenwerking met B.D.O.P.). — Belgische Vereniging voor Industriële Toepassingen van de Statistiek.
Maatschappelijke zetel : 60, Eendrachtstraat, Brussel 5.
Secretariaat : 10, Tulpenboomstraat, Brussel 19.

AGESCI. — Belgische Vereniging voor de Toepassingen van de Wetenschappelijke Methoden van Bedrijfsbeheer.
Maatschappelijke zetel : 4, Ravensteinstraat, Brussel.
Secretariaat : 2, allée des Platanes, Loverval.

SBS. — Belgische Vereniging voor Statistiek.
Maatschappelijke zetel : 44, Leuvensestraat, Brussel.
Secretariaat : 44, Leuvensestraat, Brussel

DIRECTIE COMITE

S. MORNARD, Burgerlijk Ingenieur, 51, rue Souveraine, Brussel 5.
J. TEGHEM, Professor aan de V.U.B., 1, Koningin Marie-Henriettelaan, Brussel 19.
J. WANTY, Burgerlijk Ingenieur, 85, A. Huysmanslaan, Brussel. 5.

SCREENING COMITE

A. HEYVAERT, Burgerlijk ingenieur, 8, av. de la Prospérité, Dilbeek.
Ph. PASSAU, Burgerlijk Ingenieur - Dr. in de Wetenschappen, 2, allée des Platanes, Loverval.
J. TEGHEM, Professor aan de V.U.B., 1, Koningin Marie-Henriettelaan, Brussel 19.

REDACTIE

L. MICHA, Burgerlijk Ingenieur, 43, J.-B. Colijnsstraat, Brussel 5 - Tel. 44.76.11.

SECRETARIAAT

Mevr. J. CROCHELET-GHISLAIN, 10, Tulpenboomstr. Brussel 19. Tel. 45.35.29.

**Revue belge de Statistique
et de recherche opérationnelle**

VOL. 2 — N° 3 — SEPTEMBRE 1967

VOL. 2 — N° 3 — SEPTEMBER 1961

SOMMAIRE ————— **INHOUD**

M. ALEXANDRE Alignement optimum des arbres de navire.
L. DOR
J. MOULART
E. de WILDE

J. M. DOPCHIE De werkgroepen van de A.G.E.S.C.I.

P. BERTELSON L'utilisation de la théorie de l'information en
psychologie.

Les ordinateurs et le traitement intégré des informations.

De ordinateuren en de geïntegreerde verwerking van gegevens.

Le Congrès international pour l'augmentation de la rentabilité dans l'industrie minière.

Belgisch Tijdschrift voor Statistiek en Operationeel onderzoek

Alignement optimum d'arbres de navire

par

M. ALEXANDRE, L. DOR, J. MOULART, E. de WILDE

S.A. « Cockerill-Ougrée ».

RESUME.

Nous présentons ici un calcul d'alignement d'arbres de navire, optimisé à l'aide de la technique de programmation linéaire et relatif à la Division Construction de la S.A. Cockerill-Ougrée, à propos de la mise en place de la ligne d'arbres d'un tanker turbinier de 45.000 tonnes.

L'intérêt de cet exemple réside non seulement dans l'adaptation de la programmation linéaire à un problème technique, mais aussi dans la nature mathématique particulière de la « fonction économique » à optimiser, dans le sens du problème dual et enfin dans la simplification des méthodes.

Cette application peut ainsi intéresser les chercheurs opérationnels et avertir les mécaniciens des possibilités ouvertes par les techniques de la recherche opérationnelle.

Nous avons développé le sujet avec un souci d'exposé d'initiation.

SAMENVATTING.

Wij stellen hier een berekening voor van het aligneren van laadbomen, geoptimaliseerd met behulp van de lineaire programmeringstechniek en betrekking hebbend op de afdeling Constructie van de N.V. Cockerill-Ougrée. Het handelt over het plaatsen van de masten van een turbine tanker van 45.000 ton.

Het belang van dit voorbeeld schuilt niet alleen in de aanpassing van de lineaire programmering aan een technisch probleem, maar ook in de speciaal te optimaliseren « economische functie », in de zin van het dualistisch probleem en tenslotte in de vereenvoudiging van de methodes.

Deze toepassing kan aldus de geïnteresseerden voor operationeel onderzoek belang inboezemen en zij kan tevens de mekaniekers inlichtingen over de, door de technieken van het operationeel onderzoek, geopende wegen.

Wij hebben het onderwerp ontwikkeld met een zorg nodig voor een inleidende behandeling.

1. — POSITION DU PROBLEME.

Dans un article américain récent [1] des ingénieurs de la General Electric Company ont montré l'influence de l'alignement d'une ligne d'arbres de turbinier sur la charge des paliers. En fait, la ligne d'arbres est une poutre continue dont on peut facilement déterminer au moyen d'un calculateur électronique, les réactions. Dans le cas étudié dans la publication américaine, les 2 derniers paliers sont les paliers de la roue secondaire d'un réducteur à double réduction et denture hélicoïdale en chevron et les 2 premiers sont les 2 buselures de l'arbre porte-hélice. Si on suppose que les paliers sont parfaitement alignés au montage, on constate qu'en marche, par suite de la dilatation du carter du réducteur, les réactions sur ses paliers deviennent fortement inégales ce qui provoque une légère obliquité des axes capable d'augmenter localement la pression spécifique sur les dentures et ainsi de favoriser l'apparition de pitting.

La détermination des coefficients d'influence des paliers, c'est-à-dire de la variation de toutes les réactions provoquées par une dénivellation unitaire d'un des paliers permet d'établir les désalignements qu'il faut mettre au montage, c'est-à-dire « à froid » pour que pendant la marche normale, appelée fonctionnement « à chaud », les réactions sur les paliers du réducteur soient égales.

[1] G — Ordinated Alignment of Line Shaft Propulsion Gear, and Turbine. HC Andersen et J.J. Zrodowski. The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Advance copy of paper 12.11.1959.

Alignement optimum d'arbres de navire

par

M. ALEXANDRE, L. DOR, J. MOULART, E. de WILDE

S.A. « Cockerill-Ougrée ».

RESUME.

Nous présentons ici un calcul d'alignement d'arbres de navire, optimisé à l'aide de la technique de programmation linéaire et relatif à la Division Construction de la S.A. Cockerill-Ougrée, à propos de la mise en place de la ligne d'arbres d'un tanker turbinier de 45.000 tonnes.

L'intérêt de cet exemple réside non seulement dans l'adaptation de la programmation linéaire à un problème technique, mais aussi dans la nature mathématique particulière de la « fonction économique » à optimiser, dans le sens du problème dual et enfin dans la simplification des méthodes.

Cette application peut ainsi intéresser les chercheurs opérationnels et avertir les mécaniciens des possibilités ouvertes par les techniques de la recherche opérationnelle.

Nous avons développé le sujet avec un souci d'exposé d'initiation.

SAMENVATTING.

Wij stellen hier een berekening voor van het aligneren van laadbomen, geoptimaliseerd met behulp van de lineaire programmatie techniek en betrekking hebbend op de afdeling Constructie van de N.V. Cockerill-Ougrée. Het handelt over het plaatsen van de masten van een turbine tanker van 45.000 ton.

Het belang van dit voorbeeld schuilt niet alleen in de aanpassing van de lineaire programmatie aan een technisch probleem, maar ook in de speciaal te optimaliseren « economische functie », in de zin van het dualistisch probleem en tenslotte in de vereenvoudiging van de methodes.

Deze toepassing kan aldus de geïnteresseerden voor operationeel onderzoek belang inboezemen en zij kan tevens de mekaniekers inlichtingen over de, door de technieken van het operationeel onderzoek, geopende wegen.

Wij hebben het onderwerp ontwikkeld met een zorg nodig voor een inleidende behandeling.

1. — POSITION DU PROBLEME.

Dans un article américain récent [1] des ingénieurs de la General Electric Company ont montré l'influence de l'alignement d'une ligne d'arbres de turbinier sur la charge des paliers. En fait, la ligne d'arbres est une poutre continue dont on peut facilement déterminer au moyen d'un calculateur électronique, les réactions. Dans le cas étudié dans la publication américaine, les 2 derniers paliers sont les paliers de la roue secondaire d'un réducteur à double réduction et denture hélicoïdale en chevron et les 2 premiers sont les 2 buselures de l'arbre porte-hélice. Si on suppose que les paliers sont parfaitement alignés au montage, on constate qu'en marche, par suite de la dilatation du carter du réducteur, les réactions sur ses paliers deviennent fortement inégales ce qui provoque une légère obliquité des axes capable d'augmenter localement la pression spécifique sur les dentures et ainsi de favoriser l'apparition de pitting.

La détermination des coefficients d'influence des paliers, c'est-à-dire de la variation de toutes les réactions provoquées par une dénivellation unitaire d'un des paliers permet d'établir les désalignements qu'il faut mettre au montage, c'est-à-dire « à froid » pour que pendant la marche normale, appelée fonctionnement « à chaud », les réactions sur les paliers du réducteur soient égales.

[1] G — Ordinated Alignment of Line Shaft Propulsion Gear, and Turbine. HC Andersen et J.J. Zrodowski. The Society of Naval Architects and Marine Engineers. Advance copy of paper 12.11.1959.

Dans le problème qui nous a occupés, il s'agissait d'un réducteur « locked train » à denture hélicoïdale simple de telle sorte que les 4 pignons secondaires exercent une poussée axiale sur la roue créant ainsi un couple qui charge un palier et décharge l'autre.

Au début de l'étude, quelques essais effectués par tâtonnement avaient laissé subsister une différence sur les paliers du réducteur, différence un peu supérieure à celle qu'on avait trouvée en supposant les paliers alignés et le carter non dilaté.

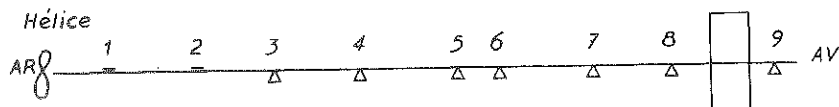
Cette constatation nous a amenés à un problème important qui consistait à savoir si un certain désalignement ne pouvait diminuer voire annuler, la différence entre les 2 réactions intéressantes.

Cette notion d'optimisation de fonction, jointe à la structure linéaire des équations du système, a fait penser à utiliser la technique de programmation linéaire.

2. — MISE EN EQUATIONS.

— Grâce aux coefficients d'influence, variation de la charge d'un palier i due à la dénivellation unitaire du palier j , les réactions sur chaque palier peuvent être exprimées en fonction de leurs dénivellations δ_i .

Une série d'inéquations sont relatives aux conditions qu'on impose aux réactions pendant le montage. Une autre série correspond aux conditions de service, la dilatation du carter du réducteur étant évaluée à 0,3 mm.



Graphique I.

Les buselures de l'arbre porte-hélice étant constituées de lattes de caoutchouc, pour éviter l'usure de la buselure avant, nous imposons au palier 2 une poussée vers le bas comprise entre 1.900 et 2.100 kg.

Le palier 3 qui doit reprendre le couple dû au poids de l'hélice subit un effort vers le haut qui doit rester faible, nous avons admis 2.500 à 2.700 kg.

Pour être certain que tous les autres paliers portent une charge, nous imposons une valeur minimum égale à 1.000 kg.

Par ailleurs, si nous définissons l'axe de référence par la ligne « buselure arrière, paliers du réducteur », nous pouvons poser

$$\delta_1 = \delta_n = \delta_9 = 0.$$

Les paliers 5 et 6 appartenant au palier de butée, nous appelons δ_s leur dénivellation commune et nous tiendrons compte de la somme des coefficients d'influence relatifs à ces 2 paliers.

Il s'ensuit que si nous appelons

C_{ij} les coefficients d'influence

T_i la charge sur l'appui i , tous les paliers étant alignés

Δ le déplacement des paliers 8 et 9 du réducteur

k_i la charge due à la transmission de puissance

on a sur le palier i ($i = 1, \dots, 9$)

réaction à froid

$$R_i = T_i + C_{i1} \delta_1 + C_{i2} \delta_2 + \dots + C_{i9} \delta_9$$

réaction à chaud

$$R'_i = R_i + (C_{i8} + C_{i9}) \Delta + k_i.$$

Les coefficients C_{ij} et k_i sont repris aux tableaux I et II.

TABLEAU I. — Matrice des coefficients d'influence relatifs aux dénivellations.

$$(C_{ij}) = \begin{pmatrix} 2.021 & -3.836 & +1.997 & -291 & +195 & -91 & +6 & -3 & +1 \\ -3.836 & +7.775 & -4.696 & +1.204 & -809 & +378 & -21 & +10 & -4 \\ +1.997 & -4.696 & +3.808 & -2.054 & +1.720 & -804 & +46 & -21 & +8 \\ -291 & +1.204 & -2.054 & +3.911 & -7.068 & +4.472 & -252 & +121 & -44 \\ +195 & -809 & +1.720 & -7.068 & +24.245 & -21.385 & +4.451 & -2.118 & +772 \\ -91 & +378 & -804 & +4.472 & -21.385 & +21.875 & -6.925 & +3.896 & -1.419 \\ +6 & -21 & +46 & -252 & +4.451 & -6.925 & +6.930 & -8.234 & +4.004 \\ -3 & +10 & -21 & +121 & -2.118 & +3.896 & -8.234 & +14.197 & -7.847 \\ +1 & -4 & +8 & -44 & +772 & -1.419 & +4.004 & -7.847 & +4.531 \end{pmatrix}$$

TABLEAU II. — Coefficients d'influence relatifs à la transmission de puissance.

Paliers	1	2	3	4	5	6	7	8	9
k_i	0	0	-1	+5	-88	+165	-463	+15.119	+1.013

Les conditions imposées aux réactions conduisent aux relations suivantes :

— Conditions à froid

$$\begin{aligned} R_1 &= 68.351 - 3.836 \delta_2 + 1.997 \delta_3 - 291 \delta_4 + 104 \delta_5 - 6 \delta_7 \cong 1.000 \\ R_2 &= -29.321 + 7.775 \delta_2 - 4.696 \delta_3 + 1.204 \delta_4 - 431 \delta_5 - 21 \delta_7 \cong 2.100 \text{ kg} \\ R''_2 &= -29.321 + 7.775 \delta_2 - 4.696 \delta_3 + 1.204 \delta_4 - 431 \delta_5 - 21 \delta_7 \cong 1.900 \\ R_3 &= 15.390 - 4.696 \delta_2 + 3.808 \delta_3 - 2.054 \delta_4 + 916 \delta_5 + 46 \delta_7 \cong 2.700 \text{ kg} \quad (5) \\ R'_3 &= 15.390 - 4.696 \delta_2 + 3.808 \delta_3 - 2.054 \delta_4 + 916 \delta_5 + 46 \delta_7 \cong 2.500 \text{ kg} \quad (6) \\ R_4 &= 7.744 + 1.204 \delta_2 - 2.054 \delta_3 + 3.911 \delta_4 - 2.596 \delta_5 - 252 \delta_7 \cong 1.000 \quad (7) \\ R_5 &= 4.733 - 809 \delta_2 + 1.720 \delta_3 - 7.068 \delta_4 + 2.860 \delta_5 + 4.451 \delta_7 \cong 1.000 \\ R_6 &= 8.777 + 378 \delta_2 - 804 \delta_3 + 4.472 \delta_4 + 490 \delta_5 - 6.927 \delta_7 \cong 1.000 \quad (9) \\ R_7 &= 6.689 - 21 \delta_2 + 46 \delta_3 - 252 \delta_4 - 2.474 \delta_5 + 6.930 \delta_7 \cong 1.000 \\ R_8 &= 19.835 + 10 \delta_2 - 21 \delta_3 + 121 \delta_4 + 1.778 \delta_5 - 8.234 \delta_7 \cong 1.000 \quad (11) \\ R_9 &= 13.962 - 4 \delta_2 + 8 \delta_3 - 44 \delta_4 - 647 \delta_5 + 4.004 \delta_7 \cong 1.000 \end{aligned}$$

— Conditions à chaud

$$\begin{aligned} R'_1 &= 68.345 - 3.836 \delta_2 + 1.997 \delta_3 - 291 \delta_4 + 104 \delta_5 - 6 \delta_7 \cong 1.000 \quad (2) \\ R'_2 &= -29.303 + 7.775 \delta_2 - 4.696 \delta_3 + 1.204 \delta_4 - 431 \delta_5 - 21 \delta_7 \cong 2.100 \text{ kg} \quad (3) \\ R''_2 &= -29.303 + 7.775 \delta_2 - 4.696 \delta_3 + 1.204 \delta_4 - 431 \delta_5 - 21 \delta_7 \cong 1.900 \quad (4) \\ R'_3 &= 15.350 - 4.696 \delta_2 + 3.808 \delta_3 - 2.054 \delta_4 + 916 \delta_5 + 46 \delta_7 \cong 2.700 \\ R'_3 &= 15.350 - 4.696 \delta_2 + 3.808 \delta_3 - 2.054 \delta_4 + 916 \delta_5 + 46 \delta_7 \cong 2.500 \\ R'_4 &= 7.980 + 1.204 \delta_2 - 2.054 \delta_3 + 3.911 \delta_4 - 2.596 \delta_5 - 252 \delta_7 \cong 1.000 \\ R'_5 &= 607 - 809 \delta_2 + 1.720 \delta_3 - 7.068 \delta_4 + 2.860 \delta_5 + 4.451 \delta_7 \cong 1.000 \quad (8) \\ R'_6 &= 16.373 + 378 \delta_2 - 804 \delta_3 + 4.472 \delta_4 + 490 \delta_5 + 6.927 \delta_7 \cong 1.000 \\ R'_7 &= -6.464 - 21 \delta_2 + 46 \delta_3 - 252 \delta_4 - 2.474 \delta_5 + 6.930 \delta_7 \cong 1.000 \quad (10) \\ R'_8 &= 54.004 + 10 \delta_2 - 21 \delta_3 + 121 \delta_4 + 1.778 \delta_5 - 8.234 \delta_7 \cong 1.000 \\ R'_9 &= 5.027 - 4 \delta_2 + 8 \delta_3 - 44 \delta_4 - 647 \delta_5 + 4.004 \delta_7 \cong 1.000 \quad (12) \end{aligned}$$

On constate immédiatement que, dans chaque cas, l'une des deux conditions est plus sévère que l'autre, c'est-à-dire qu'en satisfaisant l'une, on satisfait l'autre.

Nous avons donné un numéro d'ordre aux conditions les plus sévères.

On obtient ainsi le système d'inégalités (2) à (12).

3. — FONCTION A OPTIMISER.

Outre les conditions ci-dessus, on désire que les réactions des paliers 8 et 9 à chaud soient aussi voisines que possible, ce qui revient à dire qu'on cherche à minimiser la différence absolue entre R'_8 et R'_9 , c'est-à-dire qu'on recherche également le minimum de f .

$$\text{avec } f = |R'_8 - R'_9|. \quad (1)$$

(1) associée au système (2) à (12) fait penser à la forme d'un problème de programmation linéaire, sous la réserve que la fonction économique est ici la valeur absolue d'une expression linéaire des inconnues.

Si nous savions a priori que

$$R'_8 \geq R'_9 \quad \text{soit } R'_8 - R'_9 = p \quad \text{avec } p \geq 0$$

nous pourrions appliquer la technique de programmation linéaire et rechercher le minimum de p .

De même, si nous savions a priori que nous sommes dans le cas opposé.

$$R'_8 \leq R'_9 \quad \text{soit } R'_9 - R'_8 = q \quad \text{avec } q \geq 0$$

nous pourrions rechercher le minimum de q .

Une astuce va permettre d'associer les 2 cas.

Considérons d'abord le programme linéaire auxiliaire suivant :

$$R'_8 - R'_9 - X \leq 0 \quad (a)$$

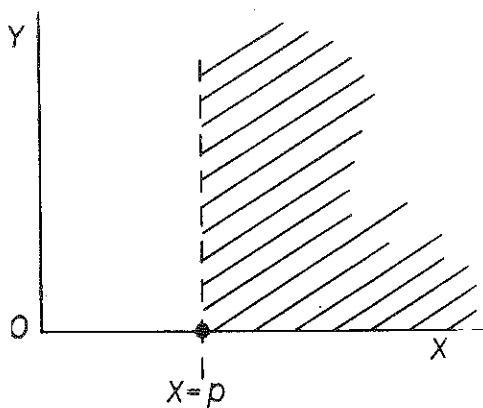
$$R'_8 - R'_9 - Y \leq 0 \quad (b)$$

$$\text{avec } X \geq 0 \quad (c)$$

$$Y \geq 0 \quad (d)$$

et la fonction économique

$$X + Y \quad (e).$$



Graphique II.

Ce programme auxiliaire peut se résoudre directement.

$$\text{Si } R'_8 \geq R'_9 \quad \text{soit } R'_8 - R'_9 = p \quad \text{avec } p \geq 0,$$

on a le graphique II. La solution se trouve sur ou à droite de (a) soit $X \geq p$ et sur ou au-dessus de (d), soit $Y \geq 0$.

(c) est surabondant par rapport à (a) et (d) l'est par rapport à (b).

Le min $(X + Y)$ se trouve évidemment en $X = p$, $Y = 0$.

$$\text{Si } R'_8 \leq R'_9 \quad \text{soit } R'_9 - R'_8 = q \quad \text{avec } q \geq 0,$$

on verra de même que le min $(X + Y)$ se trouve en $X = 0$, $Y = q$.

$R'_8 = R'_9$ est le cas limite intermédiaire $X = Y = 0$.

En conséquence, le min $(X + Y)$ se trouve toujours être la valeur absolue $|R'_8 - R'_9|$ quelle que soit celle-ci.

Une solution satisfaisant au système (2) à (12) et au système auxiliaire (a) à (e) répond ainsi à nos préoccupations. Cela revient donc à substituer à la recherche du minimum de f , celle de

$$\min (X + Y)$$

à condition d'associer le système (a), (b), (c), (d) aux relations (2) à (12).

Or, cette substitution transforme notre problème en un problème de programmation linéaire ordinaire.

4. — ADAPTATION AU SIMPLEX.

Il convient maintenant d'adapter nos relations à la forme ordinaire de la technique de résolution du Simplex.

— Tout d'abord nous veillerons à traiter des variables non-négatives, c'est-à-dire dans notre cas uniquement des déplacements des paliers au-dessus de l'axe de référence.

A cet effet, nous avons effectué le changement de variable

$$x_i = \delta_i + 10$$

l'unité de déplacement étant le 0,1 mm. Les relations qui en découlent sont recopiées ci-dessous et numérotées de (2) à (12), comme celles dont elles proviennent.

$$3836 x_2 - 1997 x_3 + 291 x_4 - 104 x_5 + 6 x_7 \leq 87.665 \quad (2)$$

$$7775 x_2 - 4696 x_3 + 1204 x_4 - 431 x_5 - 21 x_7 \leq 69.713 \quad (3)$$

$$- 7775 x_2 + 4696 x_3 - 1204 x_4 + 431 x_5 + 21 x_7 \leq - 69.513 \quad (4)$$

$$4696 x_2 - 3808 x_3 + 2054 x_4 - 916 x_5 - 46 x_7 \leq 37.890 \quad (5)$$

$$- 4696 x_2 + 3808 x_3 - 2054 x_4 + 916 x_5 + 46 x_7 \leq - 37.690 \quad (6)$$

$$- 1204 x_2 + 2054 x_3 - 3911 x_4 + 2596 x_5 + 252 x_7 \leq 4.614 \quad (7)$$

$$809 x_2 - 1720 x_3 + 7068 x_4 - 2860 x_5 - 4451 x_7 \leq - 11.933 \quad (8)$$

$$- 378 x_2 + 804 x_3 - 4472 x_4 - 490 x_5 + 6925 x_7 \leq 31.687 \quad (9)$$

$$21 x_2 - 46 x_3 + 252 x_4 + 2474 x_5 - 6930 x_7 \leq - 49.754 \quad (10)$$

$$- 10 x_2 + 21 x_3 - 121 x_4 - 1778 x_5 + 8234 x_7 \leq 82.295 \quad (11)$$

$$4 x_2 - 8 x_3 + 44 x_4 + 647 x_5 - 4004 x_7 \leq - 29.143 \quad (12)$$

— Les inéquations (a) et (b), dans lesquelles R'_s et R'_o sont remplacées par leurs valeurs en fonction des x_i , s'écriront maintenant :

$$14 x_2 - 29 x_3 + 165 x_4 + 2425 x_5 - 12.238 x_7 - X \leq - 145.607 \quad (13)$$

$$- 14 x_2 + 29 x_3 - 165 x_4 - 2425 x_5 + 12.238 x_7 - Y \leq 145.607 \quad (14)$$

— Dans les relations (2) à (14), toutes les inégalités ont le même sens, condition pour pouvoir appliquer notre programme du simplex.

— Une autre condition impose de rendre les seconds membres positifs. A cet effet, on ajoute aux seconds membres de certaines relations une constante de grandeur suffisante, par exemple $\beta = 150.000$, ce qui nécessite par ailleurs l'introduction d'une équation supplémentaire (équation n° 15 du tableau III).

— Enfin, après un changement d'unités, nous pouvons écrire le tableau III qui contient l'ensemble des éléments du problème, c'est-à-dire ceux du système matriciel

$$A x \leq c$$

où x est le vecteur des inconnues ($x_2, \dots, x_7, X, Y, \beta$) vecteur non négatif

$$x \geq 0 \quad \text{soit } (x_2 \geq 0, \dots, x_7 \geq 0, \dots, \beta \geq 0)$$

c le vecteur des contraintes (avant-dernière colonne de T. III)
et A la matrice des coefficients techniques, doublement encadrée dans le T. III.

— La dernière adaptation au simplex consiste à associer au système matriciel ainsi défini la recherche d'un maximum d'une relation linéaire $p \cdot x$.

Celle-ci s'obtiendra à partir d'un changement de signe. Nous chercherons donc le

$$\text{Max } [-X - Y]$$

soit la première ligne du T. III.

5. — SOLUTION OPTIMUM.

Le problème ainsi posé a été résolu par calculateur électronique (dans notre cas IBM 650), qui a fourni la solution suivante :

$$\begin{array}{ll} x_2 = 0,1407508 & \text{soit } \delta_2 = 0,4075 \text{ mm} \\ x_3 = 0,1017189 & \gg \delta_3 = 0,0172 \text{ mm} \\ x_4 = 0,1337692 & \gg \delta_4 = 0,3377 \text{ mm} \\ x_5 = 0,1801428 & \gg \delta_5 = 0,8014 \text{ mm} \\ x_7 = 0,1407211 & \gg \delta_7 = 0,4072 \text{ mm} \end{array}$$

Fonction économique = $-X$

$$X = 0,1918757 \quad \text{soit } R'_s - R'_0 = 19.188 \text{ kg.}$$

Les relations (3), (5), (9), (10), (11) et les auxiliaires (13), (15) sont transformées en égalités, c'est-à-dire que les 5 inconnues x_2, x_3, x_4, x_5, x_7 sont en fait déterminées par les cas d'égalité de (3), (5), (9), (10) et (11).

Par contre, les contraintes figurant aux seconds membres de (2), (4), (6), (7), (8), (12) et l'auxiliaire (14) sont surfaites. Cette dernière correspond d'ailleurs à $Y = 0$, tandis que le deuxième membre de

$$\begin{array}{lll} (2) \text{ est surfait de } 0,5188244 & & \\ (4) \gg \gg \gg 0,0020000 & \left. \begin{array}{l} \text{Résultats évidents} \\ \text{en vertu du chapitre 2.} \end{array} \right\} & \\ (6) \gg \gg \gg 0,0020000 & & \\ (7) \gg \gg \gg 0,0267322 & & \\ (8) \gg \gg \gg 0,1378368 & & \\ (12) \gg \gg \gg 0,1498315 & & \\ (14) \gg \gg \gg 0,1918581 & & \end{array}$$

Dans le tableau IV, nous avons calculé les réactions au montage et en service sur tous les paliers et nous avons souligné les valeurs pour lesquelles dans les conditions imposées c'est l'égalité qui est respectée.

— Signalons qu'en dehors du problème que nous traitons ici, l'élasticité des paliers des arbres intermédiaires a été mesurée en nos ateliers et que celle-ci constitue un élément favorable qui nivelle plus ou moins les différentes réactions de la ligne d'arbres (étude de l'installation comme une poutre continue posée sur appuis élastiques).

6. — DUAL.

On sait qu'au problème symbolisé par la recherche du

$$\left. \begin{array}{l} \text{Max } p \cdot x \\ \text{sous les conditions } x \geq 0 \\ A \cdot x \leq c \end{array} \right\} \text{ problème dit primal}$$

s'associe le problème de la recherche du

$$\left. \begin{array}{l} \text{Min } c \cdot u \\ \text{sous les conditions } u \geq 0 \\ u \cdot A \geq p \end{array} \right\} \text{ problème dit dual.}$$

Ce problème dual traduit celui de la sensibilité marginale des contraintes vis-à-vis du niveau de l'optimum.

TABLEAU III. — Données du Simplex.

Numéro d'itération	x_2	x_3	x_4	x_5	x_7	X	Y	β	Second membre (contraintes)	Variables duales
1	0	0	0	0	0	-1,000	-1,000	0	→ Max.	
2	+ 3,836	- 1,997	+ 0,291	- 0,104	+ 0,006	0	0	0	0,87665	u_1
3	+ 7,775	- 4,696	+ 1,204	- 0,431	- 0,021	0	0	0	0,69713	u_2
4	- 7,775	+ 4,696	- 1,204	+ 0,431	+ 0,021	0	0	+ 1,000	0,80487	u_3
5	- 4,696	+ 3,808	- 2,054	+ 0,916	+ 0,046	0	0	+ 1,000	1,12310	u_4
6	+ 4,696	- 3,808	+ 2,054	- 0,916	- 0,046	0	0	0	0,37890	u_5
7	- 1,204	+ 2,054	- 3,911	+ 2,596	+ 0,252	0	0	0	0,04614	u_6
8	+ 0,809	- 1,720	+ 7,068	- 2,860	- 4,451	0	0	+ 1,000	1,38067	u_7
9	- 0,378	+ 0,804	- 4,472	- 0,490	+ 6,927	0	0	0	0,31687	u_8
10	+ 0,021	- 0,046	+ 0,252	+ 2,474	- 6,930	0	0	+ 1,000	1,00246	u_9
11	- 0,010	+ 0,021	- 0,121	- 1,778	+ 8,234	0	0	0	0,82295	u_{10}
12	+ 0,004	- 0,008	+ 0,044	+ 0,647	- 4,004	0	0	+ 1,000	1,20857	u_{11}
13	+ 0,014	- 0,029	+ 0,165	+ 2,425	- 12,238	- 1,000	0	+ 1,000	0,04393	u_{12}
14	- 0,014	+ 0,029	- 0,165	- 2,425	+ 12,238	0	- 1,000	0	1,45607	u_{13}
15	0	0	0	0	0	0	0	+ 1,000	1,50000	

TABLEAU IV

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Paliers alignés au montage à froid . . .	68.351	— 29.321	15.390	7.744	4.733	8.777	6.689	19.835	13.962
2. Paliers alignés à chaud $\delta_8 = \delta_9 = 0,3$	68.345	— 29.303	15.350	7.977	607	16.373	— 6.464	54.004	5.027
$\delta_2 = 0,4075$	— 15.632	31.683	— 19.136	4.906	— 3.297	1.540	— 86	41	— 16
$\delta_3 = 0,0172$	+ 343	— 808	655	— 353	296	— 138	8	— 4	1
$\delta_4 = 0,3377$	— 983	4.066	— 6.936	13.207	— 23.869	15.102	— 851	409	— 149
$\delta_5 = \delta_6 = 0,8014$	+ 833	— 3.454	+ 7.341	— 20.804	22.920	+ 3.927	— 19.827	+ 14.249	— 5.185
$\delta_7 = 0,4072$	+ 24	— 86	+ 187	— 1.026	+ 18.124	— 28.207	+ 28.219	— 33.529	+ 16.304
3. Somme des réactions provenant des déplacements	— 15.415	31.401	— 17.889	— 4.070	14.174	— 7.776	7.463	— 18.834	10.955
1. + 3.									
Réactions à froid	52.936	2.080	— 2.499	3.674	18.907	1.001	14.152	1.001	24.917
2. + 3.									
Réactions à chaud	52.930	2.098	— 2.539	3.907	14.781	8.597	999	35.170	15.982

Ce dual s'obtient pratiquement à partir du Tableau III, en renversant le rôle des lignes et des colonnes. Mais le calculateur nous a fourni en une seule fois les conclusions du dual. Elles figurent au Tableau V.

La colonne « solution » rappelle ce qui a été vu au chapitre précédent.

Les colonnes « 3 » ... « 15 » fournissent les incidences sur la solution optimum d'une modification aux contraintes du second membre des relations correspondantes (3), ..., (15).

Ainsi, supposons une modification de 100 kg à la contrainte 2.100 kg de la relation (3) chapitre 2. Elle modifie la contrainte 0,69713 du Tableau III, qui devient 0,69613, soit un changement de $-0,001$ unité.

La fonction économique variera de

$$-0,001 \times 0,00033 = -0,00000033$$

elle serait donc pratiquement inchangée.

Il apparaît de suite à la lecture de la ligne « fonction économique » du Tableau V que celle-ci est peu sensible aux variations des contraintes des relations (3), (5) et (9), mais le devient pour (10) et surtout pour (11).

Quant aux autres données de la colonne (3), elles s'interprètent comme suit : la réduction de 100 kg de la contrainte réduit par exemple la variable structurale x_2 à :

$$0,1407508 - 0,001 \times 0,56098 = 0,1401898$$

Il apparaît également que la variable structurale x_3 est la plus sensible à la modification de la contrainte de la relation (3), tandis que la relation (4) s'indique comme la plus vite transformée en égalité. Un écart de -200 kg transformerait la relation (4) en égalité. En effet, l'écart deviendrait

$$0,002000 - 0,002 \times 1 = 0$$

ce que nous savions déjà en raison de la nature des relations (3) et (4). Mais le Tableau V nous apprend en outre que la substitution de (4) à (3) ne modifie guère l'optimum et nous permet de calculer les modifications entraînées.

Les autres colonnes s'interpréteraient suivant la même voie.

7. — METHODE COMBINATOIRE.

Le primal nous a appris que l'optimum de la fonction étudiée R^* — R^0 correspondait aux cinq variables x_2, x_3, x_4, x_5, x_7 satisfaisant aux cas d'égalité tirés des cinq relations (3), (5), (9), (10) et (11).

Le dual nous a appris notamment que cet optimum était pratiquement le même en calculant ces mêmes variables à partir des égalités extraites des relations précédentes où (3) est remplacé par (4).

Mais, sachant ainsi que la fonction étudiée est optimum pour le point $[x_2, x_3, x_4, x_5, x_7]$ satisfaisant à une combinaison donnée de 5 égalités compatibles extraites des relations (2) à (12), une méthode combinatoire plus directe se présente à nous. Elle consistera à considérer les différentes combinaisons de 5 équations extraites des 11 relations, à résoudre ces diverses combinaisons, à calculer la fonction économique étudiée et à retrouver la solution optimum, ou plutôt à choisir parmi les solutions d'un même ordre, celle qui satisfait le mieux le technicien, considérant ici que des contingences pratiques non incorporées dans les relations mathématiques pourraient orienter le choix entre des solutions donnant des fonctions économiques voisines.

Pour procéder de la sorte, un autre programme doit être fourni au calculateur. Il peut l'être directement à partir des relations (2) à (12) du ch. 2. Il conduit aux conclusions reprises au Tableau VI.

TABLEAU V. — Résultats du simplex

	SOLUTION	RELATIONS DEVENUES EGALITES DANS LA SOLUTION								Variable exclue Y
		STRUCTURALES					AUXILIAIRES			
		3	5	9	10	11	13	15		
Fonction économique	— 0,1918757	0,00033	0,00066	0,00389	0,21813	1,66658	1	48,781	1	
Variables de la fonction										
— Structurales x_2	0,1407508	0,56098	0,73072	— 0,19704	— 0,23946	— 0,03842	0	— 0,4913	0	
x_3	0,1017189	0,73768	1,25166	— 0,40020	— 0,44514	— 0,04307	0	— 0,8065	0	
x_4	0,1337692	0,08552	0,16381	— 0,27648	0,16740	0,37279	0	— 0,3312	0	
x_5	0,1801428	0,00102	0,00170	0,03341	0,98741	0,80292	0	— 0,9891	0	
x_7	0,1407211	0,00028	0,00047	0,00393	0,21652	0,30037	0	— 0,2170	0	
— Auxiliaires X	0,1918581	— 0,00034	— 0,00066	— 0,00388	— 0,21812	— 1,66659	— 1	1,2188	0	
β	1,4999993	0	0	0	0	0	0	1	0	
Relations ayant le signe < dans la solution										
— Structurales 2	0,5188244	— 0,70355	— 0,35095	0,04055	0,08230	0,03459	0	0,2686	0	
4	0,0020000	1,00000	0	0	0	0	0	— 1	0	
6	0,0020000	0	1	0	0	0	0	— 1	0	
7	0,0267322	— 0,50800	— 1,05501	— 0,58425	— 1,33716	— 0,65989	0	2,3922	0	
8	0,1378368	0,21463	0,41087	1,53826	2,03260	0,95543	0	— 3,4435	0	
12	0,1498315	0,00034	0,00066	0,00388	0,21812	0,66659	0	— 1,2188	0	
— Auxiliaire 14	0,1918581	— 0,00034	— 0,00066	— 0,00388	— 0,21812	— 1,66659	0	0,2188	— 1	

TABLEAU VI. — Méthode combinatoire

COMBINAISON DE 5 EGALITES						
	(3), (5) (9), (10), (11)	(4), (5) (9), (10), (11)	(3), (6) (9), (10), (11)	(3), (5) (8), (10), (11)	(3), (5) (8), (9), (11)	(3), (5) (8), (9), (10)
$R'_8 - R'_9$	19.187,57	19.187,64	19.187,70	19.222	20.667	43.231
ECART						
2) $R'_1 - 1000$	51.882,44	52.023,15	51.952,63	51.519	51.324	51.383
3) $2100 - R'_2$	0	200	0	0	0	0
4) $R''_2 - 1900$	200	0	200	200	200	200
5) $2700 - R_5$	0	0	200	0	0	0
6) $R''_3 - 2500$	200	200	0	200	200	200
7) $R_4 - 1000$	2.673,22	2.774,82	2.884,22	7.908	11.740	12.193
8) $R'_5 - 1000$	13.783,68	13.740,75	13.701,51	0	0	0
9) $R_6 - 1000$	0	0	0	8.960	0	0
10) $R'_7 - 1000$	0	0	0	0	6.781	0
11) $R_8 - 1000$	0	0	0	0	0	14.427
12) $R'_9 - 1000$	14.983,15	14.983,08	14.983,02	14.948	13.504	5.366
VALEUR DE						
δ_2	0,407508	0,396288	0,392894	0,5841	0,5699	0,4629
δ_3	0,017189	0,002435	— 0,007844	0,3758	0,3190	0,0793
δ_4	0,337692	0,335982	0,334416	0,5854	0,2242	— 0,2000
$\delta_6 = \delta_8$	0,801428	0,801408	0,801394	0,7715	0,1319	— 0,3570
δ_7	0,407211	0,407205	0,407202	0,4037	0,2604	— 0,0261

D'où il résulte directement (et à nouveau) que les relations

(3) et (4) d'une part

(5) et (6) d'autre part

sont pratiquement les mêmes : les limites inférieures et supérieures imposées sur les paliers 2 et 3 se ramènent à des conditions de stabilité stricte, c'est-à-dire que la solution optimum

$$\begin{aligned}\delta_2 &= 0,40 \\ \delta_3 &= 0 \\ \delta_4 &= 0,34 \\ \delta_5 = \delta_6 &= 0,80 \\ \delta_7 &= 0,41\end{aligned}$$

satisfait pratiquement à l'ensemble des équations (3), (4), (5), (6), (9), (10), (11) avec $R'_s - R'_o = 19.188$ kg.

Par contre, la substitution de l'équation (9) à l'équation (8), sans modifier de façon importante la fonction étudiée qui devient 19.222, conduit à des dénivellations assez distinctes, soit

$$\begin{aligned}\delta_2 &= 0,58 \\ \delta_3 &= 0,38 \\ \delta_4 &= 0,59 \\ \delta_5 = \delta_6 &= 0,77 \\ \delta_7 &= 0,40\end{aligned}$$

La substitution de l'équation (10) à l'équation (8) modifierait la fonction économique de façon plus sensible, etc.

Le Tableau VI fournit directement au technicien la possibilité d'un choix entre des solutions bien définies, avec leurs incidences respectives.

Cette méthode combinatoire peut, comme ici, s'avérer plus commode que celle du simplex car elle nous libère d'une série de précautions et d'adaptations qui peuvent rendre inutilement confuse l'application de la programmation linéaire.

Cette voie combinatoire est d'ailleurs de la même nature que l'approche des problèmes en atelier. Elle s'inscrit ainsi dans le courant nécessaire de simplification et de diffusion des méthodes de la Recherche Opérationnelle, mais elle ne s'impose par son évidence qu'après avoir pris conscience de celle-ci grâce à la connaissance des propriétés théoriques à la base de la programmation linéaire.

De werkgroepen van de Agesci

door

J. M. DOPCHIE, Ir. (*)

Met het doel de verworven kennis op gebied van wetenschappelijke beheermethoden onder de leden van Agesci te verspreiden, heeft het redaktie-komitee van het Belgisch Tijdschrift voor Statistiek en Operationeel Onderzoek beslist een uitgebreid verslag van hun werken in het tijdschrift op te nemen.

Hierdoor worden de leden ook onrechtstreeks betrokken bij de werking van deze werkgroepen. Bij de vorming van deze werkgroepen stelde men zich immers tot doel de leden bewust te maken van de beheersproblemen. In plaats van gebruik te maken van « Case Studies », heeft men de voorkeur gegeven aan iedere deelnemer te vragen zijn moeilijkheden kenbaar te maken, om vervolgens onder de leiding van een bevoegd raadsman een syntese te maken die alle aspecten, waaronder de problemen zich in de onderneming kunnen stellen, bevat.

Het nut van deze werkwijze werd aangetoond in de praktijk; ze heeft daarenboven door haar theoretische uiteenzetting het voordeel de groep te homogeniseren qua kennis en terminologie.

In dit nummer beginnen wij met de groep « Beheer van het materieel »; dit is de eerste werkgroep die werd opgericht en wel in mei 1959. Onder de kundige leiding van dhr A. Kaufmann, Raadgever bij de franse « Cie des Machines Bull » heeft deze groep van in het begin volgens de hierboven beschreven werkwijze gewerkt.

(*) Vertaald door Ir. R.A. Thomas.

BEHEER VAN HET MATERIEEL

Inleiding. — Omschrijving van de problemen.

Deze rubriek bevat een zeer grote verscheidenheid van problemen: sleet — behoud — vervanging — investeringen. Daarenboven is het moeilijk al deze problemen los te maken uit hun verband, dat het « gehele » bedrijf is, en te behandelen zonder de problemen van bevoorrading, programmatie en vooruitzichten aan te raken. Daar deze laatste behoren tot de aktiviteit van andere groepen, zal men trachten ze buiten beschouwing te laten om de discussie te concentreren op het behoud dat het belangrijkste punt is in het beheer van het materieel.

In een eerste bedrijf gaat het hoofdzakelijk over de bepaling van een vervangingspolitiek. De produktieafdeling is uitgerust met een belangrijk aantal in parallel geplaatste machines met zeer hoge produktie capaciteit. Dit machinepark heeft reeds een betrekkelijk hoge ouderdom bereikt en het bestuur van deze onderneming wenste klaar en duidelijk te weten volgens welke prioriteitsorde zij deze machines zou moeten vervangen en welk de optimum reeks was waarmee zij nieuwe machines zou moeten doen vervaardigen. Van op het ogenblik van de eerste uiteenzetting was men van oordeel dat het noodzakelijk was een gemeenschappelijke taal te spreken en dat er enkele bepalingen moesten opgesteld worden.

— Door een politiek bedoelt men de keus (X_0) over een parameter (X) van een structuur $F(XYZ \dots)$, waarvan men de controle heeft. Wanneer in een beheersprobleem meerdere oplossingen op politieke richtingen mogelijk zijn, is het doel van onze opzoekingen de juiste bepaling van die politiek die een meest gunstige einduitslag zal geven, of, om een internationale term te gebruiken, de einduitslag optimaliseert; deze uitslag kan kwantitatief beschreven worden door een algebraïsche funktie — « ekono-

(1) We denken dat het Nederlandse woord « behoud » het best de betekenis van het Internationale Engelse woord « Maintenance » weergeeft, nl. het patrimonium van het bedrijf zo slagvaardig mogelijk behouden.

mische funktie » genaamd; deze funktie is enig. Deze economische funktie omvat in het behandelde geval: investeringen, bestellingsonkosten en onkosten in produktieverlies.

— In een tweede onderneming beschouwt men de machines in serie waar de stilstand van de ene de stilstand van al de andere meebrengt. Het gestelde probleem is dit van de bepaling van een onderhoudspolitiek. Het onderhoud is het geheel van bewerkingen die moeten uitgevoerd worden om het materiaal in zulkdanige toestand te behouden dat een bepaalde hoeveelheid van een bepaalde hoedanigheid kan voortgebracht worden.

— Wij hebben te doen met « goed onderhoud » als we juist die bewerkingen en uitgaven doen die toelaten voormelde voortbrengstkapaciteit te behouden, zoniet onderhouden we teveel wat veilig maar duur is ofwel te weinig wat zonder meer slecht is; de zaak is het middel te vinden om het « goed onderhoud » zo dicht mogelijk te benaderen, liefst vertrekkend van teveel aan onderhoud.

— De derde onderneming beschikt over een zeer uitgebreid park autovoertuigen. Meerdere problemen werden te berde gebracht: toevallig onderhoud — systematisch onderhoud — het omwerken van voertuigen, de vervanging, de plaatsing en de belangrijkheid van de herstellingswerkplaatsen, het aantal voertuigen in dienst geplaatst.

— Het was onmogelijk alle opgegeven aspecten te onderzoeken. Het zijn vooral het onderhoud en de vervanging die zullen beschouwd worden in de loop van de volgende uiteenzettingen.

— In het vierde bedrijf bestaat ten eerste een stockeerprobleem. Het beschouwde materiaal bevat ongeveer 150.000 artikelen. Terzelfdertijd vindt men er ook een investeringsprobleem voor een materieel waarvan de veroudering zeer snel verloopt.

— Bij de omschrijving van dit geval is het gebleken hoe moeilijk het is keuzecriteria op te stellen vooral als er zich dan nog psychologische moeilijkheden bijvoegen, die de beslissing nogal dikwijls van het economisch optimum verwijderen.

— De vijfde onderneming beschikt over een uitgebreid aantal gegevens. Het doel is de kostprijs omlaag te drukken zonder de kansen op schade te verhogen. Daar de revisie van het materieel meer dan 50 % van de materieelonkosten bedraagt is het te begrijpen dat deze onderneming een nadere studie maakt van preventief onderhoud en vernieuwing van oude apparaten.

— In de zesde onderneming is het probleem nog eens: het terug in konditie brengen. In tegenstelling met het voorgaande geval is het materieel van weinig waarde; de onkosten om het terug in orde brengen bereiken slechts 12 % van de eenheidswaarde, maar deze bewerking bewijst renderend te zijn voor een uitrusting van ongeveer 625.000 apparaten. Hier gaat het erom de te volgen rekonditioneringspolitiek juist te bepalen.

— De zevende en laatste onderneming zit daarentegen met een investeringsprobleem. Deze onderneming heeft een machinepark van 120 eenheden die gegroepeerd zijn in reeksen van ieder 3 tot 5 machines. Het probleem dat zich stelt is nu: « Moeten wij bepaalde machines vervangen door nieuwe of is het economisch deze machines in een nieuw kleedje te steken? »

Par. 1. — Teoretische Aspecten.

Al deze beheerproblemen van het materieel zijn gebonden aan het behoud. Het produktiematerieel (in een vervoermaatschappij produceert het materieel Ton-km of reizigers-km) kan buiten dienst vallen door sleet of beschadiging en het veroudert, dit betekent dat zijn economisch rendement vermindert, zowel t.o.v. van zichzelf toen het nog nieuw was als t.o.v. moderner en efficiënter materieel.

— Beschouwen we eerst het buiten dienst vallen door sleet of schade. Hier is het interessant de « overlevingskromme » uit te zetten zowel van de machines in hun geheel als van bepaalde onderdelen ervan; de overlevingskromme geeft de verandering weer in funktie van de tijd van het aantal uitrustingseenheden in dienst. Indien men op het tijdstip 0 vertrekt met een materieel bestaande uit n_0 eenheden, dan zal men op het tijdstip t maar n eenheden in werking hebben. De waarschijnlijkheid opdat eenzelfde machine of machineonderdeel de ouderdom t zou bereiken is dan de verhouding

$$\frac{n}{n_0}$$

De aard van de overlevingskromme verraaft onmiddellijk de graad van homogeniteit van het materieel. De kromme 1_a vertegenwoordigt een onverslijtbaar en homogeen uitrustingsgeheel. De kromme 1_b vertegenwoordigt een homogeen uitrustingsgeheel, dat zijn volle waarde behoudt in de tijd en dan plotseling uitvalt. De kromme 1_c behoort toe aan een homogeen uitrustingsgeheel, terwijl de kurve 1_d er een is van een weinig homogeen materieel.

Om de overlevingskromme op te kunnen stellen, moet men noodzakelijkerwijze de geschiedenis kennen van een zo groot mogelijk aantal eenheden en dit gedurende een zolang mogelijke tijd (volwaardig statistisch monster).

Daar men slechts de laatste tijd het nut begint in te zien dat er schuilt achter het verzamelen van ogenschijnlijk dorre gegevens, zal men veelal verplicht zijn — na onderzoek van enkele gevallen die men heeft kunnen terugvinden — een hypotese op te bouwen. Naarmate er meerdere gevallen bekend geraken, wordt deze hypotese aan de werkelijkheid getoetst en zo nodig bijgewerkt.

— In een studie gepubliceerd in de « Revue Française de Recherche Opérationnelle » (1959 — 1^{ste} trimester), onderzoekt Jacques Kelly de verrechtvaardiging van het preventief onderhoud. Volgens uitgevoerde proeven schijnt het dat, met verschillende parameters, door een lognormale verdeling de levensduur van de stukken, zoals lampen, riemen, kogellagers, goed wordt weergegeven.

— Herinneren we eraan dat bij de lognormale verdeling ook « Verdeling van Gibrat » genaamd, het *logarithme* van de willekeurige veranderlijke beantwoordt aan een normale verdelingswet.

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$

waar x een hulpveranderlijke gelijk is aan $\text{Ln} \frac{(t/\nu)}{\lambda}$ en Ln = Neperiaans Logaritme.

Dit wil zeggen dat de overlevingskromme bepaald is door twee parameters: V de gemiddelde levensduur van een stuk en λ een dispersiecoëfficiënt. De gemiddelde levensduur t is die levensduur waarvoor in het « overlevingsdiagramma » de verticale, gebouwd op de absis die de gemiddelde levensduur weergeeft, het oppervlak tussen de overlevingskromme en de tijd (t) of absis-as, in twee gelijke delen deelt; zijn waarde is gelijk aan:

$$t = V e^{\frac{\lambda^2}{2}}$$

Wanneer de dispersiecoëfficiënt λ klein is, benadert de lognormale verdeling de normale of Gausse verdeling en λ benadert de relatieve standaardafwijking $\frac{\sigma}{V}$; voor

grotere λ 's benadert men de Poisson'se verdeling. Bij ondervinding heeft Kelly vastgesteld dat een $\lambda = 0,3$ kan worden gebruikt bij statistische berekeningen op stukken die door sleet buiten dienst vallen, terwijl een $\lambda = 0,9$ beter past bij berekeningen die betrekking hebben op stukken die verdwijnen door veroudering; voor deze laatste stukken gebruikt men ook veel de verdeling van Poisson daar $\lambda = 0,9$ groot is.

De breuk van een stuk, van welk type ook, brengt twee soorten onkosten met zich: de herstellingsonkosten d en de kosten van de gevolgen D (verlies in produktie, enz...).

In een eerste politiek waar men niet aan preventief onderhoud doet, zijn de onkosten per uur als gevolg van breuk:

$$C_1 = \frac{d_1 + D_1}{t}$$

In een tweede politiek waar men het stuk op de ouderdom θ vervangt, zijn de onkosten per uur:

$$C_2 = \frac{d_2 + [1 - p(\theta)] D_2}{\theta}$$

waarin $p(\theta)$ de waarschijnlijkheid is waarmee het stuk de levensduur θ bereikt, of beter waarmee het niet breekt voor θ ; $[1 - p(\theta)]$, zijn komplement, is dan de waarschijnlijkheid waarmee het stuk breekt voor θ . Het preventief onderhoud zal zich verrechtvaardigen als $C_2 < C_1$ of $C_2/C_1 < 1$. In dit geval zal men de ouderdom θ zoeken die overeenkomt met het minimum van C_2/C_1 .

Nemen we de reparatiekosten d en de onkosten D die een gevolg zijn van de breuk in de 2 politieken gelijk, dan bepaalt Kelly een praktische grens aan het preventief onderhoud die verrechtvaardigd wordt in een diagramma: $[d/D, \lambda]$ (fig. 1.5). Men doet het preventief onderhoud voor de stukken onderworpen aan sleet, wanneer voor een λ variërend van 0,3 tot 0,6 de verhouding d/D respectievelijk de waarden 0,8 en 0,2, niet overschrijdt. Voor stukken onderworpen aan vermoeienis (1) die doorgaans zeer duur zijn, zal het preventief onderhoud slechts verrechtvaardigd zijn voor waarden van $d/D < 0,05$ en dit komt zelden voor. Tenandere, indien men een overlevingskromme zou aannemen, die aan de verdelingswet van Poisson gehoorzaamt, dan zou de kans op breuk in de periode volgend op de vervanging voor het nieuwe stuk dezelfde zijn als voor een stuk dat een zekere ouderdom heeft. In de konstruktie van een machine waar meerdere stukken aan sleet onderworpen zijn, heeft men er voordeel bij zulkdanige maatregelen te treffen dat men analoge overlevingskarakteristieken bekomt teneinde een zekere periodiciteit in de revisies te bekomen.

Meestal zijn de herstellingsonkosten en de onkosten als gevolg van stilstand in de twee politieken niet gelijk.

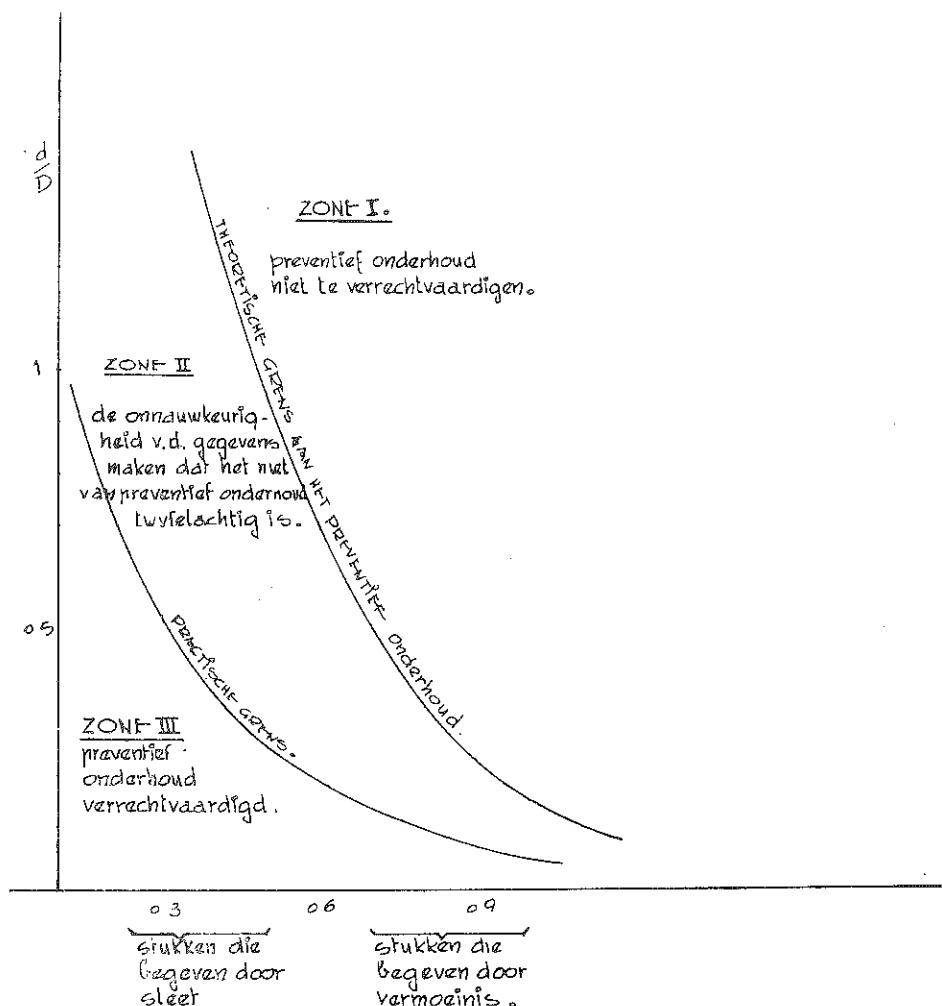
Het volstaat de waarde van het produktieverlies te beschouwen. Het produktieverlies voortkomend door breuk is over het algemeen veel groter dan het produktieverlies door het preventief onderhoud. De juiste waarde die men aan dit produktieverlies moet toekennen wordt dikwijls betwist; als basis voor deze waarde gaat men dikwijls uit, hetzij van de winstmarges, hetzij van de vervangingswaarde van de afgewerkte produkten, hetzij van de waarde van de grondstoffen; in bepaalde gevallen wordt de waarde van het zo bepaalde produktieverlies vermenigvuldigd met een schaarste koëfficiënt; deze bepaalde gevallen worden verrechtvaardigd door redenen van burgerlijke of militaire veiligheid, buitengewone commerciële toestanden, e.a. Er bestaan dus meerdere waarden en het is daarom ook aan te raden de schaarste koëfficiënt door de « algemene Direktie » te laten vaststellen of door een gemeenschappelijke overeenkomst tussen de deelnemers aan de studie. Daar deze dikwijls tot een verschillende discipline behoren kan men de methode van de gepondeerde stemming toepassen. Iedere deelnemer geeft een zekere waarde aan elke parameter die in het probleem voorkomt en men neemt dan de gemiddelde waarde als evenwichtige vertegenwoordiging van alle strekkingen. Deze parameterstudies komen dikwijls voor. De begrippen waardevermindering en veroudering van het materieel, alhoewel ze klaar en duidelijk zijn, laten zich toch niet gemakkelijk becijferen. Volgens J. Lesourne in zijn boek « Technique économique et Gestion industrielle » en P. Massé in zijn boek « Le choix des investissements », kan men de algemene principes van de theorie der investeringen in hun gevolgtrekkingen op het bijzonder geval van het materieel zonder meer toepassen. Men vindt er het begrip terug van het materieel dat er in bestaat een opeenvolging van inkomsten (of uitgaven) $R_0, R_1, R_2 \dots R_n$ gedurende de n toekomstende jaren gelijk te stellen met de huidige waarde die zij vertegenwoordigen.

$$B = R_0 + \frac{R_1}{1 + i_1} + \frac{R_2}{(1 + i_1)(1 + i_2)} + \dots + \frac{R_n}{(1 + i_1)(1 + i_2) \dots (1 + i_n)}.$$

(1) Hier in de betekenis van breuk door vermoeienis op een willekeurig tijdstip en door willekeurige oorzaken, in tegenstelling met breuk door vermoeienis op statistisch te voorziene tijdstippen en door gekende oorzaken: trillingen e.a. lijkt dit het geval is voor meerdere vliegtuigonderdelen die wel degelijk preventief vervangen worden.

De waarde van een materieel is de som van de geaktualiseerde waarden van zijn toekomstige netto inkomsten.

De « juiste » waardevermindering is hetgeen bij deze aktuele waarde moet gevoegd worden om de waarde van het nieuw materiaal te vinden. Ongelukkiglijk is deze aktuele waarde of marktwaarde slechts in enkele partikuliere gevallen gekend, zoals bv. deze



van de auto, waarvan de « Moniteur de l'automobile » de gewenste waarden geeft. De heer Kaufmann heeft dit probleem ten andere behandeld in zijn boek : « Méthodes et Modèles de la Recherche Opérationnelle ». Dikwijls moet men ze schatten i.p.v. ze vast te stellen. Om praktische redenen gebruikt men meestal als finantiële last van een jaar, de som van het nde deel van de beginwaarde plus de intrest van de nog niet afgeschreven waarde van het materieel. De veroudering kan uitgedrukt worden onder vorm van een risico, d.w.z. van de waarschijnlijkheid dat een meer geperfectioneerde machine op de markt zou verschijnen. Deze waarschijnlijkheid groeit met de tijd en de kurve lijkt op een Gausskurve. In het syntetisch model neemt men aan dat het een Gausskurve is, waarvan de dispersie een parameter is van het model. Vooraleer aan te vangen met het uitwerken van het model heeft men als nuttig geoordeeld een kommentaar te geven over zekere wetten van de probaliteit, verdelingswetten en betekenis-testen.

Het is in feite zeer belangrijk, hypotesen die gesteld worden bij de studie van een probleem te kunnen kontroleren.

Werden behandeld : De kettingreeksen van Markov — De vergelijkingen van Chapman — Kolmogorov — Stochastische kettingreeksen buiten deze van Markov — De processus van Poisson — De verdeling van Erlang — De hyperexponentiële verdeling of verdeling van Morse — de χ^2 test van Poisson, de t -test van Student — de F-test van Fisher.

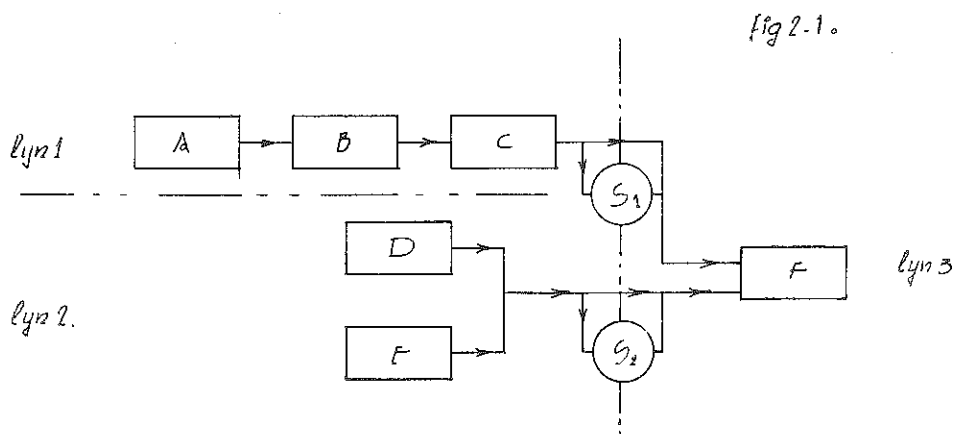
Par. 2. — Instelling van het model.

Het vooropgesteld model is geen omnibus model dat de rechtstreekse studie van werkelijk interessante problemen aan de leden van de groep toelaat, maar het wordt verondersteld een verzameling van de meest voorkomende moeilijkheden te bevatten, waarvan men duidelijk getracht heeft ze te laten uitkomen. Het moet eenvoudig zijn om de vergaderingen niet te overlasten met lange of talrijke uiteenzettingen, maar men moet vermijden van karikaturaal te zijn; zijn bestaansreden is pedagogisch: in feite zou het moeten een geheel van praktische werken aangaande beheerswetenschap zijn, zoals de fysische werken in een fakulteit van wetenschappen.

2.1. — Opgaven van het model.

Nemen we als model een vervaardigingsproces dat bestaat uit drie fabriekslijnen, genummerd: 1, 2 en 3 (zie fig. 2 — 1).

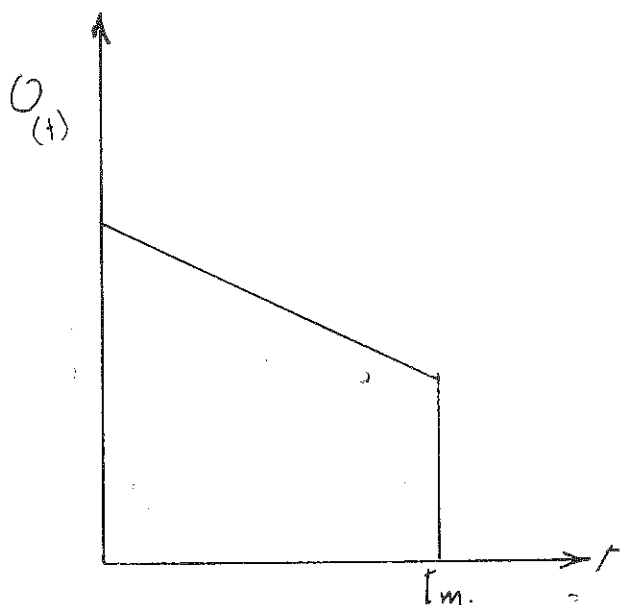
Lijn 1 bevat drie achter elkaar geschakelde machines A, B en C, zodat de stilstand van een machine de stilstand van de andere meebrengt. De 2^{de} lijn omvat 2 in parallel geschakelde machines D en E die eenzelfde voorwerp voortbrengen. De stilstand van D



is onafhankelijk van de stilstand van E en omgekeerd, maar de stilstand van een machine vermindert de produktie per tijdseenheid van lijn 2 tot de helft. De produkten (1) en (2) worden samengevoegd tot een geheel in de lijn (3) die slechts uit 1 machine F bestaat; lijn 3 is niet star verbonden met lijnen 1 en 2 daar men vóór machine F (lijn 3) stockageruimten S(1) en S(2) heeft voorzien voor de halfprodukten die voortkomen van lijnen 1 en 2. De machines A, B en C zijn verschillend; D en E zijn gelijk.

2.2. — Algemene hypotese.

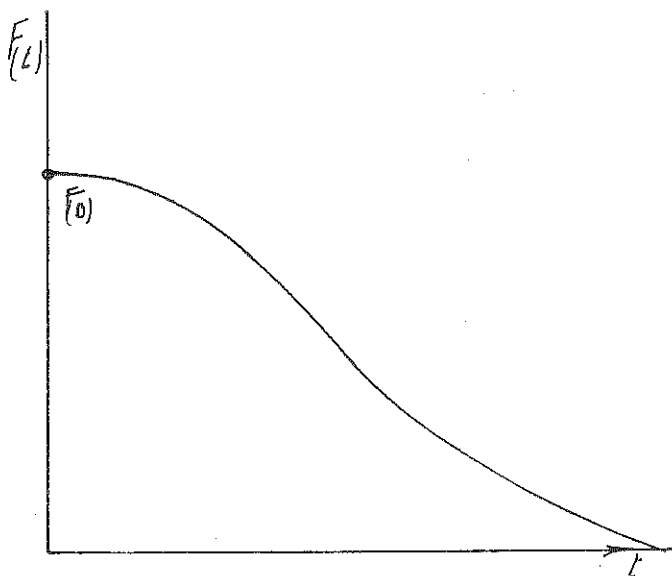
2.2.1. — Men veronderstelt dat iedere storing onafhankelijk is van de andere. De machines bevatten verschillende stukken waarvan de ene onderhevig zijn aan vermoeienis, de andere aan sleet. Men neemt aan dat deze stukken een overlevingskromme hebben volgens een lognormale wet met een dispersieparameter gelijk aan λ .



Verouderingskrommen.

fig. 2.2.

2.2.3. — Voor elke machine tracht men de ontwaarding in functie van de tijd vast te stellen; de grafische voorstelling van het verschil $F(t)$ tussen de aankoopwaarde $F(0)$ en de ontwaarding heet ontwaardingskromme (fig. 2.3.).



Ontwaardingskrommen

fig. 2.3.

$\lambda = 0,3$ voor de stukken onderworpen aan sleet en $\lambda = 0,9$ voor deze onderworpen aan vermoeienis.

Naast deze voornaamste storingen bestaan er voor elke machine een grote hoeveelheid kleinere storingen, waarvan de verdeling gehoorzaamt aan de wet van Poisson met parameter a .

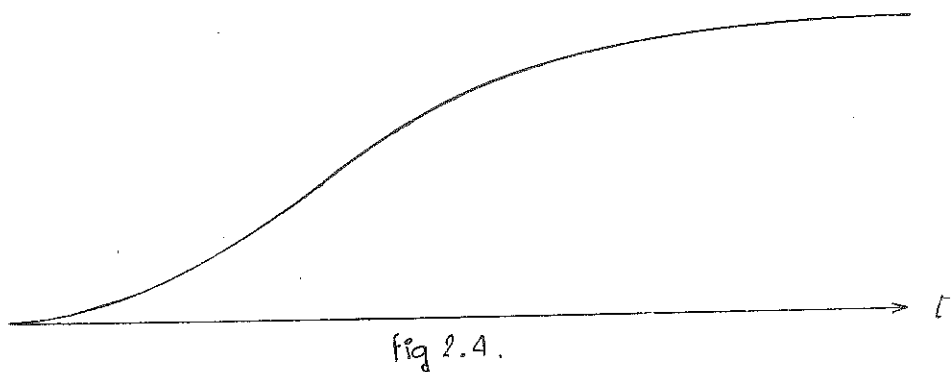
2.2.2. — Men neemt aan dat de storingen aan de machines veroorzaakt door vermoeienis of sleet zich zeer ongelijkmatig voordoen.

Indien $V_m(0)$ de gemiddelde te verwachten levensduur is op $t = 0$, dan is dezelfde te verwachten levensduur op het ogenblik t gelijk aan $V_m(t) = \varphi(t) V_m(0)$.

— $\varphi(t)$ geeft de veroudering van de machine weer; haar grafische weergave heet « verouderingskromme » — fig. 2.2.

Men neemt aan dat op een tijdstip t_m de machine moet vervangen worden.

Men neemt aan dat de wederverkoopprijs een exponentiële of een lognormale aard zal hebben. Wil men nu de werkelijke wederverkoopwaarde $F'(t)$ kennen op het ogenblik (t) dan moet men niet alleen rekening houden met de ontwaarding door afschrijving



maar ook met het feit dat er nieuwe machine-typen op de markt kunnen komen; om hiermee rekening te houden, voert men een koëfficiënt α in zodanig dat $F'(t) = \alpha F(t)$. Nieuwe machines worden nu niet alle dagen uitgevonden en op de markt gebracht; integendeel! Daarenboven gebeurt dit volledig willekeurig, zodat we slechts kunnen bepalen door loting uitgaande van een kromme die de kans op nieuwe machine-typen weergeeft (fig. 24); de funktie die deze kromme weergeeft neemt toe met de tijd en benadert dicht de Gaussfunktie; de dispersie ervan kan volgens het type-machines ruw geschat worden en vormt dan ook een van de parameters van het model.

2.2.5. — Alle kosten worden geaktualiseerd met een rentevoet r ; r wordt konstant verondersteld voor het geheel van de beschouwde perioden. Men aktualiseert op het einde van het jaar. Indien men zich een beschrijvingsinterval geeft van n perioden en indien men de uitgaven voor werking en onderhoud $f(r)$ noemt voor het jaar n . dan spelen deze uitgaven met hun aktuele waarde:

$$\frac{f(r)}{(1+r)^n}$$

2.3. — De simulatie.

Het werkprogramma wordt opgesteld met op het einde een simulatie door middel van een elektronische rekenmachine gebruikt voor het testen van verscheidene politieken (simulatie-machines M.). Indien eventueel tussenliggende beslissingen in de opeenvolgende stappen van een politiek moeten tussenkomen, zal men verschillende personen moeten tussenschakelen in het machineprocédé (simulatie: personen — machines HM) om zo getrouw mogelijk de verschillende beslissingstrappen met de geest, eigen aan de onderneming, weer te geven. De rol van deze « simulerende personen » wordt zoveel mogelijk gehouden door de persoon die daadwerkelijk in de onderneming die funktie uitoefent; de andere leden van de werkgroep kijken alleen toe en kunnen dus het gehele verloop van het gesimuleerde model volgen.

2.3.1. — De tijd: Men zal het resultaat van elke politiek na 5 jaar aktiviteit onderzoeken. Vijf jaar is tegenwoordig de normale grens of « ekononmische horizont » waarover het moeilijk wordt ekonomische vooruitzichten juist te becijferen. Als tijds-eenheid noemt men het uur; de week bevat 5 werkdagen van 2×8 uur: overuren zijn mogelijk. De simulatie van een jaar zal een zeker aantal maal herhaald worden om te vergelijken of de bekomen bilan geen te grote spreiding vertoont. Om de kunstmatige monsters van alle overlevingskurven, de herstellingsduur, en andere waarden die wisselvallig zijn te verwezenlijken kan de trekking gedaan worden uitgaande van een tabel van wisselvallige getallen van gelijke waarschijnlijkheid of die rechtstreeks voortgebracht worden door de elektronische rekenmachine onder de vorm van een hulpprogramma. Men bekomt aldus een wisselvallig gevolg van storingsintervallen, of van tijden volgens de overlevingswet (fig. 3.1.).

— De reparatie-weken worden gerekend in uren. Wanneer het totaal meer dan 40 uur is, dan zal men de werkloze tijd op de volgende week plaatsen, waar deze tijd zich voegt bij de uren van deze nieuwe week.

— De produktie gebeurt in 2 ploegen van 8 uur of 16 uur ononderbroken arbeid. Wanneer een machine storing heeft, dan zal men de herstelling in de volgende 8 uur verrichten, maar men moet de kostprijs per uur van de arbeider verdubbelen wanneer hij overuren doet.

— De stocks zullen elke week geschat worden, terwijl men rekening zal houden met de produktie, dit is natuurlijk wisselvallig, ter oorzaak van storingen.

2.3.2. — Afkortingen.

Wij gebruiken de volgende afkortingen :

- λ dispersieindex van de lognormale wet.
- V_m duur van de gemiddelde levensduur voor een lognormale wet.
- r duur van het onbeschikbaar zijn als gevolg van storing.
- $\wedge$ aantal storingen aan kleine stukken per eenheid van tijd (deze volgen een exponentiële wet).
- k produktiepeil van een lijn of geproduceerde kwantiteit per tijdseenheid.
- j_1 kosten van het te vervangen stuk (vaste grootte).
- j_2 kosten van het demonteren, hermonteren en regelen (wisselvallige grootte volgens Gausskurve met kleine standaard afwijking).
- n gemiddeld aantal.
- $s'(r)$ ingangsstock van de lijn op datum (r).

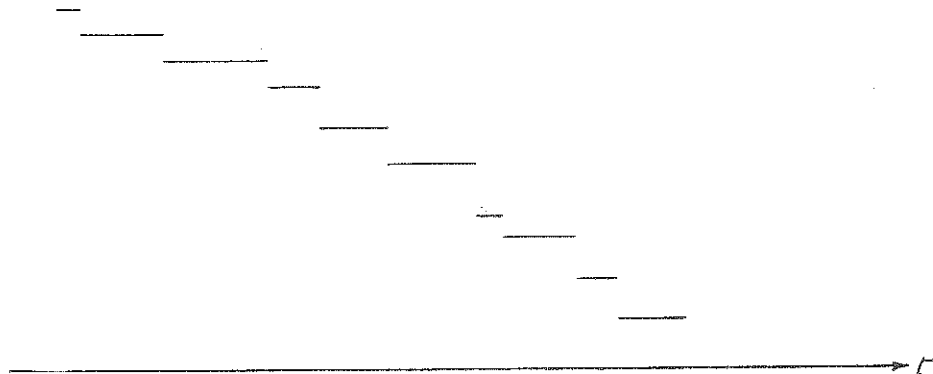
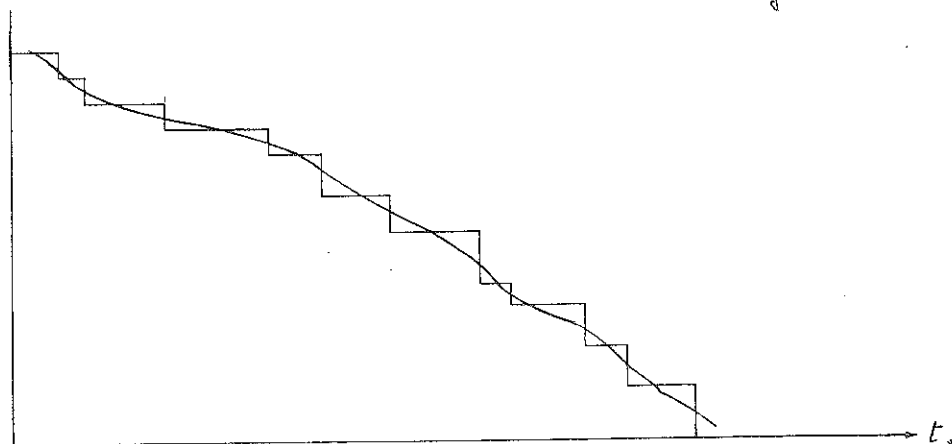


fig 3.1.



- j_s kosten van stockering van de grondstoffen, tussenprodukt of eindprodukt per stuk en eenheid van tijd.
- j_s kosten van schaarste van het eindprodukt per stuk en per tijdseenheid.
- α kenmerkende koëfficiënt voor de algemene sleet zoals $V_m(t) = (1 - \alpha)^n \cdot V_m(0)$. Voor de berekening zal men de formule aannemen $V_m(t) = C \cdot \alpha^t \cdot V_m(0)$.
- α volgt uit de voorgaande formule door voor $V_m(t)$ de waarde te zetten die men proefondervindelijk heeft vastgesteld na 1 jaar.

Al deze veranderlijken hebben voor elke machine een bijkomende indicatie.

Voorbeeld: De gemiddelde levensduur voor het sleetstuk van de machine

A: $V_m(A)$.

2.3.3. — Inventaris van de storingsoorzaken.

De machine A-B-C-D-E en F bezitten als storingsoorzaken volgende stukken :

Machine	Aantal stukken	Aantal stukken
	aan sleet onderworpen	aan vermoeienis onderworpen
A.	1	1
B.	1	2 (verschillende)
C.	2 (verschillende)	1
D.	1	0
E.	1	0
F.	1	3 (verschillende)

Technisch Dossier. — Zie tabel.

2.3.4. — Produktie.

Lijn (1) heeft een maximum opbrengst van $k_1 = 550$ stuks per uur ; iedere machine van lijn (2) produceert de stukken P_2 op een maximum hoeveelheid per uur van $k_2 = 275$.

De machine F stelt de stukken P_1 en P_2 samen tot P_3 met een max. hoeveelheid van 550 stuks per uur.

Om een stuk P_1 te maken moet men hebben :

- 48 F grondstof MPI
- × 2 F artikel AM1 (1)
- × 6 F verwerkt artikels AM2 (3)
- × 15 F verwerkt artikels AM3 (1).

Om een stuk P_2 te maken moet men hebben :

- 25 F grondstof MP2
- 3 F grondstof MP3
- × 2 F verwerkt artikel AM4
- × 5 F verwerkt artikel AM5

× = afgewerkt onderdeel.

Om een stuk P_3 te maken moet men hebben :

- 11 F AM6
- 6 F AM7

2.3.5. — Kosten.

De evenredige eenheidskosten buiten de grondstoffen en de verwerkte produkten zijn voor :

$$P_1 - 9 F, \quad P_2 - 16 F, \quad P_3 - 21 F.$$

De vaste kosten zijn voor lijn :

$$(1) - 220 F, \quad (2) - 212 F, \quad (3) - 115 F.$$

De rentevoet van het geld is 6 %, konstant genomen gedurende de gans beschouwde periode.

De machines hebben een zekere ouderdom op $t = 0$. De waarden zijn gegeven in de volgende tabel.

TECHNISCH DOSSIER

Kenmerken v./d. machine-onderdelen	Vm(0) in uren	I in uren	j _i in F	n	$\frac{-z_t}{e}$ voor t = 1 jaar	$\wedge$	λ
A.							
1. sleetstuk bv. bronzen ring	1.000	20	50	2	0,9	—	0,3
2. vermoeienisstuk bv. as	600	2	2.000	3	0,9	—	0,9
3. diverse kleine stukken	—	1	5	2	0,85	1/50	—
B.							
1. sleetstuk (nok)	800	4	600	2	0,9	—	0,3
2. vermoeienisstuk (motorsteun)	600	2	110	2	1 ($\alpha=0$)	—	0,9
3. vermoeienisstuk (motorsteun)	750	13	200	3	1	—	0,9
4. diverse kleine stukken	—	2	10	2	0,8	1/79	—
C.							
1. sleetstuk (kogellager)	2.000	4	400	2	0,05	—	0,3
2. sleetstuk. (tandwielaaandrijving)	3.800	8	4.500	3	1	—	0,3
3. vermoeienisstuk (drijfstaag)	5.400	20	400	3	1	—	0,9
4. diverse kleine stukken	—	2	90	2	0,85	1/90	—
D/E.							
1. sleetstuk (elektr. app.)	1.200	18	300	1	0,80	—	0,3
2. diverse kleine stukken	—	0,3	5	2	0,85	1/55	—
F.							
1. sleetstuk (koppeling)	800	12	500	3	0,9	—	0,3
2. sleetstuk (vork)	1.000	21	10.000	5	1	—	0,9
3. vermoeienisstuk (schakelaar)	400	0,3	30	1	1	—	0,9
4. vermoeienisstuk (schakelaar)	1.700	6	150	1	1	—	0,9
5. diverse kleine stukken	—	1	15	2	0,75	1/68	—

Machine	Beginwaarde in miljoen F.	Ouderdom op $t = 0$	Waarde op tijd $t = 0$ in miljoen F.
A	2,5	2	2
B	2	1	1,8
C	3,5	2	2,8
D	1,5	1	1,35
E	1,5	1	1,35
F	4	3	2,9

Een arbeider, belast met onderhoudswerken, kost gemiddeld 60 F per uur, vaste kosten mee ingerekend; zo hij overuren maakt kost hij het dubbel. Het aantal werklieden belast met de herstellingswerken is beperkt tot 7.

Aan elke vervanging of herstelling van een stuk werkt er gemiddeld n man; de verdeling van deze n werklui is binominaal. De stocks zijn geschat op hun fabricagekosten (vervangingswaarde). De kosten van stockage zelf worden geschat op de intrest van het geïnvesteerde kapitaal.

De uitgaven voor het opslaan in het magazijn moeten niet in rekening gebracht worden, daar men oordeelt dat deze uitgaven onafhankelijk zijn van het volume. De stock zelf moet echter wel degelijk tussenkomen; de druk die hij door zijn kapitaal-kosten uitoefent op de algehele kosten, dient vastgesteld te worden zoals ook de grenzen waarbinnen hij mag schommelen.

2.3.6. — *Kommerciële vraag.*

De vraag wordt in dit geval als konstant beschouwd.

2.3.7. — *Economische functie.*

Zoals in de inleiding werd uiteengezet moeten we nu de economische functie optimaliseren, d.i. in dit geval van kosten er de minima van zoeken; deze minima dient om onze algemene beheerspolitiek te bepalen of minstens toch als leidraad bij het bepalen van die politiek. Deze economische functie houdt rekening met volgende geaktualiseerde factoren: produktieverlies, onderhoudskosten, afschrijving, verouderingskosten, opslagkosten.

2.3.8. — *Te testen politieken.*

De verschillende politieken hebben betrekking op het preventieve onderhoud. De eerste politiek is deze waar men geen preventief onderhoud doet. Het preventieve onderhoud is enkel te beschouwen voor stukken onderhevig aan sleet.

Men kan systematisch een machinestuk afzetten op $0,8 V_m(2)$, waar $V_m(2)$ de gemiddelde levensduur is in het begin van het jaar (r), dan wordt τ veranderd in $a\tau$ met een zekere waarde voor a .

Men kan eveneens de preventieve vervanging niet toepassen tenzij voor de stukken die $r\tau > h$ uur hebben.

Voor de machines D en E mag men de vervanging per groep aannemen.

Indien een van de stukken van deze machines een ouderdom $0,7 V_m(2)$ bereiken, terwijl de andere een ouderdom hebben begrepen tussen $0,7 V_m(2)$ en $V_m(2)$, dan zal men de 2 stukken vervangen; de totale tijden τ_D en τ_E zijn dan gereduceerd met 40 %.

Men neemt in dit geval aan dat bij een preventieve vervanging de tijden τ niet meer wisselvallig zijn maar een waarde τ hebben.

Par. 3. — *Het in machine brengen van een simulatie.*

Om een syntetisch beheerprobleem op te lossen, waarvan de gewilde komplikaties nogal groot zijn, moet men gebruik maken van simulatie. Dit is nogal kostelijk gezien de tijd die men nodig heeft tot voorbereiding van het machineprogramma — de organigrammen niet te nagesproken werd dit programma dan ook niet uitgewerkt. Het syntetisch model werd gekonstrueerd met het doel de gegeven principes die tussenkomen in dit soort problemen te doen uitkomen, en de bijkomende verwikkelingen te begrijpen. Een tweede fase van de werkgroepsactiviteiten betreffende het onderhoud en het beheer van het materiaal bestaat in de studie van een of meer verschillende werkelijke gevallen, die zullen worden uitgewerkt tot en met de volledige simulatie inbegrepen. Een verslag van de groepsactiviteiten in deze 2^{de} fase zal later gepubliceerd worden.

L'utilisation de la théorie de l'information en psychologie (*)

par Paul BERTELSON,

Université de Bruxelles,
Laboratoire de Psychologie.

RESUME.

Après un rappel sommaire des bases de la théorie des communications, l'auteur décrit les applications qui ont été faites du langage et des procédés de quantification propres à cette théorie dans deux domaines de la psychologie expérimentale : celui des temps de réaction et celui des jugements absolus. Il constate que de part et d'autre, des hypothèses d'invariance particulièrement simples ont d'abord reçu des confirmations partielles, qui ont provoqué un véritable engouement, mais qu'ensuite, lorsque ces hypothèses se sont révélées trop simples, on a assisté à un mouvement de désaffection pour la théorie elle-même. Il rappelle qu'il s'agit d'une théorie formelle, dont la valeur n'est pas liée à la validité d'hypothèses particulières formulées dans son langage, et qu'en fait, elle permet de formuler des hypothèses plus générales que celles qui ont d'abord été mises à l'épreuve.

SAMENVATTING.

Na een korte herhaling van de basis van de theorie der communicaties, beschrijft de auteur de toepassingen die gemaakt werden met de taal en de procedes van kwantificering eigen aan deze theorie, op twee gebieden van de experimentele psychologie; deze van de reactietijden en deze van de absolute beoordeling.

Hij stelt vast dat in het ene en het andere geval, speciaal eenvoudige invariantie hypothesen oorspronkelijk gedeeltelijk bevestiging gekregen hebben, wat een werkelijk drang naar deze theorie deed ontstaan. Achteraf nochtans werden deze hypothesen te eenvoudig bevonden en werd een werkelijke afkeer voor deze theorie vastgesteld.

Hij herinnert er aan dat het gaat over een formele theorie, waarvan de waarde niet gebonden is aan de geldigheid van speciale hypothesen geformuleerd in zijn taal en dat zij in werkelijkheid toelaat meer algemene hypothesen te formuleren dan deze die oorspronkelijk beproefd werden.

La théorie de l'information a été développée par les ingénieurs pour résoudre les problèmes que pose l'utilisation efficace des systèmes de communication. Le « schéma de Shannon » représente le système le plus simple auquel s'applique la théorie. Rappelons qu'il est constitué par :

- une *source*, susceptible de prendre plusieurs états, qui sont les *messages* à l'entrée du système ou *input* ;
- un *codeur* ou *émetteur*, qui transforme les messages en signaux ou séquences de signaux ;
- une *voie de transmission*, dont les signaux constituent les différents états ;
- un *décodeur* ou *récepteur* qui retransforme les signaux en messages ;
- un destinataire qui reçoit les *messages* à la sortie du système ou *output*.

Eventuellement, on considère que sur la voie est branchée une *source de bruit* dont l'effet est de modifier les signaux de façon aléatoire.

Quand on utilise le schéma de Shannon, il importe de se rappeler que les divers chaînons qui y figurent n'ont qu'une signification fonctionnelle. Il n'est pas nécessaire qu'ils correspondent à des éléments matériellement distincts et localisables du système qu'on étudie. D'une façon générale le langage de la théorie de l'information (on dit aussi : langage des communications) s'applique à tout système dont le fonctionnement se traduit par la mise en relation d'un output avec un input — ou, si l'on préfère, peut se représenter par une table de contingence — quel que soit le moyen particulier par lequel la relation est établie.

* Conférence faite à la Société belge de Statistique, le 13 juin 1960.

Les créateurs de la théorie de l'information se sont préoccupés principalement du problème pratique de la durée d'utilisation de la voie pour la transmission d'un ensemble de messages, étant donné que chaque signal occupe la voie pendant un temps déterminé. L'idée centrale de toute la théorie est qu'on peut améliorer l'utilisation de la voie en adaptant le codage aux caractéristiques statistiques de la population des messages à transmettre. Nous allons illustrer cette idée en prenant l'exemple simple d'une voie où peuvent circuler seulement deux signaux de même durée, 0 et 1. Un codage efficace pourra être obtenu en appliquant quelques principes simples.

- a) Ne pas employer une séquence de signaux longue là où une séquence plus courte ne pourrait être confondue avec aucune autre. Par exemple, si les messages sont A, B, C, le code

A	B	C	
00	10	11	est coûteux

et peut être remplacé par :

A	B	C
0	10	11

- b) Quand tous les messages ne sont pas équiprobables, réserver les signaux ou les séquences de signaux les plus courts aux messages les plus fréquents. Si dans le cas précédent, le message B vient 2 fois sur 4, et A et C une fois sur 4 chacun, le code indiqué n'est pas optimal, et on obtiendra une amélioration en adoptant le suivant :

A	B	C
10	0	11

- c) On peut souvent faire une application plus complète du principe b) en codant des séquences de messages au lieu de coder chaque message isolément. Si l'on a par exemple 2 messages, A et B, auxquels sont associées les probabilités .8 et .2, en codant message par message, nous aurons par exemple :

A	B
0	1

et il faudra en moyenne 1 signal par message.

Par contre, si nous codons par séquences de 2 messages, nous pourrions adopter le code suivant :

AA	AB	BA	BB
0	10	110	111

et un calcul simple montre qu'il faudra en moyenne 0,78 signal par message.

D'autres exemples peuvent être trouvés dans l'article de Baudoux (1953), et le problème de la construction des codes optimaux a été abordé dans son ensemble par Fano (1949).

Les mesures d'information — entropie, ambiguïté, information transmise — permettent essentiellement de prédire la limite des améliorations possibles par manipulation du codage.

Le débit de la source peut être mesuré par l'entropie ou information moyenne par message,

$$H(x) = - \sum_i p(i) \log_2 p(i)$$

où $p(i)$ désigne la probabilité du message x_i ($\sum_i p(i) = 1$).

L'unité d'information est le *bit*. Elle correspond à l'entropie d'une source susceptible de deux états équiprobables.

La capacité de transmission d'information de la voie s'exprime en nombre de bits par unité de temps. Pour une voie occupée par des signaux binaires de même durée, c'est simplement l'inverse de la durée de chaque signal.

Shannon a démontré (théorème 9) que la vitesse à laquelle des messages d'entropie H sont transmis à travers une voie non-bruyante de capacité C , a pour limite supérieure C/H messages par seconde. On peut, par des améliorations de codage, s'approcher

autant qu'on le veut de cette limite. On voit donc apparaître le lien entre la mesure d'entropie et la notion de codage : l'entropie d'une source nous indique le nombre de signaux binaires qu'il faut en moyenne pour coder un message de cette source dans le cas limite du codage optimal.

Quand la transmission s'accompagne de bruit, l'incertitude relative à la nature du message à l'entrée, quand on ne connaît que le message à la sortie, peut se mesurer par l'*ambiguïté*, ou *équivocation*

$$H_e(x) = - \sum_{i,j} p(i,j) \log_2 p_j(i)$$

où $p(i,j)$ représente la probabilité conjointe du message à l'entrée x_i et du message à la sortie y_j , et $p_j(i)$ la probabilité conditionnelle de x_i étant donné y_j .

La différence $R = H(x) - H_e(x)$ est appelée *information transmise*.

Dans le cas d'une voie bruyante, on définira la capacité de la voie comme la valeur maximale de R/t . Shannon a montré (théorèmes 10 et 11) qu'à condition que les messages ne soient pas introduits dans le système à une vitesse supérieure à C , il est possible de trouver un codage tel que le taux d'erreur, ou l'équivocation, soient arbitrairement petits. Si $H/t > C$, l'équivocation ne pourra être inférieure à $(H/t - C)$. En pratique le taux d'erreur pourra être réduit en adoptant un codage redondant, c'est-à-dire en utilisant une partie de la capacité de la voie pour assurer la détection et la correction des erreurs dues au bruit. Un procédé grossier serait par exemple celui qui consisterait à coder chaque message plusieurs fois. Les méthodes pour l'établissement de codes détecteurs et de codes correcteurs d'erreurs ont fait l'objet de beaucoup d'attention dans les dernières années, à la suite notamment des travaux de Hamming (1950).

Après ce rappel rapide des bases de la théorie, venons-en à notre sujet qui est l'utilisation de cette théorie en psychologie.

D'une façon très générale, on peut dire que la théorie de l'information apporte un langage et des procédés de quantification qui s'appliquent immédiatement au genre de situation que les psychologues étudient. La psychologie contemporaine se définit comme la science du comportement. Elle se propose essentiellement d'établir de façon empirique les relations entre d'une part les états actuels de l'environnement, les états antérieurs de l'environnement ou éventuellement les actions antérieures de l'organisme et d'autre part les réactions actuelles de cet organisme. Pour elle, l'organisme est une boîte noire qu'il s'agit de définir à partir de ce qu'elle fait. L'approche de la psychologie se distingue par là de celle de la physiologie, qui étudie directement les mécanismes intérieurs à l'organisme.

Les relations entre les actions d'un organisme et les conditions antécédentes auxquelles on s'intéresse peuvent se représenter par une table de contingence. Or nous avons dit que la théorie de l'information s'applique à tout système dont le fonctionnement peut se résumer en une table de contingence. (1). Le comportement pourra être considéré comme une transmission d'information dans la mesure où il est en relation significative avec les événements antécédents qu'on envisage. On aura noté que la possibilité d'appliquer la théorie de l'information n'appelle pas de démonstration. Comme il s'agit d'une théorie formelle, il suffit de constater que les phénomènes comportementaux sont décrits dans une forme qui peut être traduite dans le langage de cette théorie. La seule question qui se pose est de savoir si cette traduction est commode, c'est-à-dire si elle permet de manipuler les faits plus aisément, et si elle est féconde, c'est-à-dire si elle suggère des hypothèses à tester expérimentalement.

Depuis une dizaine d'années, on a appliqué le langage et les procédés de quantification de la théorie de l'information à un grand nombre de problèmes psychologiques : seuils sensoriels, discrimination, jugements absolus, identification de configurations perceptives, mémoire, temps de décision, contrôle moteur, langage, etc. Dans les pays de langue française, un des premiers à signaler les possibilités offertes par cette théorie fut notre maître regretté le Professeur André Ombredane qui, dans une communication

(1) Cette formulation pourrait être considérée comme simpliste et peut-être fera-t-on remarquer que la théorie de Shannon s'applique à des suites infinies de messages. Cela revient à poser le problème de l'estimation des paramètres d'une population parent à partir d'un échantillon. Ce problème n'est pas particulier à la théorie de l'information.

à l'Association de Psychologie scientifique de Langue française, à Louvain, en 1953, montra comment elle permettait une nouvelle formulation des problèmes de la perception.

Nous n'entreprendrons pas de revue systématique des utilisations de la théorie de l'information en psychologie. Nous allons plutôt discuter quelques problèmes que posent ces utilisations en examinant quelques applications typiques.



La première application que nous allons envisager concerne le *temps de réaction de choix* humain. Nous considérons ici une situation expérimentale où le sujet est confronté avec un ensemble de stimuli possibles. On lui a appris à associer une réponse particulière à chaque stimulus. Chaque fois qu'un stimulus apparaît, il doit donner le plus rapidement possible la réponse correspondante. On mesure le temps qui sépare l'apparition du stimulus du début de la réponse. Cette situation a été beaucoup étudiée dans les laboratoires de psychologie, en partie parce qu'on peut la considérer comme une première approximation de beaucoup de tâches rencontrées dans la vie courante. Le comportement du sujet dans cette situation peut être représenté par une matrice de probabilités conditionnelles, les stimuli constituant l'input et les réponses, l'output. A partir des résultats expérimentaux, on peut mesurer l'entropie des stimuli $H(s)$, l'entropie des réponses $H(r)$, l'équivocation $H(s)$ (qui est nulle quand le sujet ne fait pas d'erreurs et que par conséquent à chaque stimulus ne correspond jamais qu'une seule réponse) et l'information transmise R . Chaque réponse peut ainsi être considérée comme une transmission d'information à partir de stimulations.

Dès les débuts de la psychologie expérimentale, Merkel (1883) avait étudié l'influence du nombre de stimuli possibles sur le temps de réaction de choix. Dans son expérience, le sujet devait relâcher le plus rapidement possible l'une de n clefs morses au moment où s'allumait devant lui l'une de n lampes. n variait de 1 à 10. Pour chaque essai on mesurait le temps entre l'apparition du stimulus et le relâchement de la clef. Merkel avait constaté que le temps de réaction augmentait de façon monotone avec le nombre de catégories, n . C'est à ces résultats de Merkel que Hick en 1952 eut l'idée d'appliquer les mesures d'information. Il constata qu'on pouvait y ajuster une fonction logarithmique de forme

$$TR_n = A + B \log n \quad (1)$$

ou

$$TR_n = b \log (n + a) \quad (2)$$

Il faut une constante, A ou a , parce que TR_1 , le temps de réaction « simple » correspondant au cas d'un seul stimulus, n'est pas nul. Du point de vue psychologique, il n'est pas indifférent d'adopter la formule 1 ou la formule 2, mais il serait fort difficile de déterminer expérimentalement laquelle s'ajuste le mieux aux faits, étant donné la variabilité considérable des mesures auxquelles on procède.

Hick refit sur 2 sujets l'expérience de Merkel. Il trouva de nouveau qu'un ajustement logarithmique permettait une bonne prédiction des résultats.

Ces constatations pouvaient s'interpréter en écrivant :

$$TR = A + BH \text{ (puisque, quand } p(i) = \frac{1}{n}, H = \log n \text{.)}$$

Autrement dit, le temps de réaction moyen serait une fonction linéaire de l'entropie de la série des stimuli. Tout se passerait comme si l'information apportée par la stimulation devait passer au travers d'une voie de transmission à capacité limitée, qu'elle occuperait d'autant plus longtemps qu'il y aurait plus d'information à transmettre.

L'existence d'une relation linéaire entre temps de réaction et entropie de la série des stimuli, dans le cas où tous les stimuli sont équiprobables et où, comme c'est le cas chez Hick, le pourcentage d'erreurs est négligeable (de sorte que $R = H(s)$) a été rapidement vérifiée par deux autres auteurs. Hyman (1953) l'a fait pour des TR vocaux à des signaux constitués par des configurations de lampes et Crossman (1953) en utilisant une tâche de tri de cartes. Le sujet trie les cartes en n paquets. Dans cette situation, la réponse relative à chaque carte peut être considérée comme une réaction de choix.

Si l'on ne considère que les données expérimentales que nous avons envisagées jusqu'ici, le seul argument en faveur de l'utilisation de la mesure de l'information est l'existence de relations logarithmiques entre TR et nombre d'alternatives, et ce n'est peut-être pas un argument très convaincant. Toutefois, on peut faire varier l'entropie autrement qu'en modifiant le nombre d'alternatives. Pour un certain nombre d'alternatives, n , l'entropie est maximale quand toutes les alternatives sont équiprobables. Si on s'écarte de cette condition d'équiprobabilité, on introduit de la redondance et on diminue l'entropie. On pouvait se demander si, dans ces conditions, le temps de réaction demeurerait prédictible à partir de H . La question a été envisagée par Crossman (1953) qui fait trier des cartes en respectivement 2, 3 ou 4 paquets, et pour chaque nombre de catégorie de tri, considère différentes répartitions de fréquences. Les résultats confirment l'hypothèse. Quand on réduit l'entropie en s'écartant de la condition d'équiprobabilité, le temps de tri diminue en suivant la droite correspondant à l'influence du nombre de catégories. Par exemple, il faut sensiblement le même temps pour trier en trois classes équiprobables (1.58 bit par carte) ou en 4 classes se répartissant selon une proportion 60-20-10-10 (1.57 bit par carte). Hyman (1953) a obtenu des résultats analogues.

On peut aussi réduire l'information apportée par les stimuli en introduisant de la redondance séquentielle, c'est-à-dire en faisant dépendre la probabilité de chaque signal de la nature du signal précédent. Seul Hyman (1953) a envisagé cette source de variation et il a montré que le temps de réaction diminuait avec la redondance séquentielle. La réduction est assez bien prédite par la réduction de l'entropie.

Il apparaît donc que la quantité d'information à transmettre permet une bonne prédiction du temps nécessaire à la transmission. L'intérêt de la mesure d'information semble net puisqu'elle fournit un invariant pour trois formes de variations différentes.

Dans les expériences précédentes, comme il a été dit, le pourcentage d'erreurs était très faible et on pouvait probablement admettre en première approximation que

$$R = H(s) = H(r).$$

On pouvait se demander ce qui se passerait si on permettait au sujet de faire un certain pourcentage d'erreurs. Dans un canal bruyant, un codage moins redondant permet de faire passer plus de messages en un même temps au prix d'une augmentation du taux d'erreurs. La relation entre l'augmentation de vitesse et l'augmentation du taux d'erreurs sera telle que R demeure constant. Hick s'est demandé ce qu'il en serait pour l'opérateur humain. Dans une de ses expériences, les sujets ont été invités à sacrifier dans une certaine mesure l'exactitude à la vitesse. En considérant des séries de réponses correspondant à différents pourcentages d'erreurs, il apparaît que la relation erreurs-vitesse est bien celle que prédit la théorie. Il est dommage que ce résultat ait été obtenu sur deux sujets seulement et que personne depuis n'ait cherché à le vérifier. La possibilité de combiner en un seul score d'information transmise la vitesse et la précision du travail — possibilité que semble suggérer le résultat de Hick — constituerait un progrès considérable.

Les données que nous venons de voir constituent ce qu'on pourrait appeler les résultats classiques. A l'époque, ils ont provoqué un véritable enthousiasme. On a cru qu'on avait enfin trouvé une mesure générale de la difficulté des tâches. Chaque tâche pourrait être définie par un certain nombre de bits d'information à transmettre. Connaissant la capacité de transmission d'information d'un individu (il est entendu que cette capacité peut varier d'un individu à un autre) on allait pouvoir prédire la vitesse maximale à laquelle cet individu pourrait effectuer cette tâche en faisant $x\%$ d'erreurs, ou, vice-versa, combien d'erreurs il ferait si on l'obligeait à accomplir cette tâche en un temps t . Si on songe que depuis longtemps la psychologie cherche le moyen de ramener la diversité des tâches réelles à quelques mesures simples, il semble que l'enthousiasme dont il est question était parfaitement justifié et que l'hypothèse d'invariance du taux de transmission d'information méritait toute l'attention qu'on y a consacré.



Malheureusement, les choses n'étaient pas aussi simples qu'il a semblé à cette époque. Depuis, de nouveaux résultats difficilement compatibles avec l'hypothèse d'invariance ont été obtenus.

a) Même si pour une tâche déterminée, une certaine invariance peut être obtenue au travers de modifications du nombre des signaux et de la structure statistique de la

série des signaux, les taux de transmission peuvent varier fortement quand on passe d'une tâche à une autre. Dans les expériences classiques de temps à réaction de choix dont nous venons de parler, où l'entraînement des sujets est généralement faible, on obtient des taux qui varient de 3 à 7 bits par sec. Mais pour des tâches hautement apprises, on obtient des taux beaucoup plus élevés. Un pianiste tapant au piano des notes dont l'ordre a été déterminé à l'aide d'une table de nombre au hasard, peut transmettre 25 bits/sec. et la lecture à haute voix de mots au hasard permet d'atteindre des taux de 25 à 30 bits/sec.

- b) De plus, il semble que dans les tâches hautement apprises, le taux de transmission d'information ne soit plus invariant quand on modifie la fréquence des signaux. Si par exemple on réduit le vocabulaire dans lequel sont choisis les mots qu'on fait lire, chaque mot apporte moins d'information, mais la vitesse de lecture n'augmente pas en conséquence. Il semble qu'ici il y ait une certaine taille de vocabulaire pour laquelle le taux de transmission d'information est maximum.

En général, le taux de transmission d'information semble plus élevé quand les relations stimulus-réponse sont plus « naturelles », ou, pour employer un terme introduit par Fitts, quand il y a une plus forte « compatibilité » signal-réponse. Crossman (1955), a comparé deux tâches de réaction de choix. Dans les deux tâches, le sujet avait à choisir une touche réponse dans une rangée horizontale de 10 touches. Mais, dans l'une, les signaux étaient constitués par 10 lampes disposées également sur une rangée horizontale, avec correspondance directe entre lampes et touches. Dans l'autre, les signaux étaient disposés verticalement, les uns en-dessous des autres, la lampe du haut appelant la réponse sur la touche extrême de gauche, et la lampe du bas appelant la réponse sur la touche extrême de droite. Le deuxième type de relation donne des taux de transmission de l'ordre de 6-7 bits/sec. tandis que la première permet d'atteindre de 15 à 30 bits selon les sujets. La différence vient probablement de ce que la première relation est une relation que nous avons rencontrée et expérimentée beaucoup plus fréquemment que la seconde.

Que l'expérience d'une relation entre un ensemble de stimuli et un ensemble de réponses puisse amener une augmentation du taux de transmission d'information vient d'être montré par Mowbray et Rhoades (1960). Ces auteurs ont entraîné un sujet pendant plusieurs mois sur une tâche de réaction de choix avec 2 et 4 couples signal-réponse. La différence entre le temps de réaction dans les deux conditions a pratiquement disparu à la fin de l'expérience (le sujet avait à ce moment donné plus de 40.000 réponses).

Leonard (1960) a étudié l'influence du nombre de catégories de choix sur le temps de réaction dans une des situations les plus compatibles qu'on puisse envisager : le sujet pose les doigts sur les bras de relais électromagnétiques ; quand un des bras de relais se met à vibrer (on y lance du courant alternatif) il doit le plus rapidement possible exercer une pression à l'aide du doigt ainsi stimulé. Il est apparu une différence nette entre le temps de réaction simple (un seul stimulus : $TR_1 = 182$ msec. en moyenne) et les temps de réaction dans les conditions avec choix (en moyenne 225 msec.). Mais il n'y a pas de différence appréciable entre les différents degrés de choix envisagés (2, 4 et 8). Tout se passe donc comme si dans une situation de ce genre, le sujet, pourvu qu'il y ait choix, était incapable de tirer profit d'une réduction du nombre des possibilités, et travaillait toujours en tenant compte de l'ensemble des possibilités.



En somme, les applications de la théorie de l'information dans le domaine des temps de réaction ont été stimulées principalement par l'espoir que les mesures d'information permettraient d'expliquer la grande masse des données à partir d'une loi simple, celle de la constance du taux de transmission d'information. Cet espoir a été déçu. Le problème est maintenant de savoir si la théorie perd par là tout intérêt dans ce domaine, comme d'aucuns le pensent.

L'hypothèse d'une constance universelle du taux de transmission d'information revenait à supposer que l'homme, quelle que soit la tâche à laquelle il s'occupe, pouvait être considéré comme un canal de communication unique, fonctionnant toujours avec codage optimal. Ce que nous voudrions montrer maintenant est que le langage de la théorie de l'information demeure utile, à condition d'être prêt à considérer

1) que l'homme n'est pas une seule voie, mais un ensemble de voies connectées entre elles de diverses façons ;

2) que ces voies peuvent fonctionner avec codage sub-optimal.

1) Dans ses expériences de tri de cartes, Crossman (1953) a montré que si on demandait au sujet de trier des cartes en 2 paquets comportant respectivement les images rouges et les numéros noirs, et les images noires et les numéros rouges, la vitesse de tri était celle qui correspond normalement à quatre paquets et non celle qui correspond à deux paquets. Autrement dit, bien que la réponse n'apporte qu'un bit par choix, le temps de tri est celui qui correspond à 2 bits. Une constatation parallèle est celle de Gregg (1954) qui fait choisir à ses sujets l'une de deux réponses pour des stimuli qui varient selon respectivement 1, 2, 3 ou 4 dimensions. Les stimuli sont des ellipses qui, dans la condition à 4 dimensions, peuvent être grandes ou petites, brillantes ou obscures, situées vers le haut ou vers le bas, et vers la gauche ou la droite. Autrement dit, il n'y a jamais que deux catégories de réponses, mais il y a respectivement 2, 4, 8 ou 16 stimuli différents. Les résultats montrent que le temps de réaction subit l'influence du nombre de catégories de stimuli. Ces résultats sont difficiles à interpréter si on veut absolument considérer l'opérateur humain comme une seule voie de transmission. Par contre, si on admet de considérer deux voies en séries, les choses deviennent simples. Toute l'information apportée par les stimuli est transmise à travers une première voie jusqu'à un stade où l'information utile, nécessaire au seul choix binaire demandé, est extraite. Cette information utile est alors transmise à travers une deuxième voie. Les résultats montrent que les capacités respectives des deux voies sont telles que la limite est imposée par la première.

2) Pour obtenir une transmission optimale, le codage doit être adapté aux caractères statistiques de la source. Beaucoup de données expérimentales peuvent s'interpréter en disant que ce n'est pas toujours le cas.

Krulse et Sinclair (1953) ont fait trier des fiches portant des numéros entre des espèces de boîtes postales qui soustrayaient les fiches triées au regard. Dans une de leurs conditions, on annonçait aux sujets qu'ils auraient à trier entre 12 boîtes. En fait, 8 numéros différents seulement apparaissaient. Le temps de tri obtenu dans cette condition est celui qui correspond à 12 catégories, non celui qui correspond à 8 catégories. Cet exemple simple montre clairement que le codage est essentiellement fonction des renseignements que le sujet a pu obtenir au sujet du vocabulaire possible. Or, il semble que même lorsqu'on donne au sujet des informations convenables au sujet de ce vocabulaire, il ne soit pas toujours capable de les utiliser pour modifier son codage. C'est ce qui se passe pour la lecture : même si les mots à lire sont choisis dans un vocabulaire plus restreint que celui auquel le sujet est habitué, celui-ci continue à tenir compte des mots exclus.

L'impossibilité de s'adapter aux réductions de vocabulaire semble, comme nous l'avons vu, se manifester surtout pour des tâches hautement apprises, celles où par ailleurs on observe les taux de transmission les plus élevés, pour des vocabulaires déterminés. En termes de codage, ces faits peuvent s'exprimer de la façon suivante : sans entraînement, les sujets utilisent un code très redondant (d'où la faiblesse du taux de transmission) mais qu'ils adaptent facilement aux variations de vocabulaire ; avec entraînement, ils adoptent un codage beaucoup plus efficace pour le vocabulaire habituel, mais qu'ils ne peuvent plus modifier, — ou qu'ils ne peuvent modifier que dans une mesure très faible — pour tirer parti de réductions momentanées du vocabulaire. Prenons le cas très simple d'un vocabulaire de quatre messages, réductible parfois à deux, et d'un codage en signaux binaires. Sans entraînement, le code pour quatre messages serait, par exemple :

A	B	C	D
000000	010101	101010	111111

mais pour deux messages, il deviendrait :

A	B
000	111

Après entraînement, on aurait pour quatre messages :

A	B	C	D
00	01	10	11

et pour deux :

A	B
00	01

Ce que nous venons de proposer n'est évidemment qu'une façon d'exprimer les faits observés. Le vrai problème pour le psychologue est de savoir pourquoi l'entraînement a de tels effets. Mais tout ce que nous voulons suggérer, c'est que le langage des communications permet ici encore une description commode des faits.



Une autre situation classique de psychologie expérimentale à laquelle on a appliqué le langage des communications est celle dite des *jugements absolus*. Dans cette situation, on présente à un sujet une série d'objets différant entre eux par une caractéristique, la taille par exemple. A chaque objet on associe un nom, ou un numéro d'ordre. Après avoir appris au sujet l'association entre les noms et les objets, on lui présente ceux-ci un à un et on lui demande chaque fois de fournir le nom correspondant. On imagine sans peine que lorsque le nombre d'objets devient grand, des confusions commencent à se produire.

Les réponses fournies par un sujet dans une expérience de ce genre peuvent se ranger dans une table de contingence, à partir de laquelle on peut procéder au calcul de l'information transmise. Pour une gamme de stimuli, on peut étudier expérimentalement l'évolution de la variable R quand on augmente l'entropie des stimuli, en faisant croître le nombre de stimuli différents présentés. Cela a été fait pour diverses catégories de stimuli — sons variant par la hauteur tonale, par l'intensité, formes géométriques variant par la taille, surfaces variant par l'intensité de la couleur, solutions salines de concentrations variables à apprécier par le goût, etc. De façon générale, on a constaté que lorsque le nombre des échelons à distinguer dans une même gamme de stimuli augmente, R augmente avec H jusqu'à une certaine valeur maximale, où il se maintient ensuite. Autrement dit, une certaine quantité d'information peut être extraite des stimuli. Si l'information présentée est inférieure à ce maximum, elle est transmise intégralement. Si elle le dépasse, des erreurs apparaissent, et en proportion telle que R demeure constante et égale à $R_{\max}$.

Sur la base des premiers résultats obtenus dans ce domaine, Miller (1956) avait émis l'hypothèse que la limite était indépendante de la modalité sensorielle intéressée et de l'étendue de la gamme des stimuli, et qu'en général, notre capacité d'identification se situait au niveau du « nombre magique sept, plus ou moins deux ». Ceci, du moins, aurait été valable pour des stimuli variant par une seule « dimension ». Pour des stimuli variant par plusieurs dimensions, le plafond correspondant au nombre 7 pourrait être dépassé — ce qui expliquerait que pour les stimuli multi-dimensionnels que sont les objets que nous rencontrons dans la vie courante, notre capacité d'identification dépasse considérablement cette limite. Pour des sons variant par la hauteur tonale uniquement, l'information transmise maximum est de 2,5 bits ; pour des sons variant par l'intensité uniquement, elle est de 2,3 bits ; pour des sons variant selon les deux dimensions, elle est de 3,1 bits. Il y a donc combinaisons des informations apportées par les deux dimensions, mais la combinaison n'est pas additive.

Un examen plus attentif de l'ensemble des données maintenant disponible rend l'hypothèse de Miller peu vraisemblable. En fait, l'information transmise maximale semble bien dépendre de la modalité sensorielle considérée et aussi de l'étendue de la gamme (Alluisi, 1957). On voit qu'ici aussi l'espoir que l'emploi de mesures d'information fournirait un invariant général a été déçu.

Mais, même indépendamment de cette constatation, se posait ici un problème qui a reçu trop peu d'attention : peut-on intégrer cette application de la théorie de l'information et celle qui a été faite aux temps de réaction ? On a affaire ici à une limite indépendante du temps. Les stimuli sont présentés pendant un temps indéfini et le sujet peut prendre tout le temps qu'il veut pour donner sa réponse. Le système qu'on considère n'a donc pas les mêmes propriétés que celui qu'on considère dans le cas des temps de réaction.

Il semble bien que la limite au nombre de réponses dans le cas des jugements absolus vienne de l'information mise en réserve au sujet de l'échelle de référence. On peut montrer très facilement — par exemple en faisant procéder à des comparaisons simultanées — que beaucoup plus d'information peut être extraite des stimuli présentés que celle qui apparaît dans les jugements. Mais quand la comparaison doit être faite avec un ensemble de stimuli présentés antérieurement, c'est la trace de cette présentation antérieure qui fixe la limite.

On doit donc considérer ici un système dont l'output dépend de deux input différents : les stimuli présentés actuellement, et la réserve, ou mémoire, où est stockée l'information relative à l'échelle de référence.

Ceci nous amène à une troisième modification qu'il faut faire subir aux utilisations classiques de la théorie de l'information pour aborder les problèmes comportementaux. A côté de la transmission d'information à travers une voie, représentée par le schéma du Shannon, il faut considérer le stockage d'information dans une mémoire. Ici la limite dépend du nombre d'états dans lesquels peut se trouver cette mémoire. Elle s'exprime par un nombre absolu de bits et non plus par un nombre de bits par unité



Pour conclure, il nous suffira de rassembler quelques idées qui ont déjà été exprimées dans ce qui précède.

Il ne fait pas de doute qu'après la flambée d'enthousiasme qui a accompagné son introduction en psychologie, la théorie de l'information est maintenant l'objet d'une réelle désaffection. Nous pensons qu'elle ne méritait pas cet excès d'honneur, et qu'elle ne mérite pas non plus son indignité actuelle.

L'un et l'autre ont été liés au fait qu'on a identifié la théorie de l'information avec quelques hypothèses particulières formulées dans le langage de cette théorie : constance des taux de transmission d'information dans le cas des temps de réaction, constance de l'information transmise maximale, dans le cas des jugements absolus. Des hypothèses d'invariance du même genre ont été formulées pour d'autres situations expérimentales dont nous n'avons pas parlé, comme la capacité de la mémoire immédiate, ou la vitesse de reconnaissance de configurations visuelles. D'une façon générale, ces hypothèses apparaissent comme les plus simples qu'on pût envisager, une fois décidée une analyse à l'aide de statistiques empruntées à la théorie de l'information. Après quelques confirmations dans quelques cas particuliers — d'où le mouvement d'enthousiasme — ces hypothèses se sont révélées trop simples — d'où le mouvement de désaffection —. Il est pourtant évident que lorsque une hypothèse n'arrive pas à rendre compte de tous les faits, la démarche à accomplir consiste à en formuler d'autres, plus générales. Nous avons essayé de montrer que de telles hypothèses pouvaient être formulées dans le langage de la théorie de l'information pour des situations où les hypothèses d'invariance formulées auparavant se sont révélées fausses.

REFERENCES

- ALLUISI, E.A., Conditions affecting the amount of information in absolute judgments. *Psychol. Rev.* 64, 1957, 97-103.
- BAUDOUX, P., La théorie de l'information. *Rev. Gén. Sc. Appl.* 1, 1953, 1-9.
- BROADBENT, D.E., *Perception and Communication*. Pergamon, London, 1958.

- CROSSMAN, E.R.F.W., Entropy and choice time: the effect of frequency unbalance on choice-responses. *Quart. J. Exp. Psychol.* 5, 1953, 41-51.
 - CROSSMAN, E.R.F.W., The information capacity of the human operator in symbolic and non-symbolic control processes, in J. DRAPER (éd.) *The application of information theory to human operator problems*. Ministry of Supply, Londres, 1955.
 - FANO, R.M., *Transmission of Information*. Mass. Inst. Techn. Res. Lab. Electron. Rep. 65, 1949.
 - FAVERGE, J.M., Le modèle de la théorie de l'information en psychologie. Actes XV^e Cong. Int. Psychol. (Bruxelles 1957), Amsterdam, 1958.
 - GREGG, L.W., The effect of stimulus complexity on discriminative responses. *J. Exp. Psychol.*, 48, 1954, 289-297.
 - HAMMING, R.W., Error detecting and error correcting codes, *Bell System techn. J.*, 29, 1950, 147-160.
 - HICK, W.E., On the rate of gain of information. *Quart. J. Exp. Psychol.*, 4, 1952, 11-26.
 - HYMAN, R., Stimulus information as a determinant of reaction time. *J. Exp. Psychol.*, 45, 1953, 188-196.
 - KRULEE, G.K. & SINCLAIR, E.J., Some behavioral implications of information theory. *Naval Res. Lab. Rep. n° 4119*, 1953.
 - LEONARD, J.A., Tactual choice reactions. *Quart. J. Exp. Psychol.*, XI, 1959, 76-83.
 - MILLER, G.A., The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychol. Rev.*, 63, 1956, 81-97.
 - MOWBRAY, G.H., & RHOADES, M.V., On the reduction of choice reaction times with practice. *Quart. J. Exp. Psychol.*, XI, 1959, 16-23.
 - OMBREDANE, A., Perception et Information, dans : *La Perception*, P.U.F., Paris, 1955, pp. 85-99.
 - OMBREDANE, A. et FAVERGE, J.M., *L'Analyse du Travail*, Facteur d'économie humaine et de productivité. P.U.F., Paris, 1955.
 - QUASTLER, H. (ed), *Information theory in Psychology*. Problems and methods, The Free Press, Glencoe, Ill., 1955.
 - SHANNON, C.E. & WEAVER, W., *The mathematical theory of communication*. Univ. Ill. Press, Urbana, 1949.
-

Les ordinateurs et le traitement des informations

L'Organisation Européenne de Coopération Economique, par le truchement de l'Agence Européenne de Productivité, a organisé, pendant la période d'avril à juin 1960, une mission d'experts européens aux Etats-Unis, dont l'objet était de faire le point des réalisations américaines dans le domaine du traitement des informations par ordinateur.

Le rapport de cette mission est sorti de presse récemment et sera complété par une série d'annexes comportant notamment les textes des conférences qui ont été faites à l'intention des membres de la mission et des comptes rendus des visites de certaines installations.

1. *Composition de la mission.*

Président : M. Brian A. Maynard, Partner de Cooper Brothers and Company - Londres ;

Responsable du programme : M. Carl Seelmayer (O.E.C.E./A.E.P.)

Les membres étaient au nombre de 25, représentant dix pays : Allemagne, Autriche, Danemark, France, Grande-Bretagne, Irlande, Italie, Pays-Bas, Norvège et Suède.

2. *Considérations extraites du rapport de la mission.*

1. Les enquêtes de la mission ont porté sur une cinquantaine de firmes industrielles ou commerciales, trente services publics, treize universités et établissements d'enseignement, cinq firmes pratiquant le « service bureau » et les principaux fabricants d'équipements électroniques. En dehors de ce programme officiel, plusieurs membres ont visité individuellement d'autres installations.

2. Le traitement intégré des données peut être défini comme la mise en place du cheminement et du traitement les plus adéquats et les plus automatiques des informations de base. Cela nécessite une approche globale (souvent à l'échelle de l'entreprise) et la connaissance de toutes les interconnexions des activités administratives, de telle sorte que le traitement des informations soit préparé en tenant compte des exigences de tous les utilisateurs finaux connus.

Une bonne intégration implique l'enregistrement initial de toutes les informations de base intervenant dans un processus quelconque, sous une forme qui puisse être lue automatiquement et ensuite traitée de façon à rendre minima, et les interventions humaines subséquentes et la répétition d'opérations similaires à partir des mêmes informations.

3. Dans la grande entreprise, où la direction contrôle sur base des rapports, les avantages principaux de l'intégration résident dans l'amélioration de ces rapports.

4. Tout le travail de routine doit être centralisé par suite de l'introduction d'un ordinateur. Les activités restant l'apanage exclusif des différents départements sont la collection et la vérification des informations, les cas spéciaux et l'étude de rapports.

5. De nombreux rapports, dont l'élaboration n'aurait pas été rentable avant l'introduction de l'ordinateur, peuvent être réalisés comme sous-produits des travaux principaux.

6. Un domaine où les ordinateurs se sont montrés particulièrement précieux, est le secteur commercial. Plusieurs entreprises ont souligné qu'une meilleure connaissance des écarts entre prévisions et réalisations et de leurs causes a permis de mieux définir les points d'impact de l'effort de vente.

Une entreprise, en particulier, a pu accroître ses débouchés par le fait qu'elle se trouvait en mesure de suggérer à ses clients, à titre de service, les quantités qu'ils devraient commander.

Dans beaucoup de cas, la capacité qu'ont les ordinateurs de passer en revue de grandes quantités d'informations à très grande vitesse, sans risque d'omission, a été mise à profit pour accroître l'efficacité des méthodes de gestion.

7. Les membres de la mission ont été un peu déçus des réalisations pratiques aux Etats-Unis. Beaucoup d'entreprises hésitent à travailler en pionniers. Les plus progressives d'entre elles ont tenté des applications limitées à des domaines déterminés comme :

a) *Le secteur commercial :*

Enquêtes, remises de prix, facturation, états des stocks, contrôles des crédits et des comptes, statistiques commerciales.

b) *Le secteur production :*

Planning en cours de fabrication, techniques de production, états d'avancement, paie et prix de revient.

c) *Le secteur approvisionnements :*

Matières premières, réquisitions, bons de commandes, livraisons, réceptions, comptabilité.

8. Dans plusieurs applications, une certaine méconnaissance de la part de la Direction des possibilités des ordinateurs, combinée avec l'enthousiasme de l'équipe chargée de démarrer le nouveau système, a conduit à la mise en application de systèmes isolés comme la paie ou la facturation, sans tenir compte de leur relation avec d'autres systèmes ou sans entreprendre une réévaluation des méthodes utilisées.

A l'appui de cette procédure, on souligne qu'elle est souvent nécessaire pour maintenir le moral de l'équipe, désireuse d'obtenir des résultats concrets rapides, mais il faut, par ailleurs, souligner que, lorsque l'occasion initiale de tout repenser a été manquée, des modifications ultérieures deviennent difficiles et coûteuses.

9. Le coût des équipements électroniques aux Etats-Unis est sensiblement du même ordre qu'en Europe mais, par contre, le niveau des appointements est en moyenne deux fois plus élevé aux Etats-Unis. On ne peut donc transposer, sans de prudentes réserves, d'un côté à l'autre de l'océan, les conclusions d'études de rentabilité. Celle-ci étant moins évidente en Europe, la tendance à étudier avec plus de soin le planning initial y est plus forte ce qui laisse préjuger qu'à l'avenir, les systèmes intégrés les mieux conçus pourraient se trouver en Europe.

10. *Ordinateurs et Recherche Opérationnelle.*

Les participants à la mission ont été frappés par l'usage croissant des techniques de Recherche Opérationnelle aux Etats-Unis, dans l'industrie et le commerce, dû en grande partie à l'extension de l'usage des ordinateurs, pour deux raisons principales :

- a) Parce que, dans beaucoup de cas, l'utilisation des techniques de la Recherche Opérationnelle n'est possible que s'il existe des équipements permettant de calculer à grande vitesse ;
- b) Parce que l'introduction, dans les programmes des ordinateurs, de formules mises au point par la Recherche Opérationnelle, permet de meilleures décisions dans les cas de problèmes complexes.

L'ordinateur permet notamment de recourir à la simulation : une fois que les relations entre les divers facteurs intervenant dans un processus industriel ont été définies mathématiquement, un grand nombre de situations différentes peuvent être comparées en vue de décider de la meilleure « stratégie » à adopter.

Dans d'autres cas, l'ordinateur permet de traiter des informations d'une manière qui serait prohibitive manuellement ou par des moyens mécaniques plus simples, en gestion des stocks, par exemple.

Certaines applications intéressantes, combinant l'emploi des méthodes statistiques et des ordinateurs, ont permis de réduire le volume d'informations à

traiter, par exemple par le recours à des techniques d'échantillonnage qui donnent, à moindre coût, des résultats équivalents au traitement systématique de toutes les informations.

Il est certain que le recours à la Recherche Opérationnelle dans l'industrie ira croissant, et certains fabricants d'équipements électroniques utilisent des équipes de Recherche Opérationnelle pour mettre au point des programmes tout faits de gestion des stocks et de contrôle de la production.

11. La responsabilité de l'implantation d'un système de traitement intégré des informations doit être confiée à un haut dirigeant de l'entreprise, étant donné les répercussions que cela implique sur l'ensemble de l'organisation.

12. *L'étude initiale.*

Le premier acte que doit poser la haute Direction est de faire procéder à une étude de base dont l'objet principal soit d'évaluer les avantages, économiques et autres, du système proposé et de les comparer aux efforts nécessaires et aux inconvénients inévitables.

Aux Etats-Unis, beaucoup plus qu'en Europe, les entreprises font appel à des consultants, soit pour aider leurs cadres à préparer l'étude initiale, soit pour en discuter les conclusions.

Comme en Europe, peu de petites entreprises disposent d'équipes de spécialistes des méthodes et, là où elles existent, leurs membres ont rarement, au départ, une compétence valable en matière de traitement électronique des informations. Dans ces cas, les consultants ont pu contribuer utilement à la formation d'une telle équipe.

Les impressionnantes réalisations des fabricants d'ordinateurs ont conduit, dans certains cas, à surestimer le rôle qu'ils peuvent normalement remplir : on ne peut, en effet, raisonnablement s'attendre à ce qu'ils conduisent avec impartialité une étude de base concernant les besoins d'une société déterminée. Il est préférable de ne leur demander d'aide que lorsque l'étude initiale a permis d'estimer approximativement les besoins de l'entreprise. On risque, autrement, le danger que les propositions soient présentées de manière à s'adapter aux caractéristiques d'un ordinateur déterminé. Il ne peut aussi y avoir une tendance à arrêter les recherches, dès qu'une justification pour l'installation d'un équipement déterminé a pu être produite.

13. Le coût d'une installation électronique de traitement des informations a souvent été sous-estimé par omission des facteurs suivants :

- a) Le besoin de continuer l'effort d'analyse après la période initiale, à la fois pour mettre au point de nouveaux programmes et pour revoir les programmes initiaux en vue de les adapter à toutes modifications dans l'activité de l'entreprise ;
- b) L'accroissement du coût du personnel, au fur et à mesure qu'il gagne de l'expérience dans ce nouveau domaine.

14. Les réductions d'effectifs estimées en conclusion d'une étude préliminaire sont rarement atteintes. Les raisons en sont :

- a) Le nombre de petits travaux qui subsistent, après que la charge principale ait été reprise par l'ordinateur, est souvent sous-estimé ;
- b) Alors que les économies prévues peuvent être réalisées par l'effet du déchet normal, pour les plus jeunes membres du personnel (1), il faut souvent, s'il existe dans l'entreprise une politique de stabilité d'emploi, créer des travaux non essentiels pour occuper les membres âgés du personnel ;

N. B. (1) — Il s'agit d'entreprises américaines où la mobilité du personnel jeune est beaucoup plus élevée qu'en Europe.

- c) Lorsqu'une partie seulement des activités de certains agents est touchée par l'introduction de nouveaux systèmes, il peut être difficile de réorganiser le travail de façon à ce que ces économies partielles s'additionnent réellement. Sauf précaution spéciale, il y a grand risque qu'un travail supplémentaire soit conçu pour remplir le temps libéré.

15. La où une installation de traitement n'est utilisée que pour une application principale, le responsable du traitement électronique de l'information relève du chef du département en charge de cette application. Cette situation peut cesser d'être appropriée si, ultérieurement, des travaux importants relevant d'autres départements viennent s'ajouter au travail initial. La situation que l'on rencontre le plus fréquemment aux Etats-Unis paraît être de faire dépendre le centre de traitement du « Vice-Président » en charge des questions financières, dans le secteur duquel sont déjà traitées des informations couvrant l'ensemble des activités de l'entreprise.

16. En plusieurs occasions, des difficultés ont été causées par un manque de liaison entre le centre de traitement et les cadres des départements non directement intéressés. Le meilleur moyen de vaincre la résistance au changement et une crainte assez naturelle de conflits d'attribution, consiste à organiser des causeries suivies de discussions.

17. Différentes administrations des Etats-Unis échangent des informations enregistrées sur bande magnétique, ce qui évite la duplication de certains travaux; c'est ainsi que des ordonnances de paiement de l'Administration des Anciens Combattants sont enregistrées à Chicago sur bande magnétique et envoyées à l'Administration Centrale des Finances des Etats-Unis à Washington.

Les perspectives qu'offre une telle centralisation des informations ont été mises à l'étude aux Etats-Unis, où un grand nombre de renseignements sont tenus à la fois par les pouvoirs locaux et par le pouvoir central.

Des recherches sont en cours sur la meilleure manière de stocker de grandes quantités d'informations et surtout de les retrouver rapidement, en vue de tirer le meilleur parti possible de l'accélération et de l'amélioration des moyens de transmission. Il devrait être possible, pour l'Administration d'interroger directement le centre de stockage et d'en recevoir une réponse immédiate, sans intervention humaine. Toute perte d'autorité ou d'efficacité due à la centralisation serait ainsi évitée.

18. Les membres de la mission ont été amenés à s'intéresser au rôle éducatif des simulations de gestion sur ordinateurs : elles rendent les participants conscients des relations qui existent entre différentes décisions qui, dans la pratique, sont trop souvent prises indépendamment par différents membres d'une équipe de direction ;

— Elles peuvent aussi servir à illustrer l'importance des programmes à long terme et à montrer en quoi la réalisation de ces programmes est affectée par la stratégie des concurrents.

Enfin, en dehors de leur aspect éducatif, les simulations de gestion sont appelées à être utilisées de plus en plus comme un outil de recherche, par exemple, pour l'évolution de la conjoncture économique et l'étude des tendances.

19. Aux Etats-Unis, comme en Europe, le problème essentiel consiste à former un nombre suffisant d'analystes, hommes-clés dans la préparation d'un système de traitement des informations. Un fabricant de matériel a créé récemment un centre de formation. En dehors de cette initiative, il n'existe que certains cours d'introduction organisés par des universités ou des consultants.

20. La transmission des informations entre localités est étudiée de très près aux Etats-Unis, bien que plusieurs entreprises estiment préférable et plus économique d'expédier des cartes ou des bandes plutôt que d'utiliser le système

télégraphique. Le télégraphe et le téléphone sont utilisés assez fréquemment aux Etats-Unis, et beaucoup moins en Europe, pour alimenter directement les ordinateurs.

Il semble que le taux d'erreurs dans la transmission soit beaucoup plus faible aux Etats-Unis, ce qui pourrait être dû à l'usage répandu de lignes privées de transmission dans ce pays. Un équipement récent a été mis au point aux Etats-Unis, qui permet de transmettre des informations à grande vitesse, d'une bande magnétique à une autre, par câble ou par radio.

21. La mission est arrivée à la conclusion qu'il serait utile qu'un organisme européen centralise la documentation sur les développements dans le domaine du traitement de l'information, et souhaite que les efforts faits dans ce sens par le centre néerlandais de traitement de l'information soient encouragés.

De ordinateuren en de geïntegreerde verwerking van gegevens

De Europese Organisatie voor Economische Samenwerking heeft met de hulp van het Europese Agentschap voor Productiviteit, gedurende de tijdspanne april-juni 1960 een zending van Europese deskundigen naar de Verenigde Staten georganiseerd met de bedoeling de Amerikaanse verwezenlijkingen te leren kennen op het gebied van het verwerken van gegevens met ordinateuren.

Het verslag van deze zending is onlangs van de pers gekomen en zal vervolledigd worden door een reeks aanvullingen, nl. de teksten der lezingen die gehouden werden voor de leden van de zending en de verslagen over bezoeken aan bepaalde instellingen.

1. Samenstelling van de zending.

Voorzitter : M. Brian A. Maynard, Cooper Brothers and Co - London.
Verantwoordelijke voor het programma : M. Carl Seelmayer (O.E.C.E./A.E.P.).
25 leden vertegenwoordigden 10 landen, nml. : Duitsland, Oostenrijk, Denemarken, Frankrijk, Engeland, Ierland, Italië, Nederland en Zweden.

1. De onderzoeken van de zending vonden plaats in een vijftigtal nijverheids- of handelsinstellingen, 30 openbare diensten, 13 universiteiten en onderwijsinstellingen, 5 firmas die « bureeldienst » toepasten en de voornaamste producenten van elektronische uitrustingen. Buiten dit officieel programma, hebben verschillende leden afzonderlijk nog andere instellingen bezocht.

2. De geïntegreerde behandeling van gegevens kan gedefinieerd worden als het op punt stellen van de best aangepaste en de meest automatische methode voor het verwerken van basisgegevens.

Dit vereist een algemene studie (dikwijls op het vlak van de hele onderneming) en de kennis van alle verbanden tussen de verschillende administratieve diensten, zodat de behandeling der gegevens voorbereid wordt rekening gehouden met de eisen van alle gekende uiteindelijke gebruikers.

Een goede integratie vergt van het begin af een volledige registratie van alle basisinlichtingen welke in een willekeurig proces voorkomen, onder een vorm die automatisch kan afgelezen worden en vervolgens zodanig kan behandeld worden dat zowel de daaruit volgende menselijke tussenkomsten als de herhaling van gelijksoortige behandelingen uitgaande van dezelfde gegevens, minimaal zijn.

In de grote onderneming, waar de directie controleert op basis van verslagen, liggen de voornaamste voordelen van de integratie in de verbetering van die verslagen.

4. Alle routine-werk moet gecentraliseerd worden bij het in gebruik nemen van een ordinator.

De werkzaamheden die specifiek bij de verschillende afdelingen blijven, betreffen het verzamelen en het nazicht der inlichtingen, de speciale gevallen en de studie der verslagen.

5. Vele verslagen, waarvan de uitwerking niet renderend zou geweest zijn vóór de invoering van de ordinator, kunnen verwezenlijkt worden als neven-produkten van het hoofdprogramma.

6. Een gebied waar de ordinateuren van groot nut gebleken zijn, is de handelssector. Verschillende ondernemingen hebben er de nadruk op gelegd dat een betere kennis van de afwijkingen tussen vooruitzichten en verwezenlijkingen en van de oorzaken daarvan, toegelaten heeft beter de brandpunten te bepalen van hun verkoopsinspanning. Meer bepaald heeft één der ondernemingen haar afzetgebied kunnen vergroten door het feit dat ze in staat was haar cliënteel, bij wijze van service, de hoeveelheid te suggereren die zij moeten bestellen.

In vele gevallen is het vermogen dat de ordinateuren bezitten om vele gegevens in een korte tijd te verwerken zonder één enkele te vergeten, van nut geweest voor de verhoging der efficiëntie van de methoden van bedrijfsbeheer.

7. De leden van de zending waren een weinig ontgoocheld over de praktische verwezenlijkingen in de Verenigde Staten. Vele ondernemingen aarzelen om baanbrekend werk te verrichten. De meest vooruitstrevenden onder hen hebben beperkte toepassingen beproefd in wel omlijnde gebieden, zoals:

a) *De handelssector :*

Enquêtes, prijsverminderingen, facturatie, stocklijsten, nazicht van de kredieten en rekeningen, handelsstatistieken.

b) *De productiesector :*

Planning tijdens fabricatie, productietechnieken, staat van vooruitgang, loon en kostprijzen.

c) *De bevoorradingsector :*

Grondstoffen, vorderingen, bestelbons, leveringen, recepties, boekhouding.

8. In vele toepassingen heeft een zeker gebrek aan kennis vanwege de directie omtrent de mogelijkheden der ordinateuren, samen met het enthousiasme van de groep die belast was met het op punt stellen en starten van het nieuwe systeem, geleid tot het in toepassing brengen van geïsoleerde systemen zoals de betaling of de facturatie, zonder rekening te houden met hun verhouding tot andere systemen of zonder de gebruikte methodes aan te passen.

Als verantwoording van deze procedure, legt men er de nadruk op dat ze dikwijls noodzakelijk is om de moraal hoog te houden in de groep, die verlangt vlug concrete resultaten te bekomen, maar er moet anderzijds ook op gewezen worden dat, wanneer bij de aanvang de gelegenheid ontbreekt om alles opnieuw te overdenken, latere wijzigingen moeilijk en duur worden.

9. De prijs van de elektronische installaties in de Verenigde Staten is dezelfde als in Europa, maar het loonpeil is gemiddeld tweemaal hoger in de Verenigde Staten. Men mag dus niet zonder enige omzichtigheid de beslissingen betreffende rentabiliteitsstudies van de ene zijde van de Oceaan naar de andere zijde overhevelen.

Aangezien deze rentabiliteit minder vanzelfsprekend is in Europa, komt de neiging om de aanvangsplanung met meer zorg te bestuderen hier sterker naar

voor hetgeen laat vermoeden dat in de toekomst de best ontworpen geïntegreerde systemen in Europa zullen te vinden zijn.

10. *Ordinatoren en Operationeel Onderzoek.*

De deelnemers aan de zending waren getroffen door het stijgend gebruik van Operationele Onderzoekstechnieken in de V. S., zowel in de nijverheid als in de handel, en dit grotendeels als gevolg van het toenemend gebruik van ordinateuren. Men vermeldt in hoofdzaak twee redenen :

- a) In vele gevallen is het gebruik van de Operationele Onderzoekstechnieken alleen mogelijk wanneer er installaties bestaan die toelaten met grote snelheid te rekenen.
- b) Het invoeren in de programmas der ordinateuren van formules, op punt gezet door Operationeel Onderzoek, laat toe betere beslissingen te treffen bij ingewikkelde problemen.

De ordinator opent de mogelijkheid van simulatie : zodra het verband tussen de verschillende factoren van een industrieel proces mathematisch bepaald is kan een groot aantal verschillende gevallen onderling vergeleken worden om aldus de « optimale strategie » te bepalen.

In andere gevallen laat de ordinator toe gegevens te behandelen op een manier die voor verwerking met de hand of met eenvoudiger mechanische middelen te omslachtig zou zijn : zo bvb. bij het stockbeheer. Sommige interessante toepassingen die het gebruik van statistische methoden koppelen aan dat van ordinateuren, hebben toegelaten de hoeveelheid te behandelen gegevens te vermindern, bvb. door beroep te doen op de steekproeftechnieken die, met minder kosten, resultaten geven die gelijkwaardig zijn aan deze van een systematische behandeling van alle gegevens.

Het staat vast dat in de toekomst meer en meer beroep zal gedaan worden op Operationeel Onderzoek, en sommige fabrikanten van electronische installaties maken gebruik van groepen operationele onderzoekers die zich bezig houden met het op punt stellen van gebruiksklare programmas voor stockbeheer en productiecontrole.

11. De verantwoordelijkheid voor het invoeren van een geïntegreerd systeem voor het verwerken van gegevens moet toevertrouwd worden aan een hoger kaderlid van de onderneming, gezien de weerslag die deze invoering heeft op het geheel van de onderneming.

12. *De voorafgaandelijke studie.*

Het eerste wat de Hogere Directie hoeft te doen is een studie te laten maken, waarin de economische en andere voordelen van het voorgestelde systeem afgewogen worden tegenover de gestelde eisen en de onvermijdelijke nadelen.

In de V. S., veel meer dan in Europa, doen de Ondernemingen beroep op raadgevers, hetzij om hun kaders te helpen, hetzij om de besluiten ervan te beoordelen.

Evenals in Europa beschikken weinige van de kleine ondernemingen over gespecialiseerde methode-diensten en daar waar ze bestaan zijn de leden aanvaankelijk slechts zelden voldoende onderlegd in de electronische verwerking van gegevens. In die gevallen hebben de raadgevers nuttige bijdragen geleverd tot de vorming van een dergelijke groep.

De indrukwekkende verwezenlijkingen van de fabrikanten van ordinateuren hebben in verschillende gevallen geleid tot een overschatting van de taak die ze normaal kunnen vervullen : men mag er inderdaad redelijkerwijze geen fundamentele studie omtrent de noden van een welbepaalde firma van verwachten. Het is verkieslijker hun hulp slechts in te roepen wanneer de aanvangsstudie toegelaten heeft de noden van de onderneming bij benadering te bepalen.

Men loopt anders het gevaar dat de voorstellen op zulke wijze opgesteld worden dat ze aangepast zijn aan de karakteristieken van een bepaalde ordinator.

Er mag ook geen strekking bestaan tot het stopzetten van de onderzoeken zodra de installatie van een bepaalde machine verrechtvaardigd is.

13. De kosten van een elektronische installatie voor de verwerking van gegevens worden dikwijls onderschat door het negeren van volgende factoren:

- a) De noodzakelijkheid om na de aanvangsperiode verder te gaan met de analyses, zowel voor het op punt stellen van nieuwe programmas als voor de wijziging van de oorspronkelijke programmas met het oog op hun aanpassing aan alle mogelijke evoluties in de werkzaamheden van de onderneming.
- b) De stijgende personeelskosten, naargelang hun ondervinding opgedaan in dit nieuwe gebied.

14. De geschatte personeelsvermindering als gevolg van een voorafgaandelijk onderzoek worden zelden bereikt. De redenen hiervan zijn:

- a) Het aantal kleine werkjes die blijven bestaan, nadat het voornaamste werk door de ordinator overgenomen is, wordt onderschat.
- b) Terwijl, voor jong personeel, de voorziene besparingen kunnen verwezenlijkt worden dank zij het normaal verlies aan personeel (het betreft Amerikaanse ondernemingen waar het jong personeel meer van werkmilieu verandert dan in Europa), is het, wanneer er in de fabriek een politiek van niet afdanking gevoerd wordt, dikwijls noodzakelijk bijkomstige functies te scheppen om het oudere personeel in dienst te houden.
- c) Wanneer slechts een deel van de bedrijvigheid van sommige bedienden beïnvloed wordt door het invoeren van de nieuwe methodes, valt het soms moeilijk een zulkdanige reorganisatie van het werk toe te passen dat de gedeeltelijke besparingen werkelijk bij elkaar mogen opgeteld worden.

Behoudens speciale voorzorgen, is er een groot risico dat supplementair werk zal ontstaan om de vrije tijd te vullen.

15. Daar waar een installatie voor het verwerken van gegevens hoofdzakelijk slechts gebruikt wordt voor één toepassing, is de verantwoordelijke voor deze elektronische installatie ondergeschikt aan de chef van de belastende afdeling.

Men kan van deze regeling afzien zodra er later ook belangrijke opdrachten vanwege andere afdelingen bijkomen.

Het geval dat in de V. S. het meest voorkomt, schijnt datgene te zijn waarbij men het centrum afhankelijk maakt van de « Vice-President » belast met de financiële vraagstukken, in wiens sector toch de inlichtingen omtrent alle activiteiten van de onderneming behandeld worden.

16. In verschillende gevallen ontstonden er moeilijkheden door een gebrek aan coördinatie tussen het centrum en de kaders van de indirect geïnteresseerde afdelingen. Het beste middel om de weerstand tegen verandering en een natuurlijke vrees voor conflicten omtrent de bevoegdheid het hoofd te bieden, bestaat in het organiseren van spreekbeurten gevolgd door gedachtenwisselingen.

17. Verschillende administratieve diensten in de V. S. wisselen onderling inlichtingen uit die opgenomen zijn op magneetband, hetgeen dubbel werk vermijdt. Het is op die wijze dat de betalingsopdrachten van de Administratie der Oud-Strijders opgenomen worden te Chicago en dan naar de Centrale Administratie der Financiën te Washington gezonden worden.

De mogelijkheden die een dergelijke centralisatie van inlichtingen biedt werden bestudeerd in de V. S., waar een groot aantal inlichtingen tegelijk gebruikt worden door de locale en de centrale diensten.

Er zijn Opzoekingen aan gang omtrent de beste manier om grote hoeveelheden inlichtingen te stockeren en vooral om er zo vlug mogelijk te kunnen over beschikken, dit om zoveel mogelijk voordeel te halen uit de versnelling en de verbetering van de transmissiemiddelen.

Men zou er toe moeten komen dat het Administratiecentrum rechtstreeks het stockeringscentrum om inlichtingen kan vragen en ogenblikkelijk een antwoord krijgt, zonder enige menselijke tussenkomst. Alle verlies aan gezag en efficiency als gevolg van de centralisatie wordt op die wijze uitgeschakeld.

18. De leden van de zending waren ook in de gelegenheid de opvoedende rol van de simulatie van bedrijfsbeheer aan de hand van ordinateuren te leren kennen : Deze simulaties maken de deelnemers bewust van de relaties die er bestaan tussen verschillende beslissingen die, in de praktijk, al te dikwijls door de leden van een directiegroep onafhankelijk van elkaar genomen worden.

— Zij kunnen ook als illustratie dienen voor de belangrijkheid van programma's op lange termijn en om aan te tonen in hoever de verwezenlijking van deze programma's beïnvloed wordt door de strategie der concurrentie.

Buiten haar educatief aspect, is de simulatie van het beheer ook aangewezen om meer gebruikt te worden als een opzoekingsmiddel, bvb. door de evolutie van de economische conjunctuur en de studie van trends.

19. In de V. S., evenals in Europa, is het fundamentele probleem dat van de vorming van een voldoende aantal analisten. Zij bekleden sleutelposities in de voorbereiding van een systeem voor het verwerken van gegevens.

Een fabrikant van apparatuur heeft onlangs een vormingscentrum gesticht.

Buiten dit initiatief bestaan er slechts inleidende leergangen ingericht door universiteiten of raadgevers.

20. De overbrenging van gegevens tussen de verschillende localiteiten is in de V. S. van zeer nabij bestudeerd, hoewel verschillende ondernemingen het voordeliger achten banden of kaarten op te sturen dan het telegrafisch systeem te gebruiken.

De telegraaf en de telefoon worden in de V. S. veelvuldig, maar in Europa veel minder gebruikt voor het voeden van ordinateuren. Het schijnt dat het aantal missingen in de overbrenging kleiner is in de V. S., hetgeen een gevolg kan zijn van het algemeen verspreid gebruik van privé-lijnen in dit land. Een nieuwe installatie, die toelaat per draad of per radio zeer snel gegevens over te brengen van de ene magneetband op de andere is in de V. S. op punt gesteld.

21. De zending is tot de bevinding gekomen dat het nuttig zou zijn dat een europees organisme de documentatie betreffende de ontwikkeling op het domein van de behandeling van gegevens zou centraliseren, en wenst dat de inspanningen vanwege het Nederlands centrum op dit gebied zouden aangemoedigd worden.

Le Congrès international pour l'augmentation de la rentabilité dans l'industrie minière

Le Congrès s'est tenu dans les locaux de l'Hôtel International à Prague. Il fait suite à une Conférence internationale qui s'était tenue à Katowice (Pologne) en octobre dernier.

Les quelques cinquante sujets traités — en majeure partie relatifs à l'industrie charbonnière — étaient répartis en cinq grands groupes :

1. Nouvelles méthodes de travail dans l'industrie minière ;
2. Dimensions optima des mines et leur rentabilité ;
3. Augmentation du rendement ;
4. Evaluation des mines d'après les données économiques et techniques ;
5. Emploi des méthodes exactes, notamment des méthodes mathématiques pour la solution de problèmes économiques.

Ci-après le résumé de quelques communications présentées dans les groupes 2, 4 et 5 :

1. *La caractéristique des exploitations de lignite à ciel ouvert à l'aide d'indices divers.*

(par le prof. Georg Bilkenroth — Rép. Démocrat. Allemande.)

Les nécessités de la planification en démocratie populaire ont entraîné la mise au point de séries d'indices permettant de standardiser l'établissement de projets de mise en exploitation et de tendre vers une utilisation optima des investissements.

L'auteur souhaite qu'une certaine normalisation des définitions de ces indices soit envisagée sur le plan international.

2. *L'emploi de méthodes analytiques dans l'exploitation des mines en Hongrie.*

(par le professeur J. Zambo — Hongrie.)

En Hongrie, les projets de mise en exploitation sont précédés d'analyses objectives basées sur des principes strictement mathématiques consistant à fixer l'emplacement optimum des puits, l'extension la plus rationnelle des champs d'exploitation ainsi que la capacité de production la plus économique des sièges.

Les relations théoriques entre les paramètres intervenant dans le système ont été mises au point au département d'exploitation des mines de l'Université d'Industrie lourde de Miskole et ont été publiées dans un ouvrage intitulé « Analyse de l'emplacement des puits » (Műszaki Könyvtár - Budapest, 1960).

3. *L'intensification du rendement des mines à la lumière des conclusions de la Conférence Minière de Katowice.*

(par le prof. Krupinski et l'ing. Lisowski - Pologne.)

Cette Conférence avait attiré l'attention sur les deux points suivants :

- L'aménagement des districts miniers ;
- La concentration de la production minière.

A noter que la plupart des communications présentées à Prague insistaient sur le haut degré de concentration permis par le développement de l'automatisation, à tel point qu'un participant néerlandais a attiré l'attention de l'auditoire sur les dangers d'un excès de concentration et l'intérêt qu'il y aurait à mieux connaître les limites au-delà desquelles elle ne serait plus payante.

4. *Recherches en vue de déterminer les conditions de service optimum de l'excavateur à godets en roue.*

(par MM. E. D. J. Stewart et F. J. Krehula - Australie.)

Cette étude n'a pas été présentée mais le texte en a été remis aux participants du Congrès.

Les travaux de recherches entrepris consistaient en la détermination des caractéristiques d'excavation d'un excavateur Krupp à godets. Le planning du creusement et la consommation de courant pour différentes conditions de travail avaient été étudiés mathématiquement et des essais ultérieurs ont permis de contrôler l'exactitude des conclusions faites à partir des données théoriques. Ces résultats ont ensuite été appliqués pour déterminer le cycle opératoire optimum, ce qui a mis en valeur divers facteurs technologiques permettant d'améliorer la construction des excavateurs et permis d'étudier les possibilités d'une commande automatique ou semi-automatique de ces machines, prenant en considération les différences de dureté des couches de lignite exploitées.

Les auteurs estiment que le développement des techniques scientifiques pour la solution de problèmes complexes d'extraction est à ses débuts mais qu'une plus grande liaison entre les résultats pratiques d'exploitation, les techniques mathématiques et scientifiques et l'emploi d'ordinateurs électroniques amènera, dans les dix années à venir, une élévation notable des rendements.

5. *Méthode pour l'étude d'une mine.*

(par le prof. Krupinski et l'ing. Pelka - Pologne.)

La méthode examinée a pour but de représenter l'ensemble des activités d'une mine sous ses aspects géologiques, miniers, techniques, d'organisation et économiques.

Il s'agit là certainement d'un apport théorique considérable mais dont le bref résumé qui en a été donné au Congrès ne donne qu'un aperçu; l'analyse détaillée du texte complet permettra de voir dans quelle mesure le plan de travail suivi par les auteurs peut être transposé à n'importe quelle activité minière.

6. *Exploitation en carrière des filons subverticaux. — Détermination du profil et de la profondeur.*

(par M. Labrousse - France.)

La communication décrit le mode de détermination de la mise en exploitation optimale d'un gisement uranifère (celui de la Crouzille en France).

Les différentes étapes de la résolution sont la recherche de la profondeur optimale limite de l'exploitation à ciel ouvert, l'étude du contour de la carrière, l'étude de la maille d'abattage et du taux de récupération pour différents contours possibles.

L'exploitation se faisant par bennes, l'auteur détermine le profil et la largeur de la route qui varient avec l'approfondissement de la mine et influencent l'ouverture des premiers niveaux.

7. *La Recherche Opérationnelle, moyen d'amélioration de l'exploitation des mines.* (par le prof. Dorstewitz - Rép. Fédérale Allemande.)

Les recherches entreprises en Allemagne pour mettre au point des méthodes mathématiques de résolution de certains problèmes qui se posent à toutes les entreprises minières, ont déjà fait l'objet de publications dans la revue « Glückauf ».

Deux exemples des travaux en cours sous la direction du professeur Dorstewitz sont donnés :

- a) Celui de la centralisation de plusieurs exploitations et de la répartition optimale des transports entre tailles;
- b) Celui de l'optimum de transport du personnel de la surface à fond de taille.

Les résolutions de ces problèmes se font par simulations sur ordinateurs.

8. *Nécessité et possibilité d'emploi de la Recherche Opérationnelle dans l'exploitation des mines de lignite.*

(par le prof. Hollweg - Rép. Démocratique Allemande.)

La création de plus grandes installations ainsi que la tendance accentuée à la valorisation de la production ont soulevé des problèmes d'une envergure sans précédent.

Les méthodes classiques de planning et de calcul sont devenues insuffisantes. Les techniques nouvelles doivent être utilisées « pour aller de pair avec le développement de l'économie planifiée socialiste ».

L'auteur prône le recours aux méthodes qui se sont développées au cours des vingt dernières années, aux Etats-Unis et en Angleterre, sous le nom de Recherche Opérationnelle et qui visent à concevoir des processus économiques par des méthodes scientifiques contrôlables, à partir de l'analyse systématique des corrélations existantes entre les mesures d'observation.

Les possibilités d'emploi de la Recherche Opérationnelle dans les exploitations de lignite se trouvent dans les domaines suivants : comparaison de rentabilité d'investissements, calcul des minima de dépenses de transport, détermination d'emplacement de dépôts centraux ou d'ateliers centraux ou spéciaux, calcul des meilleures relations de capacités entre différentes parties d'une mine à ciel ouvert, détermination et contrôle des stocks de pièces de réserve et établissement d'une politique optimale de dépannage.

La Recherche Opérationnelle ne doit être ni surestimée ni dépréciée, ce n'est ni un traitement universel ni une aide pour une décision immédiate mais c'est un ensemble de méthodes dont la mise en œuvre améliorera la « qualité de notre activité socialiste de planning et de direction », et qui pourra procurer à notre activité une base scientifique irréfutable.

9. *L'application de la Recherche Opérationnelle à l'industrie charbonnière en Grande-Bretagne.*

(par M. B. T. Houlden - Grande-Bretagne.)

Le groupe de Recherche Opérationnelle du National Coal Board se compose aujourd'hui de 46 personnes dont 34 d'un niveau universitaire.

Les études décrites concernent des questions d'optimum de transport, de choix d'une méthode de creusement en galerie et d'une politique de main-d'œuvre visant à réduire la rotation du personnel.

10. *Lois régissant la formation de la productivité du travail ou cours de l'exploitation souterraine de la houille.*

(par M. J. Matusek - Tchécoslovaquie.)

La productivité du travail évolue suivant des lois dont la connaissance permet d'élever l'efficacité de l'exploitation.

L'exposé essaie de déterminer et d'éclaircir certaines de ces lois dans le but de réduire la durée de la journée de travail dans le bassin houiller d'Ostrava.

11. *Augmentation des bénéfices de l'industrie minière par choix et utilisation des paramètres optima de la préparation et l'enrichissement.*

(par le prof. Stepinski - Pologne.)

L'analyse des frais de production permet de rechercher le procédé d'enrichissement du charbon, susceptible de donner le profit maximum. Le but est de déterminer l'optimum économique d'enrichissement, compte tenu des procédés miniers et métallurgiques utilisés.

PRIX DE VENTE

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

TARIF DE PUBLICITE (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 : 10, rue du Tulipier à Bruxelles 19.
- 3) Les auteurs d'articles techniques recevront 20 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 getypt gestuurd te worden naar het secretariaat van het Tijdschrift : 10, Tulpenboomstraat, Brussel 19.
- 3) De auteurs ontvangen 20 overdrukken van de technische artikels.
- 4) De auteurs zijn alleen verantwoordelijk voor de inhoud van hun teksten.