

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

**Vol. 5 - N° 1
JUN 1964**

**BELGISCH TIJDSCHRIFT VOOR STATISTIEK
EN OPERATIONEEL ONDERZOEK**

**Vol. 5 - N° 1
JUNI 1964**

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

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

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

Comité de Direction

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

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

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

Comité de Screening

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

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

Rédaction

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

Secrétariat

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

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

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

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

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

Maatschappelijke zetel : 44, Leuvensestraat, Brussel.

Secretariaat : 44, Leuvensestraat, Brussel.

Directie Comité

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

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

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

Screening Comité

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

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

Redactie

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

Secretariaat

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

REVUE BELGE DE STATISTIQUE ET DE RECHERCHE OPERATIONNELLE

VOL. 5 - N° 1 - JUIN 1964

VOL. 5 - N° 1 - JUNI 1964

SOMMAIRE — INHOUD

J. DEMEULENAERE. — Concentration et rendement des établissements industriels	3
Séminaire Sogesci (fin) — Sogesci Seminarie (einde).	
R. BROUCKE. — Programmation linéaire par l'algorithme de Dickson et Frederick sur l'Univac Solid State Computer	18
J. MARESCHAL. — Le « Tele-Processing » et son incidence sur le traitement de l'information	24
A. KETTERER. — Importance de la capacité de mémoire pour la souplesse d'utilisation des petites calculatrices scientifiques .	32
A. HANUSE. — Réflexions sur les simultanités	37
Publications reçues — Ontvangen publicaties	40

BELGISCH TIJDSCHRIFT VOOR STATISTIEK
EN OPERATIONEEL ONDERZOEK

CONCENTRATION ET RENDEMENT DES ETABLISSEMENTS INDUSTRIELS *

par J. DEMEULENAERE
Institut national de Statistique

Le présent travail,** axé sur l'étude de la dimension des établissements industriels, a été poursuivi selon deux optiques :

1°) étude chronologique de la concentration industrielle basée sur la répartition du personnel ou des moyens financiers des établissements ou entreprises;

2°) étude de la variation de diverses données (capitaux, rendement, valeur ajoutée, rémunérations, investissements) avec la dimension des entreprises ou des établissements.

1. Concentration des établissements et du personnel ouvrier.

Une première approche du problème consiste dans l'étude de l'évolution de la concentration industrielle au cours de ces dernières années, le critère adopté étant celui du nombre d'ouvriers occupés par les établissements industriels. Au tableau 1 sont regroupées les données concernant les quatorze branches industrielles dont il est fait mention aux tableaux 3 et 4. Les données relatives à 1896, 1910, 1937 et 1947 sont basées sur les recensements industriels. Afin de les rendre actuelles, les séries ont été complétées par des données de 1955 et 1960 (1959 et 1961 pour certaines branches) établies sur base des statistiques de la production de l'Institut national de Statistique ou, à défaut, sur base des relevés du personnel assujetti à l'Office national de la Sécurité sociale (O.N.S.S.) au 30 juin.

Avant de passer à une analyse des résultats, il n'est pas inutile d'insister sur un certain manque de continuité des séries en présence, surtout pour ce qui concerne les chiffres absolus. Outre la raison exposée ci-dessus, on peut noter en premier lieu l'époque de l'année à laquelle a été recensée la population industrielle : les recensements de 1910 et 1947 arrêtent la situation

* Conférence donnée à la Société Belge de Statistique le 27 novembre 1963.
Voordracht gehouden voor de Belgische Vereniging voor Statistiek op 27 november 1963.

** Pour de plus amples détails, le lecteur se référera utilement au n° 6 des « Etudes statistiques et économétriques ». Ed. Institut national de Statistique.

Tableau 1. — *Distribution des établissements ou divisions d'industrie ainsi que de leur personnel ouvrier d'après le nombre d'ouvriers occupés.*

Classe de grandeur d'après le personnel ouvrier	1896	1910	1937	1947	1955	1960
Nombre d'établissements						
a) Chiffres absolus						
1 - 4	46.882	47.145	34.569	36.281	29.301	27.199
5 - 19	8.146	9.330	10.222	13.321	11.437	11.128
20 - 49	1.560	2.430	2.892	3.645	3.694	3.715
50 - 99	576	865	1.197	1.291	1.407	1.359
100 - 199	399	546	697	752	773	759
200 - 499	224	317	441	483	500	526
500 - 999	59	81	89	118	162	176
1.000 et +	12	25	33	49	79	81
Total	57.858	60.739	50.140	55.940	47.353	44.943
b) Chiffres proportionnels						
1 - 4	81,0	77,7	68,8	64,9	61,9	60,4
5 - 19	14,1	15,4	20,4	23,8	24,1	24,8
20 - 49	2,7	4,0	5,8	6,5	7,8	8,3
50 - 99	1,0	1,4	2,4	2,3	3,0	3,0
100 - 199	0,7	0,9	1,4	1,3	1,6	1,7
200 - 499	0,4	0,5	0,9	0,9	1,1	1,2
500 - 999	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
1.000 et +	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Nombre d'ouvriers						
a) Chiffres absolus						
1 - 4	80.896	81.194	61.390	68.025	48.230	45.061
5 - 19	69.302	81.709	93.186	122.949	95.458	91.823
20 - 49	46.904	71.858	88.220	110.797	98.175	97.406
50 - 99	40.031	59.844	82.979	89.959	83.143	80.018
100 - 199	56.328	74.166	96.646	105.286	92.945	88.190
200 - 499	66.858	94.720	133.766	147.144	136.448	136.793
500 - 999	38.820	53.185	57.840	80.353	96.900	105.496
1.000 et +	19.464	41.075	53.093	80.875	136.653	137.390
Total	418.603	557.751	667.120	805.388	787.957	782.177
b) Chiffres proportionnels						
1 - 4	19,2	14,6	9,2	8,4	6,1	5,8
5 - 19	16,6	14,7	14,0	15,3	12,1	11,7
20 - 49	11,2	12,9	13,2	13,7	12,5	12,5
50 - 99	9,6	10,7	12,4	11,2	10,6	10,2
100 - 199	13,5	13,3	14,5	13,1	11,8	11,3
200 - 499	16,0	16,9	20,0	18,3	17,3	17,5
500 - 999	9,3	9,5	8,7	10,0	12,3	13,5
1.000 et +	4,6	7,4	8,0	10,0	17,3	17,5
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

au 31 décembre; les deux autres se rapportent aux 31 octobre 1896 et 27 février 1937; pour 1955 et 1960, ce sont les chiffres au 30 juin qui ont été retenus. Les résultats peuvent donc être affectés différemment, que ce soit par le cycle économique ou par les variations saisonnières. Malgré tout, il semble que les comparaisons entre les résultats des divers recensements soient valables.

Toutefois, du fait du large emprunt de résultats de l'O.N.S.S., une réserve plus grande s'impose lorsqu'on passe de 1947 aux années ultérieures. En effet, alors que les recensements se font sur base de l'établissement ou de la division (unité technique d'exploitation), les déclarations de l'O.N.S.S. couvrent en principe l'établissement (unité locale d'exploitation). Ainsi, l'établissement qui réunit une filature et un tissage sera scindé par l'Institut national de Statistique en deux unités techniques distinctes; par contre, à l'O.N.S.S., il ne fera l'objet que d'une seule déclaration.

Une autre source de divergences provient de ce que les établissements ont été classés par classes d'ouvriers à l'Institut national de Statistique et par classes de travailleurs (ouvriers et employés) à l'O.N.S.S. Ainsi, l'établissement occupant 4 ouvriers et un employé sera rangé dans la première classe (0 à 4 ouvriers) par l'Institut national de Statistique et dans la deuxième (5 à 9 travailleurs) par l'O.N.S.S.

L'évolution marque une nette tendance à la concentration; les petits établissements industriels (1 à 4 ouvriers) voient leur effectif ouvrier diminuer de près de moitié de 1896 à 1960, tandis que celui des établissements de plus de 1.000 ouvriers augmente dans la proportion de 1 à 6. Alors que, en 1896, ces derniers n'occupaient même pas 5 % de la population ouvrière industrielle globale, ils en occupent actuellement près de 18 %. Le nombre moyen d'ouvriers occupés par établissement a évolué comme suit :

1896	1910	1937	1947	1955	1960
7,2	9,2	13,3	14,4	16,6	17,4

Afin de mesurer le phénomène de la concentration, on a calculé, à partir de la courbe de concentration (courbe de Lorenz), des rapports (R) et des surfaces (S) de concentration dont les formules sont respectivement les suivantes :

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (p_i - q_i)}{\sum_{i=1}^{n-1} p_i} \quad (1)$$

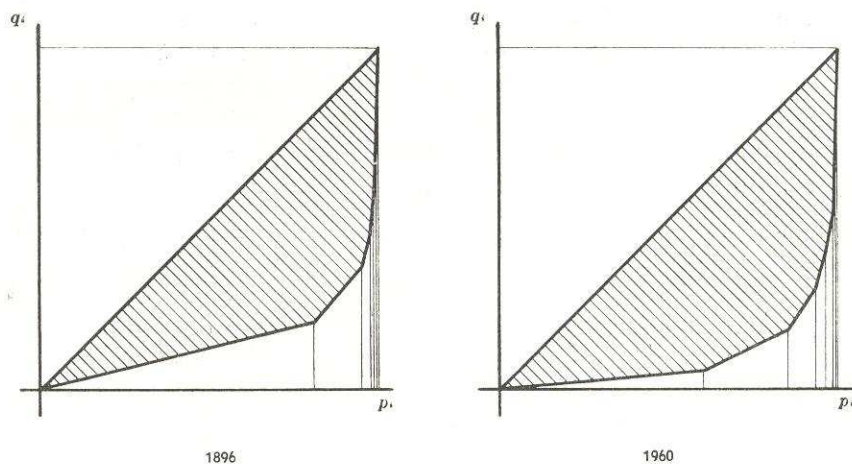
$$S = \frac{1}{2} \{ 1 - [p_1 q_1 + (p_2 - p_1)(q_1 + q_2) + (p_3 - p_2)(q_2 + q_3) + \dots] \} \quad (2)$$

où p_i représente le pourcentage cumulé du nombre d'établissements dans les classes de grandeur de 1 à i , et q_i , le pourcentage cumulé du personnel ouvrier occupé dans ces mêmes établissements.

Le rapport R est nul quand les p_i et q_i sont égaux, c'est-à-dire quand x % des établissements occupent x % de la main-d'œuvre (équidistribution); il tend vers 1 au fur et à mesure que l'effectif occupé dans les établissements de petite dimension diminue au profit de ceux de grande dimension ou, en d'autres mots, au fur et à mesure que s'accroît la différence entre les p_i et les q_i .

La surface de concentration S varie de 0 à $\frac{1}{2}$; elle est nulle en cas d'équidistribution et tend vers $\frac{1}{2}$ au fur et à mesure que s'accroît la différence entre les p_i et les q_i .

Graphiquement, les courbes de concentration représentant le phénomène de la concentration dans l'ensemble des activités industrielles en 1896 et 1960 (cf. tableau 1) se présentent comme suit [la surface hachurée est appelée surface de concentration (S)]:



Graphique 1. — Courbes et surfaces de concentration du personnel occupé dans les établissements industriels en 1896 et 1960.

Le calcul de R appliqué à l'ensemble des activités industrielles en 1960 (tableau 1) se présente comme suit :

Classes de grandeur d'après le personnel ouvrier	Nombre d'établissements	Nombre d'ouvriers	Répartition, en %, du nombre		Pourcentages cumulés du nombre		Différences $p_1 - q_1$
			d'établissements	d'ouvriers	d'établissements	d'ouvriers	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8) = (6) — (7)
1 - 4	27.199	45.061	60,519	5,761	60,519	5,761	54,758
5 - 19	11.128	91.823	24,760	11,739	85,279	17,500	67,779
20 - 49	3.715	97.406	8,266	12,454	93,545	29,954	63,591
50 - 99	1.359	80.018	3,024	10,230	96,569	40,184	56,385
100 - 199	759	88.190	1,689	11,275	98,258	51,459	46,799
200 - 499	526	136.793	1,170	17,488	99,428	68,947	30,481
500 - 999	176	105.496	0,392	13,488	99,820	82,435	17,385
1.000 et +	81	137.390	0,180	17,565	100,000	100,000	0,000
TOTAL	44.943	782.177	100,000	100,000	733,418	—	337,178

$$R = \frac{337,178}{733,418 - 100} = 0,53$$

Le calcul de S s'effectue en déduisant de la demi-surface du carré la surface comprise entre la courbe de concentration et l'axe des abscisses.

Les deux mesures de concentration définies ci-dessus sont influencées d'une manière prépondérante par les différences observées entre les valeurs de p_1 et q_1 afférentes aux plus petites classes. C'est ainsi qu'à l'examen des graphiques ci-dessus il ressort que la surface de concentration est déjà très grande pour 1896; de ce fait, l'amélioration de concentration de 1896 à nos jours n'apparaît que très faiblement.

Le problème de la formation des classes est également très important; ainsi, dans l'exemple précédent, la réunion au sein d'une même classe des données relatives aux deux premières classes entraîne pour 1896 une bien plus importante diminution de la surface de concentration que pour 1960. Il en est de même pour le rapport R. L'idéal serait d'avoir une ligne de concentration se rapprochant le plus possible d'une courbe.

La disparition en masse d'établissements de la classe la plus petite peut également donner lieu à des difficultés d'interprétation. Si, pour prendre un exemple extrême, on élimine de la colonne 1960 du tableau 1 les 27.199 établissements de la plus petite classe et que l'on transfère leur personnel dans la classe supérieure, un nouveau calcul donne pour S et R des résultats sensiblement inférieurs aux résultats primitifs. Par contre, si l'on opère de

même au profit de la classe immédiatement supérieure, R diminue considérablement tandis que S passe à un niveau sensiblement supérieur.

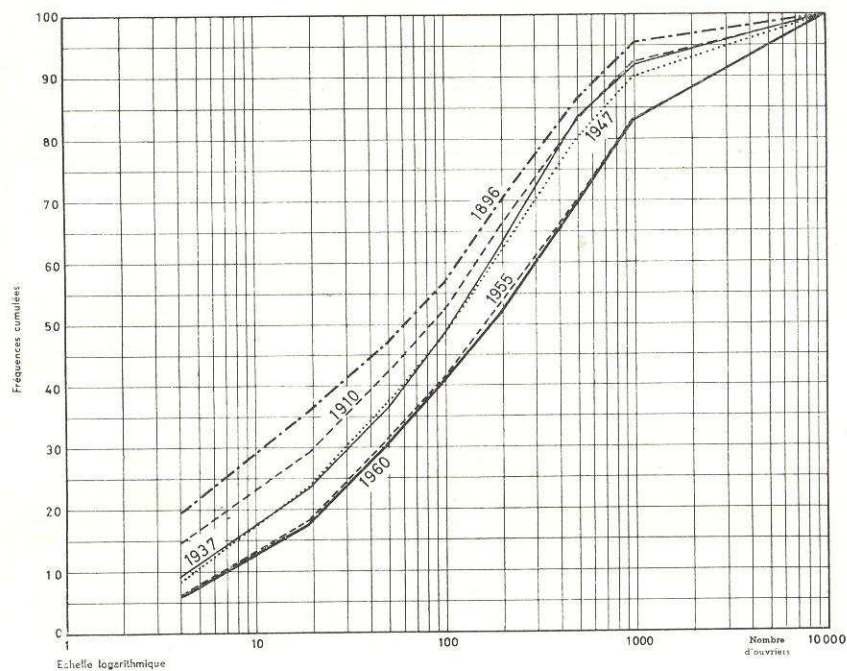
De ce qui précède, il ressort que les mesures S et R ne sont pas parfaites et qu'il convient de les interpréter avec prudence.

Les tableaux 2 et 3 où sont consignés les résultats de ces calculs font néanmoins ressortir les secteurs pour lesquels la concentration est la plus forte ainsi que ceux qui ont vu leur coefficient s'améliorer le plus largement au cours de la période considérée. Toutefois, certains résultats ne s'inscrivent pas dans la tendance générale; ces résultats trouvent vraisemblablement leur explication dans un manque de comparabilité des statistiques.

Les résultats du tableau 1 sont portés sur le graphique 2. La courbe cumulative des pourcentages de l'effectif ouvrier distribué par classes marque une nette tendance à se déplacer vers la droite, corroborant en ceci les conclusions déjà tirées plus haut. Il est à remarquer toutefois que l'amélioration brusque de concentration constatée de 1947 à 1955 est quelque peu surfaite du fait du large emprunt de statistiques établies par l'O.N.S.S. (cf. supra).

Il est important de noter que ces premiers tableaux et graphiques ne reflètent qu'imparfaitement l'évolution réelle de la concentration. L'impossibilité de prendre en considération le nombre d'employés a probablement pour effet de diminuer l'importance relative des grands établissements puisque ceux-ci occupent proportionnellement plus d'employés. Cette faute va peut-être s'accroissant au fil du temps puisque l'accroissement du nombre d'employés va toujours augmentant, d'autant plus qu'à la plupart des ouvriers les plus qualifiés on accorde de plus en plus le statut d'employé.

La question de la concentration de l'activité a également été abordée par la C.E.C.A. qui a tenté de procéder à une comparaison internationale des taux de concentration des divers secteurs de l'économie. Les principaux résultats de cette étude font l'objet du tableau 4 que l'on se doit d'interpréter à la lumière des remarques qui suivent. Notons en premier lieu que les observations s'échelonnent sur une période allant de 1947 à 1954, ce qui a pour effet de défavoriser les pays dont le recensement est le moins récent. De plus, tous les pays ne donnent pas la même définition au terme « établissement ». Rappelons que la Belgique, dans le recensement de 1947, couvre sous ce terme l'unité d'exploitation technique; les autres pays lui donnent une définition moins restreinte correspondant à l'unité d'exploitation locale. Ceci a pour effet de rendre la concentration belge quelque peu moins grande qu'elle ne l'est en réalité. Il semble que la position de la Belgique ne détonne pas vis-à-vis de ses partenaires de la C.E.C.A. Les différences enregistrées ne semblent pas significatives, sauf toutefois pour le commerce et les prestations de services, secteurs pour lesquels l'explication de notre position peu favorable est bien plus à trouver dans les considérations d'ordre statistique évoquées ci-dessus que dans la réalité économique.



Graphique 2. — Evolution, pour 14 branches industrielles, des fréquences cumulées du personnel ouvrier réparti d'après la grandeur des établissements.

Tableau 2. — Evolution de l'indice de concentration *R* de certaines branches industrielles importantes.

Branches industrielles	1896	1910	1937	1947	1955	1961
1. Alimentation et boissons	0,31	0,21	0,31	0,33	0,43	0,44
2. Tabac	0,33	0,31	0,47	0,47	0,64	0,58
3. Caoutchouc	0,33	0,47	0,66	0,68	0,68	0,63
4. Industries transformatrices du bois	0,12	0,19	0,22	0,18	0,26	0,26
5. Papier et carton	0,49	0,36	0,44	0,44	0,45	0,50
6. Impression, reliure	0,18	0,20	0,27	0,27	0,36	0,40
7. Cuirs et peaux	0,21	0,32	0,37	0,30	0,36	0,39
8. Textiles	0,49	0,50	0,45	0,49	0,52	0,52
9. Habillement et confection	0,09	0,16	0,22	0,23	0,27	0,28
10. Chimie	0,36	0,47	0,50	0,53	0,65	0,67
11. Verre	0,38	0,69	0,68	0,60	0,69	0,76
12. Sidérurgie et non ferreux	0,54	0,59	0,60	0,64	0,62	0,65
13. Fabrications métalliques et constructions navales	0,40	0,47	0,50	0,49	0,59	0,58
14. Transport par route	0,09	0,32	0,22	0,20	0,23	0,23
15. Indice de concentration moyen	0,39	0,43	0,45	0,46	0,52	0,53

Tableau 3. — Evolution de la surface de concentration *S* de certaines branches industrielles importantes.

Branches industrielles	1896	1910	1937	1947	1955	1961
1. Alimentation et boissons	0,32	0,29	0,34	0,35	0,38	0,38
2. Tabac	0,36	0,34	0,40	0,40	0,43	0,41
3. Caoutchouc	0,32	0,39	0,43	0,44	0,40	0,39
4. Industries transformatrices du bois	0,26	0,26	0,30	0,28	0,32	0,32
5. Papier et carton	0,37	0,34	0,36	0,36	0,35	0,37
6. Impression, reliure	0,28	0,30	0,34	0,33	0,36	0,37
7. Cuir et peaux	0,27	0,36	0,38	0,35	0,37	0,37
8. Textiles	0,38	0,39	0,37	0,39	0,39	0,39
9. Habillement et confection	0,16	0,23	0,30	0,31	0,33	0,34
10. Chimie	0,36	0,38	0,39	0,40	0,41	0,41
11. Verre	0,19	0,35	0,38	0,39	0,40	0,41
12. Sidérurgie et non ferreux	0,38	0,39	0,39	0,39	0,27	0,26
13. Fabrications métalliques et constructions navales	0,37	0,39	0,40	0,39	0,41	0,41
14. Transport par route	0,21	0,34	0,29	0,26	0,30	0,30
15. Surface de concentration moyenne	0,36	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40

Tableau 4. — Degré de concentration (= 2 surfaces de concentration) des divers secteurs de l'économie.

Secteur économique	Alle- magne (RF) 1950	Belgique 1947	France 1953/54	Italie 1951	Pays-Bas 1950
1. Industrie minière	0,83	0,74	0,82	0,80	0,95
2. Energie	0,78	0,77	0,77	0,75	0,75
3. Métallurgie de base	0,86	0,80	0,85	0,88	} 0,78
4. Transformation des métaux	0,38	0,78	0,82	0,78	
5. Industries chimiques	0,86	0,84	0,82	0,87	0,78
6. Bois, papier, impression	0,71	0,66	0,72	0,58	0,72
7. Industrie textile et d'habillement	0,74	0,74	0,78	0,70	0,77
8. Produits alimentaires, boissons et tabacs	0,50	0,60	0,67	0,64	0,67
9. Construction	0,66	0,62	0,69	0,67	0,64
10. Commerce	0,50	0,37	0,49	...	0,44
11. Prestations de service	0,43	0,28	0,48	...	0,40
Moyenne pondérée					
— des 11 secteurs	0,67	0,59	0,69	...	0,65
— des secteurs 1 - 8	0,75	0,73	0,78	0,72	0,75

Source : Informations statistiques de la C.E.C.A., n° 7, nov./déc. 1958.

2. Concentration des capitaux et variation du rendement avec l'importance des moyens propres.

Dans une deuxième approche du problème, la concentration industrielle a été mesurée suivant l'importance des capitaux investis. Annuellement, l'Institut national de Statistique élabore une statistique du rendement de toutes les sociétés par actions; seules les sociétés industrielles ont été retenues dans la présente étude. Notons que l'année indiquée dans le tableau 5 ne coïncide qu'exceptionnellement avec l'exercice comptable; le millésime correspond en effet à la date du paiement des dividendes. Ainsi, les données 1957 ont trait aux sociétés qui ont mis leurs dividendes en paiement en 1957 et ont donc clôturé leur bilan en fin de 1956 ou au cours de 1957.

Les résultats sont présentés par classes, celles-ci correspondant à la dimension des sociétés mesurée d'après l'importance du capital versé. Les deux premiers volets du tableau 5 sont consacrés aux chiffres 1952 et 1961 relatifs à l'ensemble de l'industrie. Bien que la période qui sépare les deux observations ne soit que de dix ans, on décèle un ample mouvement de concentration des capitaux entre les mains des sociétés les plus importantes. En 1952, 121 sociétés groupaient 48 % des capitaux engagés dans les sociétés par actions; en 1961, ces chiffres passent respectivement à 180 et 59. La moyenne des capitaux propres (capital versé plus réserves) passe au cours de la période envisagée de 19,5 à 26,4 millions pour l'ensemble des sociétés, soit une augmentation de 35 % en dix ans.

On ne peut oublier, en interprétant ces résultats, qu'il ne s'agit ici que de sociétés par actions et que, dès lors, cet échantillon n'est pas tout à fait représentatif de l'ensemble de l'industrie belge. De plus, les chiffres cités plus haut n'ont pas subi de correction pour tenir compte de la baisse du pouvoir d'achat de la monnaie.

Les troisième et quatrième volets du tableau 5 ont été élaborés en vue de l'étude du rendement des sociétés industrielles. Ayant calculé les moyennes des capitaux propres et du rendement net sur les périodes 1952-56 et 1957-61, correspondant à peu de chose près à deux cycles économiques complets, il est possible de déterminer le taux de rendement net moyen au cours des périodes envisagées; ceux-ci figurent aux dernières colonnes du tableau 5. Un examen attentif de l'évolution de ces taux permet de constater leur niveau assez élevé pour les petites sociétés; pour les sociétés plus importantes, le taux marque d'abord une nette tendance à diminuer pour ensuite monter à un niveau quelque peu inférieur à celui enregistré pour les petites sociétés. Il est également intéressant de remarquer que pour deux des groupes parmi

Tableau 5. — *Distribution des sociétés anonymes industrielles, de leurs moyens propres et de leur rendement, d'après l'importance du capital versé.*

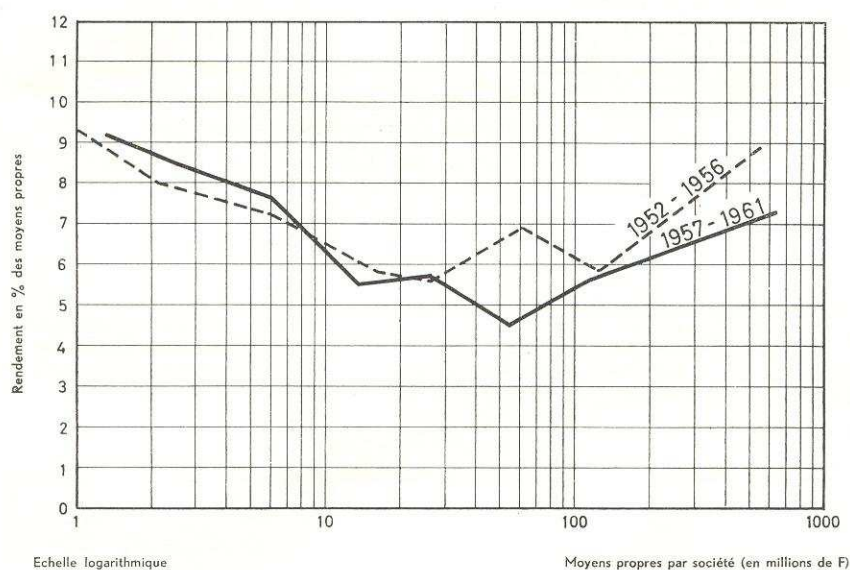
Source : Institut national de Statistique

Dimension des sociétés d'après l'importance du capital versé	Nombre de sociétés		Moyens propres (capital versé + réserves)		Résultat net de l'exer- cice (en 10 ⁶ F)	Rende- ment (6):(4) en %
	Chiffres absolus	Réparti- tion pro- portion- nelle	en 10 ⁶ F	Réparti- tion pro- portion- nelle		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1952						
500.000 et moins	2.514	35,6	2.539	1,8	292	11,5
500.001 - 1.000.000	1.288	18,2	2.802	2,0	284	10,1
1.000.001 - 5.000.000	1.905	27,0	12.620	9,2	1.085	8,6
5.000.001 - 10.000.000	519	7,3	8.669	6,3	699	8,1
10.000.001 - 20.000.000	317	4,5	9.754	7,0	683	7,0
20.000.001 - 50.000.000	293	4,1	19.953	14,5	1.724	8,6
50.000.001 - 100.000.000	111	1,6	14.804	10,8	1.059	7,2
Plus de 100.000.000	121	1,7	66.543	48,4	6.631	10,0
Total	7.068	100,0	137.684	100,0	12.457	9,0
1961						
500.000 et moins	2.366	30,2	3.028	1,5	347	11,5
500.001 - 1.000.000	1.318	16,8	3.564	1,7	316	8,9
1.000.001 - 5.000.000	2.285	29,1	14.152	6,8	1.106	7,8
5.000.001 - 10.000.000	686	8,7	9.339	4,5	616	6,6
10.000.001 - 20.000.000	424	5,4	11.446	5,5	730	6,4
20.000.001 - 50.000.000	406	5,2	22.196	10,7	1.209	5,4
50.000.001 - 100.000.000	178	2,3	20.732	10,0	1.197	5,8
Plus de 100.000.000	180	2,3	122.356	59,3	7.906	6,5
Total	7.843	100,0	206.813	100,0	13.427	6,5
Moyennes pour la période 1952-1956						
500.000 et moins	2.653	34,7	2.674	1,8	250	9,3
500.001 - 1.000.000	1.337	17,5	2.846	1,9	228	8,0
1.000.001 - 5.000.000	2.088	27,3	12.516	8,4	901	7,2
5.000.001 - 10.000.000	578	7,6	8.214	5,5	473	5,8
10.000.001 - 20.000.000	367	4,8	9.869	6,6	549	5,6
20.000.001 - 50.000.000	344	4,5	20.793	13,9	1.429	6,9
50.000.001 - 100.000.000	136	1,8	16.916	11,3	983	5,8
Plus de 100.000.000	137	1,8	75.231	50,6	6.669	8,9
Total	7.640	100,0	149.059	100,0	11.482	7,7
Moyennes pour la période 1957-1961						
500.000 et moins	2.460	31,3	3.107	1,6	287	9,2
500.001 - 1.000.000	1.344	17,1	3.356	1,8	284	8,5
1.000.001 - 5.000.000	2.253	28,6	13.656	7,2	1.039	7,6
5.000.001 - 10.000.000	668	8,5	9.002	4,8	496	5,5
10.000.001 - 20.000.000	418	5,3	10.864	5,7	623	5,7
20.000.001 - 50.000.000	397	5,0	21.928	11,6	991	4,5
50.000.001 - 100.000.000	167	2,1	19.775	10,4	1.098	5,6
Plus de 100.000.000	166	2,1	108.046	56,9	7.841	7,3
Total	7.873	100,0	189.734	100,0	12.659	6,7

les plus importants (20 à 50 millions et 100 millions en plus) le taux de rendement de la seconde période est sensiblement plus bas que celui atteint au cours de la période précédente. C'est ce que fait parfaitement ressortir le graphique 3.

3. Variation de la valeur ajoutée avec la dimension des établissements.

Les deux premières parties de cette étude tâchent de faire ressortir l'ampleur du mouvement de concentration au cours de ces dernières années. Après avoir vu comment évolue le rendement financier avec la dimension de l'entreprise, il sera tenté de faire ressortir les répercussions qu'entraîne une plus ou moins grande dimension de l'établissement industriel sur sa valeur ajoutée, ses investissements et ses amortissements.



Graphique 3. — Rendement des sociétés industrielles belges par actions.

La base de ces travaux consiste dans la statistique annuelle de la production. Comme celle-ci ne présente pas de ventilation des résultats suivant la dimension des établissements, l'Institut national de Statistique a procédé à un travail spécial portant sur quelques secteurs industriels importants tels que les fabrications métalliques, le tissage et la chimie.

La statistique portant sur les secteurs étudiés ici recense uniquement les établissements occupant 5 ouvriers ou plus. Pour chaque établissement, on a calculé approximativement la valeur ajoutée brute au coût des facteurs; pour ce faire, on a procédé comme suit : du total de la valeur des ventes, des

cessions, des variations de stocks et des investissements par moyens propres, il a été déduit la valeur des marchandises et services consommés. Additionnés classe par classe, les résultats ainsi obtenus ont permis d'établir le tableau 6 où figurent la valeur ajoutée brute par personne active ainsi que la part de la rémunération du facteur travail dans cette valeur ajoutée.

Les valeurs ajoutées par personne active ont été reprises au graphique 4. On constate en premier lieu une différence de niveau entre les valeurs ajoutées des diverses branches d'activité. Ces valeurs s'échelonnent entre 100.000 et 200.000 F. Les plus hautes se rapportent aux industries chimiques; viennent ensuite les fabrications métalliques et le tissage. Les raisons de ces différences parfois importantes s'expliquent si l'on se rappelle que la valeur ajoutée correspond à la rémunération de tous les facteurs intervenant dans le processus de la production; la valeur ajoutée moyenne par personne active occupée au sein d'une industrie varie donc forcément avec la qualité et la spécialisation de son personnel et l'importance des capitaux engagés.

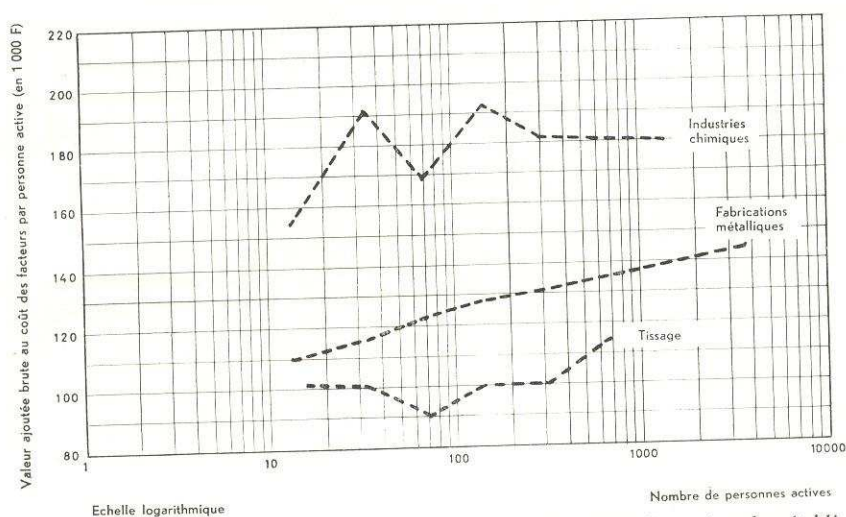
Tableau 6. — *Variation de la valeur ajoutée brute avec la dimension des établissements.*

Valeurs en 1.000 F

Dimension des établissements d'après le personnel ouvrier et employé	Fabrications métalliques 1959		Industries chimiques 1959		Tissage 1959	
	Valeur ajoutée brute par personne active	Rémunération du facteur travail en % de la valeur ajoutée brute	Valeur ajoutée brute par personne active	Rémunération du facteur travail en % de la valeur ajoutée brute	Valeur ajoutée brute par personne active	Rémunération du facteur travail en % de la valeur ajoutée brute
5 - 19	110	64,9	154	53,2	102	56,0
20 - 49	116	73,9	192	55,2	100	65,7
50 - 99	123	72,2	168	63,1	90	80,0
100 - 199	128	68,7	193	57,3	100	70,1
200 - 499	131	74,5	182	62,9	100	69,4
500 et plus	144	73,7	180	64,7	115	62,0
Moyenne	132	72,6	181	62,5	101	68,6

Pour chaque branche d'activité, on constate une tendance à l'augmentation de la valeur ajoutée moyenne avec la dimension de l'établissement. Cette tendance est très nette pour les fabrications métalliques; elle l'est moins pour le tissage où l'augmentation n'apparaît qu'à partir de la troisième classe; dans l'industrie chimique, on la décèle également, mais la deuxième classe présente un résultat sensiblement supérieur à la normale.

Il est normal que l'on observe dans les plus petits établissements un rapport de la rémunération du facteur travail à la valeur ajoutée moindre que dans les grands établissements; une fois la dimension moyenne atteinte (50 et plus), on n'observe plus aucun mouvement, que ce soit dans un sens ou dans l'autre.



Graphique 4. — Valeur ajoutée par personne active suivant la dimension des établissements 1959.

Les valeurs ajoutées dont il a été question sont des valeurs ajoutées brutes; le problème de la variation des amortissements avec la dimension des établissements est traité dans la quatrième partie.

4. Variation des investissements et des amortissements avec la dimension des établissements.

L'Institut national de Statistique recense annuellement les investissements et les amortissements des établissements occupant 20 ouvriers ou plus. Pour chaque établissement, on a calculé la moyenne de ses investissements et de ses amortissements au cours des années 1953-1959. Ces chiffres, rapportés à l'effectif moyen occupé au cours de la même période, font l'objet du tableau 7.

Insistons sur le fait que les investissements figurant dans ce tableau se rapportent aux établissements en activité; cette remarque a son importance puisqu'elle suppose l'exclusion de tous les établissements qui se créent ainsi que de ceux qui commencent à travailler sans occuper encore 20 travailleurs.

Tableau 7. — *Distribution des investissements et amortissements (en 1.000 F) par travailleur suivant la dimension des établissements. Moyennes annuelles pour la période 1953-1959.*

Dimension des établissements d'après le nombre de travailleurs occupés (ouvriers et employés)	Fabrications métalliques		
	Nombre de travailleurs	Investissements par travailleur	Amortissements par travailleur
(1)	(2)	(3)	(4)
20 - 49	5.734 (*)	6	6
50 - 99	10.090 (*)	8	8
100 - 199	21.691	10	10
200 - 499	41.653	10	9
500 - 999	30.842	11	10
1.000 et plus	67.004	12	10
Total	177.014	10	9
	Industries chimiques		
	(5)	(6)	(7)
20 - 49	1.808	11	17
50 - 99	3.429	15	17
100 - 199	4.025	25	26
200 - 499	7.734	32	25
500 - 999	5.487	49	37
1.000 et plus	16.158	23	30
Total	38.641	28	28
	Tissage		
	(8)	(9)	(10)
20 - 49	4.971	6	6
50 - 99	5.574	6	8
100 - 199	10.812	6	8
200 - 499	13.600	7	9
500 - 999	4.379	8	8
1.000 et plus	2.362	14	11
Total	41.698	7	8

(*) Statistiques non exhaustives.

Le terme « investissement » couvre les investissements bruts diminués des ventes de biens d'investissement évaluées au prix de réalisation ainsi que des désaffectations et des destructions estimées à la valeur réelle des biens avant leur désaffectation ou destruction.

Les restrictions signalées au deuxième paragraphe entraînent une certaine sous-estimation en matière d'investissements, ce qui nous amène à attacher plus d'importance à la variation avec la dimension plutôt qu'à leur niveau absolu.

Il appert que les investissements et les amortissements moyens par travailleur varient de branche à branche et, au sein de chacune d'entre elles, avec la dimension des établissements. Les investissements et les amortissements de l'industrie chimique sont de loin supérieurs à ceux des deux autres branches étudiées ici; viennent ensuite les fabrications métalliques et le tissage. Les montants relatifs aux établissements de grande dimension sont de deux à trois fois supérieurs à ceux enregistrés dans les établissements de petite dimension.

Ces diverses constatations apportent un complément d'information quant à la façon dont varie la valeur ajoutée avec la dimension des établissements. La prise en considération des amortissements afin d'obtenir des valeurs ajoutées nettes aurait un double effet : en premier lieu, elle entraînerait un rapprochement des résultats relatifs aux diverses branches, les amortissements par établissement étant en effet sensiblement plus élevés dans l'industrie chimique que dans les fabrications métalliques ou le tissage; en second lieu, comme les amortissements augmentent avec la dimension des établissements, il se produirait au sein de chaque branche un rapprochement des résultats.

Dans la partie précédente, il a été donné de constater combien ténue est la liaison entre la dimension de l'entreprise et la valeur ajoutée par travailleur. Se plaçant à un autre point de vue, on peut se demander si tel est le cas lorsque l'on met en présence le montant moyen des investissements et la valeur ajoutée moyenne par personne active. Pour l'ensemble des trois branches, on obtient un coefficient de corrélation égal à 0,83 entre le montant moyen des investissements par travailleur et la valeur ajoutée brute moyenne par personne active. Ce coefficient devient égal à 0,76 lorsqu'on utilise la série des valeurs ajoutées nettes. Les coefficients de régression correspondants valent respectivement 3,4 et 2,6, ce qui signifie qu'à un complément d'investissements annuel de 1.000 F par travailleur correspond un accroissement de 3.400 F de valeur ajoutée brute moyenne par personne active ou de 2.600 F s'il s'agit de valeur ajoutée nette.

Seminaire Sogesci — Sogesci Seminarie
(fin - einde)

**PROGRAMMATION LINEAIRE
PAR L'ALGORITHME DE DICKSON ET FREDERICK
SUR L'UNIVAC SOLID STATE COMPUTER**

par R. BROUCKE
Remington Rand Bruxelles.

1. — Introduction.

La programmation linéaire continue toujours à jouer un rôle d'avant-garde dans la recherche opérationnelle. Elle ne peut jouer ce rôle que grâce à l'aide des calculateurs électroniques. C'est pourquoi de grands efforts ont déjà été faits dans le but de réduire le temps de résolution des programmes linéaires sur les calculateurs électroniques. D'un côté, les firmes s'attachent à produire des calculateurs de plus en plus rapides et d'un autre côté, des spécialistes cherchent des algorithmes mathématiques nouveaux permettant de réduire au minimum le nombre d'opérations élémentaires à effectuer pour atteindre la solution cherchée.

Le jeu de programmes qui a été préparé pour la Remington Rand par Bonner and Moore Engineering Associates à Houston, Texas, est basé sur une variante de l'algorithme simplexe classique de Dantzig. C'est une variante qui a été mise au point par J.C. Dickson et F.P. Frederick, tous deux de Bonner and Moore Engineering Associates. Ces programmes permettent d'obtenir des performances très bonnes sur le calculateur de grandeur moyenne qu'est l'Univac Solid State Computer, aussi bien du point de vue de la vitesse de calcul que du point de vue de la précision des calculs.

2. — Rappels sur l'algorithme du simplexe de Dantzig.

Nous donnons ici quelques brefs rappels sur l'algorithme de Dantzig, en utilisant au maximum des notations qui sont usuelles dans ce domaine. Pour un exposé systématique, le lecteur peut, par exemple, consulter le livre de Saul I. Gass [1].

Soit un programme linéaire exprimé par sa fonction économique linéaire en les n variables x_j et m égalités linéaires

$$\sum_{j=1}^{j=n} a_{0j} x_j = \text{MINIMUM} \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^{j=n} a_{ij} x_j = a_{i0}, \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

Les méthodes dites de Dantzig résolvent le problème d'une façon itérative et chaque itération consiste fondamentalement en trois étapes. L'ensemble des itérations part d'une solution de base admissible formée de m variables et aboutit à une autre solution de base également formée de m variables, cette dernière étant la solution optimum. Chaque itération consiste à échanger deux variables sans jamais s'éloigner de l'optimum à atteindre. Les trois étapes qui constituent chaque itération sont dès lors :

- Choix de la nouvelle variable x_j à entrer dans la base.
- Choix de la variable x_i qui quitte la base.
- Changement de base proprement dit.

Si $Z(0)$ est l'ancienne valeur de la fonction économique, c'est-à-dire celle avant une itération, la nouvelle valeur $Z(1)$ est donnée par la formule

$$Z(1) = Z(0) - a_{0j} \frac{a_{10}}{a_{1j}}. \quad (3)$$

La variable x_j qui vient de rentrer dans la nouvelle base prend la valeur

$$x_j = \frac{a_{10}}{a_{1j}}, \quad (4)$$

et si on ne considère que des solutions « admissibles » a_{10} est non négatif et a_{1j} est positif.

La relation (3) montre qu'au cours de l'itération la fonction économique diminue ou est stationnaire à condition que le « coût marginal »

$$Z_j - C_j = a_{0j} \quad (5)$$

soit non négatif.

Il existe une grande variété d'algorithmes dits de Dantzig, mais tous ont la propriété de choisir d'une façon ou d'une autre i et j tels que

$$a_{0j} \frac{a_{10}}{a_{1j}} \geq 0 \quad (6)$$

(dans le cas de la recherche du minimum).

Tous ces algorithmes sont quelque peu empiriques, en ce sens qu'on ne connaît pas le moyen de choisir à chaque itération une variable entrante x_j dont on sera certain de la trouver dans la solution finale optimale. La propriété directrice exprimée dans (6) est, en termes de la géométrie du polyèdre des solutions de base, une propriété locale liée à un sommet, mais les propriétés globales qui définiraient a priori les variables présentes dans

la base finale sont inconnues. De là l'existence d'un grand nombre d'algorithmes qui servent tous à se frayer un chemin le long des arêtes du polyèdre des solutions de base, vers la solution optimale. Tous ces chemins ont la propriété commune de ne jamais faire marche arrière du point de vue de la valeur de la fonction économique.

3. — Interprétation géométrique de l'algorithme de Dantzig.

L'algorithme de Dickson et Frederick rentre dans la catégorie des algorithmes que nous dirons de Dantzig, décrits ci-dessus. Il se base toujours sur l'inégalité (6), mais avant de le décrire il nous faut dire quelques mots d'une interprétation géométrique intéressante du programme linéaire.

On peut considérer un espace euclidien E_{m+1} , à $(m+1)$ dimensions, et associer à chacune des n variables x_j un vecteur $\vec{P}_j$ dont les composantes sont

$$(a_{0j}, a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{mj}). \quad (7)$$

L'ensemble de ces vecteurs $\vec{P}_j$ de E_{m+1} forme un cône, et les composantes de ces vecteurs suivant le zéroième axe ont la valeur

$$Z_j - C_j = a_{0j} = |\vec{P}_j| \cdot \cos \beta_j, \quad (8)$$

β_j étant l'angle du vecteur $\vec{P}_j$ avec l'axe d'indice zéro.

On peut encore écrire pour cet angle β_j :

$$\cos^2 \beta_j = a_{0j}^2 / \sum_{i=0}^m a_{ij}^2. \quad (9)$$

4. — Variantes de l'algorithme de Dantzig.

Enumérons maintenant quelques variantes d'algorithmes de Dantzig.

1. On vérifie (6) en choisissant j au hasard, mais tel que l'expression (8) soit non négative. Cet algorithme de sélection, qui est très simple, a été employé, mais on constate qu'il conduit généralement à un nombre d'itérations élevé.
2. Il est possible aussi de choisir j et i simultanément : pour chaque candidat x_j , c'est-à-dire tel que $Z_j - C_j$ est non négatif, on cherche i suivant la règle classique, et on prend finalement le couple (j, i) tel que le premier membre de (6) soit maximum.

Ce procédé conduit à un nombre d'itérations beaucoup plus petit que le procédé 1, mais ici la recherche du pivot a_{ij} nécessite un grand

nombre de multiplications et de divisions, et allonge donc les temps totaux.

3. L'algorithme de choix de x_j le plus employé est celui qui consiste à prendre j tel que (8) soit non négatif et maximum. Le nombre d'itérations, avec cet algorithme, est de l'ordre de $2n$.
4. Dickson et Frederick ont expérimenté avec un algorithme de sélection qui consiste à prendre j tel que $(Z_j - C_j)$ soit non négatif et que β_j soit minimum, c'est-à-dire que $\cos^2 \beta_j$ dans (9) soit maximum.

Il s'est avéré que cette technique donne des résultats aussi bons qu'au 3, du point de vue du nombre d'itérations. Du point de vue de la précision, il y a peut-être une amélioration pour la raison suivante :

Les changements de base effectués sont géométriquement des rotations où l'angle β_j joue un rôle, et les erreurs d'arrondi introduites dans ces rotations sont plus ou moins proportionnelles à l'angle β_j . L'algorithme 4, utilisant des angles β_j minima, introduira donc aussi des erreurs d'arrondi minimales.

5. — L'algorithme de Dickson et Frederick.

Le véritable algorithme de Dickson et Frederick est une modification de l'algorithme précédent. Il consiste à se servir d'un faux angle β_j , soit $\overline{\beta_j}$, défini par

$$\cos^2 \overline{\beta_j} = a_{0j}^2 / (a_{0j}^2 + \sum_{i=1}^m {}^{(+)} a_{ij}^2), \quad (10)$$

L'indice (+) du sigma sommatoire indiquant qu'on ne prend dans la sommation que les termes a_{ij}^2 tels que $a_{ij} > 0$. Cette modification a le grand avantage de réduire de moitié le nombre total d'itérations à effectuer. Et ce fait peut se comprendre de la façon suivante :

A chaque itération, les variables dans la base x_i sont exprimées en fonction des variables hors base x_j par des relations de la forme

$$x_i = a_{i0} - \sum_{j=1}^{j=n} a_{ij} x_j. \quad (11)$$

Comme x_i ne peut pas devenir négatif, chaque x_j candidat à rentrer dans la base est limité seulement par les a_{ij} positifs. Les a_{ij} négatifs n'imposent pas de restrictions aux augmentations de x_j . Dès lors, l'introduction de l'angle $\overline{\beta_j}$ minimum, par (10), consiste à favoriser les variables x_j , candidates à entrer dans la base, qui ont peu de limitations de la forme (11). Ces variables x_j ont ainsi des chances de croître très fort et, par là, de faire décroître très fort la fonction économique.

Nous gardons toujours ici l'avantage d'introduire des erreurs d'arrondi relativement petites, tout en ayant un nombre faible d'itérations.

On peut à juste titre objecter que le calcul de l'indice j en se basant sur la formule (10) est assez long. En fait, la formule (10) contient un grand nombre d'additions et de multiplications, en plus d'une seule division. Elle sera donc indiquée pour les machines électroniques qui ont la division assez longue, mais les autres opérations élémentaires plus rapides. Toujours est-il que le temps moyen d'une itération est allongé de 10 % par l'emploi de la formule (10), comparativement aux autres algorithmes classiques. D'autre part, selon les auteurs de la méthode, le nombre total d'itérations à effectuer est diminué de 30 à 70 %. Globalement, le temps de calcul est donc toujours diminué. Dickson et Frederick citent les deux exemples pratiques suivants, se rapportant à des problèmes de raffinerie :

- 1) 34 équations, 44 variables :
43 itérations au lieu de 64.
- 2) 62 équations, 70 variables :
62 itérations au lieu de 85.

6. — Utilisation de l'algorithme de Dickson et Frederick sur l'Univac Solid State Computer.

Rappelons que l'Univac Solid State Computer est un calculateur de type moyen. Il possède une mémoire générale de 5000 mots de 10 chiffres, sur un tambour tournant à 17.667 tours par minute. Pour 4000 mots de ce tambour, il y a une seule tête de lecture par piste, et pour les 1000 mots restants, il y a 4 têtes par piste. Il y a ainsi 4000 mots à temps d'accès moyen de 1700 microsecondes et 1000 mots à temps d'accès moyen de 425 microsecondes. Dans les deux zones de mémoire, on loge indifféremment des données ou des instructions de programme.

Pour l'application aux programmes linéaires, l'organisation de mémoires utilisée est la suivante :

- 1) de 4800 à 5000 se trouve en permanence une routine de chargement.
- 2) de 4300 à 4800 se trouvent tous les programmes et zones de calcul.
- 3) de 0 à 4300 se trouve la matrice du programme linéaire. Les dimensions maxima de la matrice sont exprimées par

$$m < 100, \quad n < 100, \quad m \cdot n < 4.300 \quad (12)$$

La matrice unité correspondant aux variables d'écart positives et aux variables artificielles n'est jamais rangée dans ces 4300 mémoires, étant donné qu'elle est simulée par le programme.

Le programme convient pour des problèmes directs, duaux ou composites, les problèmes composites étant d'abord ramenés à des problèmes duaux par le programme.

Etant donné le degré de perfectionnement du programme, il est impossible de le loger dans les 500 instructions de 4300 à 4800. Aussi se compose-t-il de plusieurs paquets de cartes qui sont alternativement lues et exécutées. Le programme complet se compose d'environ 500 cartes de 5 instructions et il est lu par la machine en un temps total d'une minute et 10 secondes. La résolution complète d'un programme linéaire se fait en les étapes suivantes, qui s'enchaînent automatiquement :

- lecture de la routine de chargement.
- lecture du programme de chargement de la matrice.
- lecture de la matrice.
- lecture du premier programme de calcul. Ce programme fait quelques calculs initiaux et détermine le genre du programme linéaire.
- lecture avec exécution éventuelle des programmes de calcul 2, 3 et 4; avec une ligne d'impression à chaque itération.
- lecture du programme « Vecteur solution ».
- interprétation et impression de la solution optimale.
- lecture du programme « Coûts marginaux ».
- interprétation et impression des Coûts marginaux.
- lecture du programme de perforation de la matrice.
- perforation de la matrice optimale.

Tous les calculs sont faits en virgule fixe, avec toujours 4 entiers et 6 décimales. Ce fait contribue encore à augmenter la vitesse de résolution, mais, par contre, exige que les données soient d'abord convenablement normalisées.

L'ensemble des caractéristiques que nous venons de décrire a comme conséquence que l'Univac Solid State Computer est capable de traiter les programmes linéaires avec un rendement élevé : par exemple, il faut de quatre à cinq minutes pour résoudre un programme linéaire à 30 équations, 40 variables et 30 itérations.

REFERENCES

- [1] S.I. GASS, *Linear Programming, Methods and Applications*. McGraw Hill Book Company, New-York, Toronto, London, 1958.
- [2] J.C. DICKSON, F.P. FREDERICK, A Decision Rule for Improved Efficiency in solving Linear Programming Problems with the Simplex Algorithm. *Communications of A.C.M.* (Volume 3). N° 9, September 1960, pages 509 à 512.

LE « TELE-PROCESSING » ET SON INCIDENCE SUR LE TRAITEMENT DE L'INFORMATION

par J. MARESCHAL

I.B.M. Belgium

Déjà avant la guerre, l'IBM avait mis au point un système de conversion de cartes en bandes perforées pour permettre la transmission, par des réseaux télégraphiques, des renseignements contenus dans les cartes. En 1953 apparaissait le Data Transceiver qui pouvait effectuer les mêmes opérations sans l'intermédiaire de bandes perforées, d'une part en lisant dans des cartes perforées IBM et, d'autre part, en perforant à distance les mêmes renseignements dans d'autres cartes.

Ces dernières années, un nombre important d'équipements divers ont vu le jour — nous allons les examiner rapidement plus loin — mais aussi un concept nouveau a pris forme : celui d'une opération mixte où au traitement classique de l'information s'ajoute son acheminement rapide par télécommunication. C'est ainsi que le terme « Tele-Processing » est né et désigne dans le langage IBM deux opérations distinctes mais liées : la transmission d'informations par des lignes de télécommunication en vue de leur traitement par un ensemble mécanographique : machines classiques ou ordinateurs.

Les éléments du Tele-Processing.

L'étude du Tele-Processing comporte donc trois parties importantes :

- le système de traitement de l'information,
- les moyens de télécommunication,
- les appareils terminaux.

1. *Le système mécanographique* de traitement de l'information (que nous n'examinerons pas ici) reste cependant le facteur déterminant dans le choix des autres composantes.

2. *Le réseau de communication* qui pourra être la radio, la télévision, ou les communications par fil : télégraphe, télex, téléphone privé ou public.

Bien entendu, c'est ici que résident les problèmes les plus délicats du Tele-Processing. Aux difficultés ordinaires de télécommunication s'ajoutent

des contraintes supplémentaires qu'impose la transmission d'informations numériques, avec la sécurité et la densité voulues.

La sécurité doit être totale ou tout au moins telle que, malgré les perturbations sur la ligne, la garantie subsiste que l'information reçue est bien identique à celle qui a été émise.

Quant à la vitesse d'émission ou densité d'informations, elle devrait atteindre dans certains cas les vitesses courantes de lecture et d'écriture sur bande magnétique (pour l'instant 62.500 caractères/seconde).

Ces deux conditions sont dès à présent suffisamment remplies pour que nous puissions estimer que les techniques actuelles de communication n'offrent plus d'obstacle au Tele-Processing.

Il faut aussi souligner le fait qu'indépendamment de ces difficultés les télécommunications existantes représentent aussi un aspect des plus encourageant car elles ont l'immense mérite d'exister à travers le monde en un réseau extrêmement dense. Trente-cinq mille compagnies aux Etats-Unis exploitent septante-trois millions de postes de téléphone reliés entre eux par trois cent cinquante millions de kilomètres de câble.

En Belgique, neuf cent mille abonnés au téléphone et plus de deux mille au télex, sans compter les communications télégraphiques et les lignes privées (chemin de fer, etc.), représentent aussi un réseau spécialement touffu auquel il faut ajouter les possibilités des communications internationales.

Il faut aussi noter les développements futurs des techniques nouvelles, rayon optique concentré, liaison par satellites, etc.

3. On désigne par *appareils terminaux* les équipements qui reçoivent en bout de ligne les informations (de préférence sous leur forme originale) pour les émettre vers d'autres appareils de même genre qui, à l'autre bout de la ligne, les traduisent en une forme assimilable par des équipements mécanographiques.

Ces appareils sont nombreux et variés et avant de les examiner il convient de considérer quelques caractères généraux communs suivant lesquels nous pourrions les comparer les uns aux autres ou, mieux, juger leur adaptation aux problèmes à résoudre.

Caractères généraux des appareils terminaux.

1 Liaison « on line » ou « off line ».

Une première distinction peut se faire suivant que la liaison avec le centre de traitement de l'information est faite « on line » ou « off line ». Dans ce dernier cas, l'appareil terminal récepteur enregistre les informations sous forme de cartes, bandes perforées ou bandes magnétiques sans aucune

liaison avec l'équipement mécanographique. L'utilisation de ces renseignements se fera donc ultérieurement. Cette forme de liaison est actuellement la plus courante et elle a souvent le mérite de la simplicité et de l'économie.

La liaison « on line » ou « en direct » est celle qui entre l'information directement dans l'ordinateur. Elle doit nécessairement être rapide. Elle est rendue nécessaire dans certains cas, soit qu'il s'agisse de résoudre des problèmes en temps réel, soit que l'on désire relier deux ordinateurs travaillant solidairement ou en complément l'un de l'autre.

II. Modes d'implantation des données.

Le support de l'information dans l'appareil émetteur ou dans l'appareil terminal est un autre facteur de discrimination.

Beaucoup d'appareils n'admettent qu'un seul type de support : cartes perforées, bandes perforées ou bandes magnétiques. Mais ceci n'empêche cependant pas la compatibilité des appareils entre eux.

On rencontrera souvent par exemple un lecteur-perforateur de cartes, à un poste émetteur, relié à un lecteur-enregistreur de bandes magnétiques, à un centre de traitement.

Certains appareils par contre admettent plusieurs types d'information. C'est le cas du 1001 qui accepte des cartes pré-perforées et des données inscrites au clavier, ou du système 357 qui enregistre des renseignements provenant indifféremment de cartes pré-perforées, d'inscriptions manuelles ou d'appareils de mesure (horloges, balances, etc.). Cette dernière caractéristique est d'importance, car elle introduit dans le Tele-Processing la prise automatique d'informations par des appareils capteurs spécialisés.

Bien entendu, ces types d'appareils terminaux seront généralement lents puisqu'ils doivent transmettre, au centre de traitement, des informations dont la plupart sont inscrites manuellement, ou qu'il faut rassembler au fur et à mesure.

Le sens et la vitesse de la transmission représentent un troisième caractère distinctif.

L'émission peut se faire dans un sens unique : les renseignements affluent de divers centres de prise d'information vers le centre de traitement. Il s'agit en général d'appareils à implantation manuelle.

D'autres appareils par contre sont à la fois émetteurs et récepteurs et peuvent lire un type d'information (cartes, bandes perforées, bandes magnétiques) pour émettre vers un autre appareil de même genre ou d'un type différent, et inversement recevoir des informations venant d'un centre de traitement et les transposer en cartes, bandes perforées ou bandes magnétiques.

La comptabilité entre des appareils différents en bout de ligne est fort utile. Elle permet par exemple de résoudre simultanément le double problème de transport de l'information et de sa transposition d'une forme d'enregistrement dans une autre. Ainsi, des émissions à partir de cartes perforées sont enregistrées à distance dans des bandes magnétiques et vice versa. Ces appareils fonctionnent généralement à des vitesses moyennes mais peuvent dans certains cas atteindre des rendements très élevés : 15.000 à 62.500 caractères/seconde.

L'intérêt de ces liaisons à double sens apparaît surtout lorsqu'il s'agit de mettre en contact des services mécanographiques auxiliaires, même très modestes, avec un centre de traitement plus puissant. D'autre part, la liaison directe d'ordinateurs placés parfois à de très grandes distances et pouvant transférer des informations d'un lieu à l'autre à la vitesse de lecture de bandes magnétiques permet de considérer les équipements ainsi reliés comme formant une seule grande unité et de les utiliser indifféremment avec la même facilité que si ils étaient réunis en un seul endroit.

III. *Etude des équipements.*

1. *Le système 1001.*

Il s'agit d'un appareil émetteur très simple comprenant un téléphone standard pour établir la communication avec le centre de traitement de l'information, un modulateur transformant les données numériques en signaux téléphoniques et l'appareil proprement dit qui se compose d'un lecteur de cartes pour les indications pré-perforées, un clavier numérique pour l'inscription des variables et un signal sonore avertissant l'opérateur de la disponibilité de la ligne, de la correction de l'émission ou des erreurs de transmission éventuelles.

Les émissions à partir d'appareils 1001 sont reçues à un centre mécanographique équipé d'une perforatrice 024 ou 026 spécialement adaptée par l'adjonction d'un démodulateur qui retransforme les signaux téléphoniques en impulsions de perforation sous le contrôle de la carte programme de la machine.

La vérification est faite par contrôle de redondance pour chaque caractère et par contrôle de longueur d'enregistrement pour chaque carte. On peut y ajouter le dispositif « self checking number » qui donne la même sécurité qu'en perforation directe quant à l'exactitude des codes numériques.

Cet équipement d'une extrême simplicité est d'un coût très modique. Il peut s'appliquer aux problèmes les plus variés (transferts de commandes, contrôle des stocks disséminés en plusieurs endroits, etc.).

2. *Le système type 357 de collection des données.*

Ici également, une perforatrice centrale 024 ou 026 équipée d'un démodulateur est reliée à des postes d'émission d'information qui peuvent comprendre un ou plusieurs des appareils suivants :

- un lecteur de cartes,
- un clavier d'inscription des données variables,
- des dispositifs d'enregistrement automatiques tels qu'une horloge donnant l'heure de chaque prise d'information, un lecteur de « badge » d'immatriculation ou des appareils de mesure tels que bascules, compteurs, etc.

Ce système a été conçu pour l'enregistrement direct des informations aux postes d'émission et leur centralisation immédiate sous forme de cartes perforées, aussitôt disponibles pour un traitement mécanographique.

Un autre avantage du système réside dans la simplification des inscriptions sur les documents de base, ou même dans la création automatique de ceux-ci grâce à la connexion des appareils enregistreurs à des machines à écrire. Ces dernières reprennent sous une forme imprimée tous les renseignements enregistrés.

Il y a ici, en plus des avantages propres au Tele-Processing, une économie considérable d'efforts et un excellent moyen de suppression d'un grand nombre d'erreurs dans les documents.

3. *Les lecteurs-perforateurs de cartes.*

Le modèle 065 existe déjà depuis une dizaine d'années. Il peut transmettre les renseignements contenus dans une carte vers un autre appareil similaire, soit par ligne directe, soit par ligne télégraphique ou téléphonique.

La transmission se fait à une vitesse constante de 14 colonnes/seconde.

Le modèle 1013, beaucoup plus récent et de conception différente, est également un appareil à cartes perforées exclusivement. Il émet ou reçoit des informations vers ou à partir d'autres appareils à cartes perforées, à bandes magnétiques ou il se relie directement aux ordinateurs 1401 ou 1410.

Le nombre de cartes lues ou perforées varie suivant le type de circuit utilisé, le modèle de l'appareil mis en liaison et le nombre de colonnes dans les cartes. Une mémoire intermédiaire enregistre à la fois les informations avant la modulation ou après la démodulation ainsi qu'un programme d'opérations qui donne à cette machine toute sa souplesse d'utilisation.

C'est l'instrument idéal pour relier un service mécanographique décentralisé à d'autres services semblables ou à un centre plus important de traitement de l'information.

4. Les appareils à bandes magnétiques.

Les types 7701 et 7702 sont des lecteurs de bandes magnétiques. Leur densité d'écriture est de 200 caractères par pouce et leur vitesse de lecture ou d'enregistrement 150 à 200 ou 300 caractères par seconde. La vérification de la lecture comme de l'écriture se fait suivant les procédés communs au contrôle de toutes les bandes magnétiques : contrôle de validité pour chaque caractère et vérification longitudinale par enregistrement. En cas de détection d'erreur, il y a reprise automatique de tout l'enregistrement.

La transposition des renseignements contenus dans des cartes sur des bandes magnétiques et vice versa est aussi fréquente.

Lorsque ces opérations s'accompagnent d'un problème de transmission à distance de ces mêmes renseignements, le type 7701/2 est l'instrument idéal d'exécution puisqu'il permet de résoudre simultanément l'une et l'autre de ces opérations.

Il faut signaler également l'existence du type 1945 qui est un lecteur de bandes magnétiques ultra-rapide. Grâce à une émission parallèle sur sept canaux et la modulation par ondes ultra-courtes, des liaisons normales ont pu être établies entre des centres d'ordinateurs distants de plusieurs centaines de kilomètres. Ces liaisons sont faites actuellement à des vitesses allant jusqu'à 62.500 caractères/seconde, c'est-à-dire la vitesse normale de lecture de bande magnétique dans un ordinateur.

On voit tout l'intérêt de semblables liaisons. Des centres d'ordinateurs géographiquement séparés pourront fonctionner comme s'il s'agissait d'un seul ensemble et transférer les surcharges de travail d'un équipement sur un autre ou exploiter simultanément les mêmes données.

5. Connexions directes avec l'ordinateur.

L'appareil 1009 est un des composants possibles d'un ordinateur 1401 ou 1410 et fonctionne sous le contrôle de l'unité centrale.

D'une part, il a directement accès à travers la mémoire à ferrites à tous les organes de l'ordinateur : lecteur, imprimante, disques magnétiques, etc. D'autre part, il est relié à un modulateur qui le met en communication par ligne téléphonique, télégraphique ou privée avec un poste émetteur ou récepteur éloigné.

Cette liaison directe donne l'accès immédiat à l'ordinateur de toutes les informations transmises à distance et émises par des lecteurs rapides de cartes (1013) ou de bandes magnétiques (7701/2). Dans certains problèmes, un tel accès est souvent fort utile et parfois indispensable.

Applications.

Le domaine d'application du Tele-Processing est à la fois varié et vaste. Ainsi, toute entreprise, administration ou organisme ayant une activité géographiquement dispersée et devant rassembler des renseignements pour les traiter trouvera un intérêt considérable dans la transmission de ces informations par Tele-Processing.

Ce sera le cas des grandes banques en liaison avec leurs agences, des magasins à succursales multiples, des sociétés d'assurances en rapport avec leurs courtiers et leurs agents, ou des usines dispersées d'une grande entreprise industrielle.

Mais le Tele-Processing déborde largement le cadre d'une seule entreprise. Les rapports entre organismes différents sont constants et multiples. L'établissement d'un système de Tele-Processing entre eux pour canaliser et régulariser ces échanges peut conduire à des formes de collaboration extrêmement fructueuses. C'est ainsi qu'on peut concevoir la Bourse des Valeurs communiquant par Tele-Processing à tous ceux qui en ont l'usage, presse, banques, agents de change — non seulement la cote qu'elle établit, mais encore un certain nombre de données connexes qu'elle aurait calculées avec certitude pour compte de tous. Il en résulterait une économie de travail et un gain de temps appréciable (1).

Dans d'autres circonstances, le Tele-Processing devient indispensable et certains problèmes ne pourraient être résolus sans le recours à cette technique sous une forme ou l'autre.

C'est le cas des opérations en « temps réel ». Qu'il s'agisse de régulariser le flux du trafic dans une ville ou de suivre un satellite artificiel pour décider du moment de sa rentrée dans l'atmosphère, un nombre considérable d'informations doit pouvoir être transmis à distance et traité instantanément par l'ordinateur. Le Tele-Processing constitue le circuit le plus direct.

Enfin, même le facteur éloignement, en Tele-Processing, est une notion fort relative et, sans qu'il soit question de distances considérables, on peut utiliser ce système dans le cadre réduit d'une usine ou d'une grande administration pour noter les informations à leur point d'origine tout en les enregistrant au centre de traitement. Il en résulte un gain de temps, une économie de documents et une organisation plus intégrée du traitement de l'information.

(1) La New York Stock Exchange vient de décider de mécaniser ses opérations sur la base que nous venons de décrire.

Le contrôle de la fabrication, dans le sens américain de « process control », suivant l'acheminement du produit stade par stade et donnant une vue générale de la situation à tout instant et en chaque point est une des belles applications du Tele-Processing sur des distances très courtes.

Mais l'exemple qui, récemment, a le plus frappé le monde est celui du Panamac, système que va installer la Pan American Airways en collaboration avec l'IBM pour établir à travers le monde un réseau de réservations ultra-rapide des places d'avion. Cent quatorze postes d'interrogation dispersés à travers les Etats-Unis et les principales villes des cinq continents sont reliés directement à un centre de traitement de l'information à New York. Celui-ci comprend deux ordinateurs IBM 7080, huit armoires à bandes magnétiques, huit unités 1301 de disques magnétiques représentant une mémoire à accès direct de 400 millions de caractères, et deux équipements auxiliaires 1401.

L'interrogation à partir de n'importe quel point du globe est quasi instantanée, la réponse est donnée en 5 secondes environ et l'enregistrement de l'opération se fait simultanément.

Ce Tele-Processing des réservations (6 millions de voyageurs par an) est le point de départ de nombreuses applications qui en découlent automatiquement comme les listes de passagers, les programmes de vols, les statistiques commerciales, l'étude de rentabilité, etc.

Mais ce que l'on ignore souvent, c'est que le même réseau sert à la transmission d'une multitude d'autres informations. Plus de 65.000 messages par jour sont ainsi lancés sur le réseau et l'ordinateur devra les redistribuer à la manière d'une centrale téléphonique. En outre, le traitement intégré des travaux de gestion et d'administration sera également réalisé grâce à la centralisation par les mêmes voies de toutes les informations concernant le stock de pièces de rechange (150.000 articles, 100 magasins éparpillés sur le réseau mondial, 70 millions de dollars), le personnel (50.000 employés), les traitements.

En résumant ainsi en quelques mots le système Panamac, nous n'avons cité que les applications essentielles d'un ensemble de travaux techniques, commerciaux et administratifs effectués à partir d'informations recueillies dans le monde entier et acheminées instantanément par le Tele-Processing au centre de traitement. Mais si cet exemple est spécialement frappant, l'échelle à laquelle il est réalisé ne doit pas faire perdre de vue que, dans les limites nationales, régionales, urbaines ou même localement, le Tele-Processing peut, toutes proportions gardées, rendre des services équivalents.

IMPORTANCE DE LA CAPACITE DE MEMOIRE POUR LA SOUPLESSE D'UTILISATION DES PETITES CALCULATRICES SCIENTIFIQUES

par A. KETTERER

SEPSEA (Paris)

Les techniques électroniques et assimilées ont apporté, dans le domaine du calcul scientifique, rapidité, automatisme et universalité.

L'automatisme et l'universalité, en fait, peuvent être considérés comme une seule et même chose, car ils s'obtiennent principalement, tous deux, par le développement de la capacité de mémoire.

La rapidité, par contre, dépend certes de la rapidité intrinsèque des circuits, mais aussi du temps d'accès aux organes de stockage.

Or, dans l'état actuel de la technologie, il n'est pas encore possible de réaliser de grands organes de stockage à temps d'accès très court pour un prix raisonnable.

Les très gros ensembles pour lesquels cette question de prix n'intervient pas réunissent ces deux qualités. Mais quand il s'agit de concevoir une petite calculatrice, le constructeur doit faire un compromis ou un choix : rapidité ou grande capacité de mémoire, choix qui dépendra des applications auxquelles est destinée la machine.

Dans le cas de traitement de l'information en temps réel, par exemple dans les calculatrices industrielles destinées à mettre en marche, suivre et corriger des machines-outils, ou bien s'il s'agit d'exploiter des programmes de calcul dont le nombre d'instructions n'est pas trop élevé mais dont le temps de passage est considérable, le critère rapidité est primordial.

Par contre, dans le cas où l'organe de stockage doit contenir un programme encombrant, comportant un grand nombre d'instructions, ou encore s'il s'agit de conserver en permanence toute une batterie de programmes de routine et de service, un traducteur automatique des formules, etc., tous destinés à faciliter la mise en œuvre de la machine, le choix se porte alors sur une grande capacité de mémoire.

Nous allons donc étudier trois domaines d'utilisation des petites calculatrices pour lesquelles le volume des programmes à conserver simultanément impose un organe de stockage de grande taille.

Ces trois domaines originaux sont :

- l'utilisation en porte ouverte,
- la mise au point de programmes destinés aux très gros ensembles,
- l'enseignement du calcul numérique et de la programmation.

Machine en porte ouverte.

On parle de fonctionnement en P.O. ou en libre service lorsque la programmation et la mise en œuvre de la machine sont effectuées par les ingénieurs et les chercheurs eux-mêmes. Cela suppose évidemment que les problèmes qu'ils traitent ne soient pas trop longs et compliqués, auquel cas ils seraient alors confiés à une équipe spécialisée.

Les caractéristiques d'une machine en libre service sont les suivantes :

- ses utilisateurs sont nombreux et non spécialisés dans la programmation et la manipulation des calculatrices électroniques,
- leurs problèmes sont de nature très variée (mathématiques, physiques, techniques), non répétitifs, de précisions diverses, plus ou moins fréquents et urgents.

Compte tenu de ces caractéristiques, la calculatrice devra être automatique afin de pouvoir être mise en condition et manipulée par des non-spécialistes et universelle pour être en mesure de résoudre tous les problèmes qui lui seront soumis.

L'usage est de qualifier d'automatique tout matériel apportant une réduction d'intervention humaine. L'automatisme intégral serait atteint si aucune intervention n'était plus nécessaire.

Dans le cas des calculatrices, cela supposerait que toutes les situations possibles ont été prévues à l'origine.

A l'intérieur d'une spécialité c'est possible car le nombre de situations est limité; par contre, il est très grand pour une calculatrice universelle. Il faut donc la préparer extérieurement à traiter les problèmes nouveaux.

Cette préparation comprend :

- un travail intellectuel qui est la rédaction d'un programme,
- un travail manuel : mise en condition de la machine — introduction du programme et des données — manipulation d'exploitation.

La rédaction du programme étant le plus gros travail, il faut donc un langage de programmation beaucoup plus proche du langage mathématique des ingénieurs que du code interne de la machine. Ce langage symbolique

est appelé aussi traducteur automatique des formules, compilateur ou compilateur.

Une calculatrice serait universelle si elle pouvait résoudre directement n'importe quel problème. Mais il y a bien sûr des limites : dans ce domaine aussi l'absolu n'existe pas.

Une universalité satisfaisante est obtenue lorsque le jeu des opérations machine élémentaires est suffisant pour permettre n'importe quelle transformation des données numériques ou d'informations quelconques.

Le champ d'applications d'une calculatrice sera donc d'autant plus étendu que les possibilités de stockage du programme principal, des données et de tous les programmes de routine seront plus grandes.

Il faudra donc avoir en permanence dans la machine :

- un compilateur très élaboré,
 - tous les programmes de routine, c'est-à-dire les opérations mathématiques et les fonctions non câblées (opérations en virgule flottante, fonctions trigonométriques, ...),
 - les programmes de service destinés à faciliter la mise en œuvre et la mise au point : (machine de bureau, recherche et analyse d'erreur, ...),
- tout en laissant, bien sûr, une place suffisante pour les données et pour le programme-machine généré par le compilateur.

Sur la CAB 500 équipée d'un tambour magnétique de grande capacité, contenant 16.384 mots de longueur fixe de 33 positions binaires, le traducteur automatique des formules PAF occupe 2.000 mots, les programmes de routine et de service près de 7.000, ce qui laisse encore plus de 7.000 mots pour le programme généré et les données.

Outil de mise au point de gros programmes.

L'expérience montre qu'actuellement l'opération de mise au point de programmes représente de 30 à 40 % du temps de fonctionnement de très grosses calculatrices scientifiques. Ce sont bien évidemment des heures non rentables.

Cette mise au point est longue pour deux raisons principales :

- tout d'abord parce que les problèmes à traiter sont le plus souvent très complexes, mal définis et nécessitent des calculs préliminaires. Il faut alors déterminer plusieurs méthodes, les essayer sur machine et les comparer pour ne retenir que la meilleure,
- ensuite parce que la mise en œuvre d'un gros ensemble et la rédaction des instructions des programmes sont difficiles et que le programmeur ne peut dialoguer avec la machine, modifier directement des instructions ou sortir des résultats intermédiaires, ces opérations

manuelles étant beaucoup trop longues par rapport à la vitesse des calculs et l'heure machine coûtant très cher.

Bien entendu, tant que la saturation n'est pas atteinte, il est toujours possible de consacrer plus de temps à la mise au point, mais l'expérience montre que rares sont les très gros calculateurs qui sont sous-exploités et qui ne fonctionnent pas à plein temps.

L'emploi d'une petite calculatrice annexe s'avère donc pratiquement indispensable.

Nous concevons alors immédiatement que sa caractéristique essentielle sera de posséder un organe de stockage pouvant contenir un compilateur, les programmes de routine et de service et bien sûr l'ensemble du programme à mettre au point et ses variantes.

Le compilateur est indispensable, surtout au début lorsqu'il s'agit d'essayer différentes méthodes et de les comparer.

La méthode définitive ayant été déterminée, il s'agit ensuite de l'optimiser, de prévoir tous les cas possibles et de faire les tests de sécurité. Le programmeur peut alors dialoguer directement avec la machine grâce aux programmes de service : analyse du programme instruction par instruction, impression de ces instructions et des résultats intermédiaires, recherches des erreurs, exécutions partielles fonctionnement pas à pas.

Faisons une dernière remarque.

Il existe actuellement un grand nombre de langages symboliques et il peut être nécessaire de traduire le programme mis au point ainsi que la petite calculatrice en un langage compréhensible par le gros ensemble auquel il est destiné.

Enseignement.

Une calculatrice installée dans une université ou dans une grande école a deux fonctions à remplir.

Tout d'abord une fonction enseignement consistant :

- en travaux pratiques sanctionnant des cours universitaires ex-cathedra de mathématiques appliquées et d'analyse numérique ou des cours de programmation,
- en séance d'initiation d'élèves ingénieurs et d'ingénieurs confirmés en cours de recyclage.

Ensuite une fonction recherche :

- que ce soient des recherches théoriques de calcul et d'analyse numérique, par exemple des études de nouvelles méthodes de calcul matriciel,

— ou des travaux sur les structures et les langages des calculatrices électroniques, par exemple sur des nouveaux compilateurs ou traducteurs (programmation directe en Algol sur CAB 500).

Pour les travaux pratiques, la qualité essentielle demandée est une mise en condition très rapide; les séances étant limitées par des horaires stricts dus au nombre des étudiants, ceux-ci doivent pouvoir travailler immédiatement, dès leur arrivée auprès de la machine, sans être obligés de manipuler rubans perforés et bandes magnétiques.

Tous les programmes de routine doivent donc se trouver en permanence dans l'organe de stockage principal et d'accès direct. De plus, les étudiants étant maladroits et inexpérimentés par définition, de nombreux tests de sécurité doivent être prévus et programmés.

En ce qui concerne les travaux de recherche pure en analyse numérique, les mathématiciens n'ont ni le temps ni la compétence pour rédiger des programmes optimisés, ou pour essayer de les raccourcir par l'emploi de nombreuses boucles et itérations afin de les faire tenir sur un organe de mémoire trop justement dimensionné. Il leur est tellement plus facile et rapide de programmer linéairement.

Enfin, les études sur de nouveaux compilateurs et traducteurs symboliques sont très complexes et demandent une grande place en mémoire, les programmes à mettre au point ayant 2 ou 3.000 instructions.

Nous venons de passer en revue trois domaines d'application originaux des petites calculatrices, domaines pour lesquels la rapidité d'exécution n'a pas besoin d'être extrême.

Les qualités demandées sont une universalité assez poussée, une grande facilité d'utilisation et une zone de mémoire de travail importante.

Comme nous l'avons vu, ces trois qualités nécessitent un organe de stockage de grande capacité.

C'est un tambour magnétique de 16.000 mots qui a fait le succès de la CAB 500.

Le choix fait lors de sa conception a été justifié par la réputation acquise.

Et ses dernières extensions, CAB 502 équipée d'un tambour magnétique de capacité double de 32.000 mots et CAB 600 avec ses boucles magnétiques, seront des machines encore mieux adaptées si possible à ces trois domaines : libre service, mise au point de programmes et enseignement.

REFLEXIONS SUR LES SIMULTANEITES

par A. HANUSE

Bull-Belgique, S.A.

Préambule.

Les simultanités sont à la mode. Peu de constructeurs oseraient aujourd'hui négliger de mentionner ce terme dans le catalogue publicitaire de leurs fabrications. Il existe toutefois des degrés extrêmement divers de traitements simultanés et les quelques réflexions qui suivent ont pour but de mettre en évidence l'importance qu'il y a d'étudier les structures profondes des machines pour en dégager le véritable niveau que recouvre un vocable désormais généralisé.

Nous devons tout d'abord faire une distinction entre deux grandes catégories de simultanités : celles où différentes fonctions d'un même problème peuvent s'exécuter simultanément et que nous appelons « microsimultanités », et celles où plusieurs problèmes différents peuvent s'exécuter ensemble et que nous appelons « macrosimultanités ».

Microsimultanités.

Les premières machines à traiter l'information étaient conçues de telle sorte qu'à un moment donné une fonction, et une seule, pouvait être exécutée. On lisait un lot d'informations, puis on effectuait le traitement correspondant; puis enfin on éditait les résultats.

Cette structure n'était pas fort gênante pour la résolution des problèmes scientifiques qui se posaient à l'époque. Ceux-ci faisaient appel à peu de données, donnaient lieu à peu de résultats et le temps consacré aux entrées et sorties était aisément amorti par la masse de calculs qui intervenaient au milieu.

Lorsqu'on a abordé des problèmes dont la structure était totalement différente, comme les problèmes comptables par exemple, ce déséquilibre a

été rompu et le temps consacré aux entrées et sorties a pris beaucoup plus d'importance par rapport à un temps de traitement plus court portant sur des données constamment renouvelées et donnant lieu à des résultats très nombreux.

La première amélioration a consisté à exécuter simultanément les fonctions d'entrée, de traitement, de sortie. Il ne faut évidemment pas comprendre que les structures conçues dans ce but avaient pour résultat d'assurer la lecture d'un lot d'informations, le traitement de ce même lot et l'émission des résultats y afférents au cours d'une même période de temps. C'eût été totalement impensable. Le résultat obtenu était toutefois fonctionnellement identique car il est possible de lire un lot d'informations n , cependant que l'on traite le lot $n - 1$ et que l'on émet les résultats du lot $n - 2$.

Ce premier degré de simultanéité porte donc sur l'exécution simultanée des trois grandes fonctions pour lesquelles des organes distincts sont utilisés : organes d'entrée, de traitement, de sortie.

Il peut paraître curieux que les machines d'une seconde génération aient fait sur ce point un large pas en arrière et les premières machines à rubans magnétiques ont, en effet, abandonné les simultanéités décrites ci-dessus et en sont revenues à une structure purement séquentielle où le traitement succède à la lecture d'un bloc d'informations et où le renvoi sur ruban magnétique se situe après le traitement. C'est que les constructeurs croyaient alors que la grande rapidité du ruban magnétique les replaçait dans la situation initiale où la grande masse des traitements par rapport au temps de lecture et d'écriture permettait d'amortir confortablement ceux-ci. A l'heure actuelle encore naissent des machines basées sur cette structure. Les ensembles modernes sont pourtant, pour la plupart, équipés d'organes de traitement qui raccourcissent singulièrement les temps opératoires, ce qui rompt le déséquilibre et oblige à permettre la lecture, le traitement et l'écriture simultanés.

A un degré plus élevé, il faut situer les machines où la structure suivante a été adoptée. Au lieu de considérer trois grandes catégories d'organes distincts : entrée, traitement, sortie, on découpe plus finement les organes en catégories, on multiplie celles-ci et un plus grand nombre de simultanéités en est donc rendu possible. Un ensemble électronique comme le Gamma 60 différencie les fonctions logiques, arithmétiques, d'édition, de calcul d'instructions et permet dès lors une exécution simultanée de toutes ces fonctions.

Macrosimultanités.

Les simultanités définies plus haut avaient évidemment pour résultat d'accélérer la résolution d'un problème en exécutant simultanément plusieurs fonctions composant celui-ci.

C'est à un degré plus élevé encore que l'on aboutit lorsqu'un ensemble électronique est capable non seulement de ces microsimultanités, mais aussi d'exécuter ensemble plusieurs travaux différents.

Les plus élémentaires de ces ensembles électroniques autorisent ainsi l'exécution de travaux de conversion pendant l'exécution d'un seul programme principal.

Le Gamma 60 est allé plus loin en autorisant l'exécution d'un nombre quelconque de problèmes principaux en parfaite simultanéité. Deux grands problèmes se sont posés au constructeur : celui de régler, par un certain ordre de priorité, les problèmes de conflits entre plusieurs organes sollicitant la mémoire centrale et celui de permettre le rappel, par un organe sollicité plusieurs fois, des différents programmes demandeurs.

La pratique a montré qu'une telle organisation permettait le plus souvent de conserver à chaque programme sa durée propre malgré l'apparente concurrence d'autres programmes exécutés en même temps.

PUBLICATIONS REÇUES

ONTVANGEN PUBLICATIES

- 1) Canadian Operational Research. Vol. I, N° 1, déc. 1963.
- 2) Revue française de Recherche Opérationnelle, N° 28.
- 3) Opsearch. Vol. I, N° 1 (Operational Research Society of India).
- 4) Cuadernos de Estadística Aplicada e Investigación Operativa. Vol. II, Fasc. 3 et 4, 1963, Barcelona.
- 5) Bulletin de l'A.F.C.I.Q. (Association Française pour le Contrôle de la Qualité), N° 16.
- 6) Revue I.B.N., N° 1, 2, 3 et 4, 1964 (Institut Belge de Normalisation).
B.I.N. Revue, N°s 1, 2, 3 et 4, 1964, (Belgisch Instituut voor Normalisatie).
- 7) Operationele Research, jaargang 3. N° 1 (Sectie Operationele Research van de Vereniging voor Statistiek, Nederland).
- 8) Quality EOQC Journal, Vol. VII, N° 4, Winter, 1963.
- 9) Annales des Sciences Economiques Appliquées, 22^e année, N° 1, mars 1964 (Université Catholique de Louvain).

Prix de vente

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

Tarif de publicité
(4 numéros)

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

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

Publications d'articles

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

Verkoopprijs

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

Advertentietarief
(4 nummers)

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

De cliché-onkosten vallen ten laste van de adverteerders.

Publicaties van artikels

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