

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

**Vol. 4 - N° 3
JANVIER 1964**

**BELGISCH TIJDSCHRIFT VOOR STATISTIEK
EN OPERATIONEEL ONDERZOEK**

**Vol. 4 - N° 3
JANUARI 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. 4 - N° 3 - JANVIER 1964

VOL. 4 - N° 3 - JANUARI 1964

SOMMAIRE — INHOUD

E. ROBAYE. — Traitement statistique d'un problème différentiel d'orientation scolaire	3
Séminaire Sogesci (suite). — Sogesci Seminarie (vervolg).	
F. PETERMANS. — Diagrammes en 1401	19
G. TIBAUX. — Tendances actuelles en programmation automatique	27
Publications reçues. — Ontvangen publicaties	37
Nos échos. — Allerlei	38

BELGISCH TIJDSCHRIFT VOOR STATISTIEK
EN OPERATIONEEL ONDERZOEK

TRAITEMENT STATISTIQUE D'UN PROBLEME DIFFERENTIEL D'ORIENTATION SCOLAIRE

par Ed. ROBAYE,
Université libre de Bruxelles

Dans le courant de l'année 1959, 2.181 élèves, terminant leurs études secondaires inférieures (4^e), ont été examinés à l'aide d'une batterie de tests psychologiques ⁽¹⁾. On dispose également de tous les résultats scolaires de ces élèves.

Au cours de l'année 1960, on a relevé les résultats scolaires de ceux de ces élèves qui étaient passés dans la classe suivante de l'enseignement secondaire (3^e).

Le Ministère de l'Education nationale et de la Culture a demandé au laboratoire de calcul de l'U.L.B. (Prof. Paul Gillis) d'étudier ces documents. Il s'agissait d'une part de fournir un certain nombre de paramètres statistiques à propos des variables envisagées, et d'autre part de proposer une utilisation des résultats à des fins d'orientation.

Rappelons qu'il existe des classes de 4^e anciennes, 4^e modernes, 4^e techniques, 4^e familiales, et des classes de 3^e latin-grec, 3^e latin-sciences, 3^e latin-mathématiques, 3^e économiques, 3^e scientifiques.

I. Description de l'échantillon.

Nous classerons les informations fournies au sujet de chaque élève en deux classes :

1) Informations catégorielles.

- a) l'âge (14, 15, 16 ou 17 ans; âge normal : 15 ans);

(1) — 3 épreuves verbales : BV 8 (vocabulaire)
BV 16 (analogies de phrases)
BV 50 (analogies de phrases plus faciles que le BV 16)
— 2 épreuves non verbales : BINV 53 (données graphiques)
B 9 (données en terminologie scientifique)
— 1 questionnaire de contrôle des intérêts professionnels (R. Derivière)
— toutes les épreuves ont été appliquées dans la même semaine (fin du 2^e trimestre), du 23 au 27 mars 1959, par les conseillers directeurs de tous les centres psychomédico-sociaux et conseillers de régime français (au nombre de 12), dans toutes les écoles de leur ressort (57 classes), au niveau de la fin du secondaire inférieur.

- b) la section (anciennes, modernes, latin-grec, etc.);
 - c) le sexe;
 - d) la résidence (urbaine ou rurale);
 - e) le niveau socio-culturel des parents (primaire, secondaire inférieur, secondaire supérieur, universitaire);
 - f) la classe d'intérêts professionnels définie à partir des réponses au questionnaire (S = scientifique, 0 = indifférent, L = littéraire).
- 2) *Informations quantitatives* (8 variables).
- a) les résultats scolaires de fin d'année;
 - M_4 M_3 : résultats sur 100 en mathématiques, en 4^e et en 3^e;
 - F_4 F_3 : résultats sur 100 en français, en 4^e et en 3^e;
 - T_4 T_3 : résultats sur 100 Total de l'année, en 4^e et en 3^e.
 - b) les résultats aux tests
 - V : total des trois tests verbaux;
 - NV : total des deux tests non verbaux.

La répartition des 2.181 élèves de 4^e suivant les catégories retenues est la suivante :

Répartition par âge :

14 ans :	381
15 ans :	1.007
16 ans :	597
17 ans :	196

Répartition d'après les sections d'étude :

Anciennes :	713
Modernes :	1.015
Techniques et Familiales :	453

Répartition par sexe :

Garçons :	1.221
Filles :	960

Répartition par résidence :

Urbains :	885
Ruraux :	1.296

Répartition par niveau socio-culturel des parents :

Parents universitaires :	272
Parents « secondaire supérieur » :	358
Parents « secondaire inférieur » :	766
Parents « primaire » :	785

Les résultats au questionnaire « Derivière » se présentant sous une forme qualitative, comme les caractéristiques citées ci-dessus, nous donnons dès à présent la répartition qui y correspond.

Intérêt 0 : 944

Intérêt L : 513

Intérêt S : 724

Le tableau I donne, pour le groupe total et pour chacun des sous-groupes, la moyenne \bar{x} et l'écart-type s de la distribution des cinq épreuves relatives à la 4^e.

TABLEAU I

	Français		Math.		Total		V		NV	
	\bar{x}	s								
Groupe Total	64	10	61	15	67	9	183	36	83	19
14 ans	66	10	63	14	68	9	191	35	89	17
15 ans	65	10	61	15	67	9	185	36	85	19
16 ans	63	10	60	14	66	8	179	35	80	18
17 ans	63	10	59	16	66	10	173	35	75	19
Anciennes	68	10	63	15	69	9	204	31	92	17
Modernes	64	10	59	15	65	9	182	31	83	16
Tech. et Fam.	62	11	63	14	69	8	154	30	69	17
Garçons	63	10	59	15	65	9	182	35	85	19
Filles	66	10	63	15	69	8	186	36	81	18
Urbains	64	10	61	14	66	9	191	35	86	18
Ruraux	65	11	61	15	67	9	178	36	81	19
Niveau primaire	64	11	60	14	67	9	175	36	80	18
Niveau sec. inf.	65	10	61	15	67	8	184	34	83	18
Niveau sec. sup.	66	10	63	15	67	9	193	34	86	18
Niveau univ.	66	11	61	16	67	10	193	35	87	19
Intérêt L	67	10	59	14	68	9	192	37	83	18
Intérêt O	64	10	59	15	66	9	182	34	82	18
Intérêt S	63	10	64	14	67	8	179	36	84	19

A l'aide d'analyses de variance à un facteur de classification, nous avons testé les différences entre moyennes au niveau de chacune des classifications qualitatives, et cela pour chaque épreuve. On a pu constater que la plupart des tests conduisent à rejeter l'hypothèse de l'homogénéité des moyennes : sur 30 tests, 3 seulement sont non significatifs, 3 sont significatifs au niveau de probabilité $P = .05$ et les 24 autres sont significatifs au niveau de probabilité $P = .01$.

Ceci provient évidemment du grand nombre d'observations sur lequel sont basés les calculs de moyennes, ce qui nous permet de considérer comme significatives des différences même petites.

Pour l'utilisateur, le problème se posera alors de décider quelles sont les différences qu'il pourra considérer comme sans intérêt d'un point de vue pratique, bien que ces différences soient significatives.

Il nous semble qu'un critère de décision possible serait le rapport entre la différence maximum des moyennes au sein des sous-groupes d'une classification qualitative et l'écart-type intragroupe.

Si l'on considère par exemple les résultats scolaires totaux, on voit que les sous-groupes d'âge ont un écart-type de l'ordre de 8,8; les moyennes s'étalent de 65.88 à 68.38; leur différence, 2.50, représente donc les 28 centièmes de l'écart-type. Suivant que cette fraction est supérieure ou inférieure à une valeur fixée *a priori*, on pourrait conserver ou abandonner la classification en quatre groupes d'âge.

C'est dans cette perspective qu'il faut lire les figures 1 à 6. Chacune d'entre elles donne pour les différentes épreuves, et pour un critère de classification, les moyennes de ces épreuves rapportées à la moyenne générale et à l'écart-type intra-groupe ⁽²⁾.

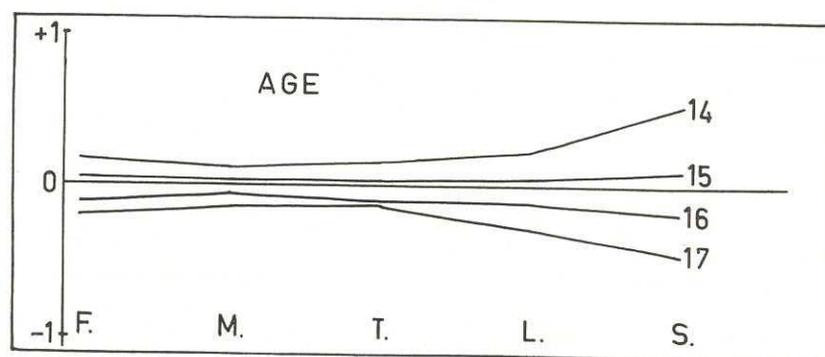


Fig. 1.

⁽²⁾ Les épreuves verbales étant normalement destinées à dépister les aptitudes littéraires sont désignées par L; les épreuves non verbales sont désignées par S (scientifiques).

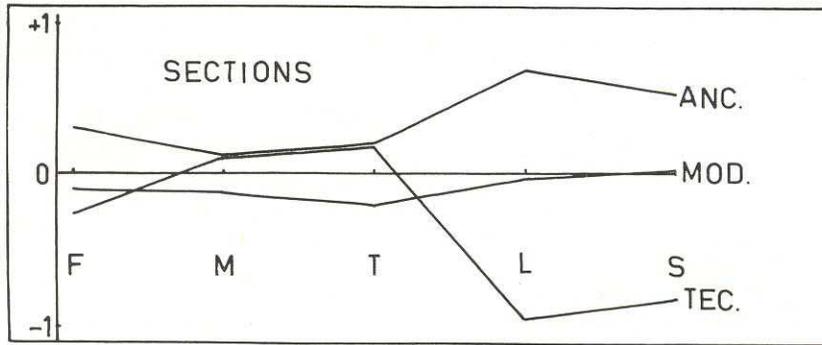


Fig. 2.

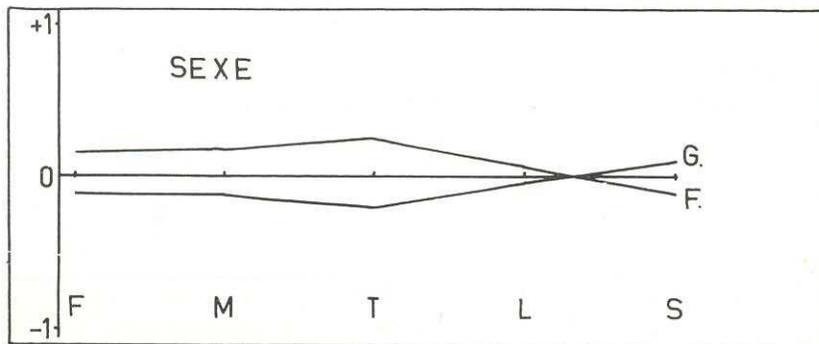


Fig. 3.

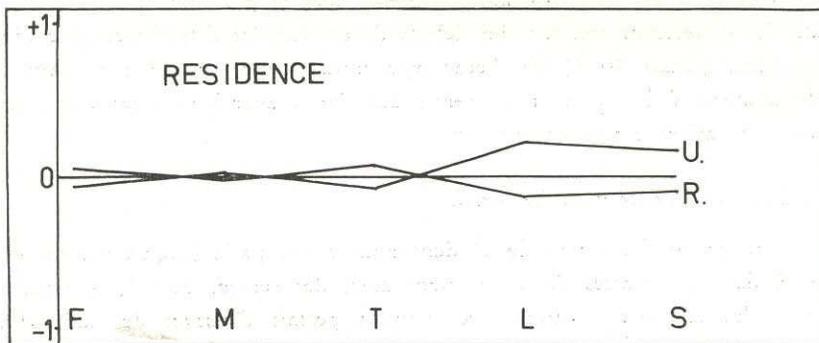


Fig. 4.

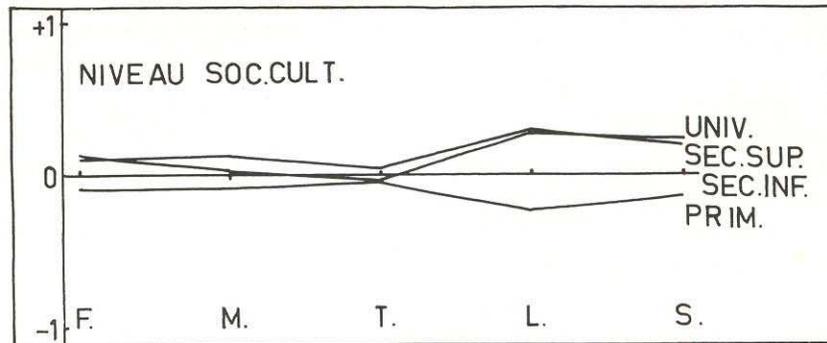


Fig. 5.

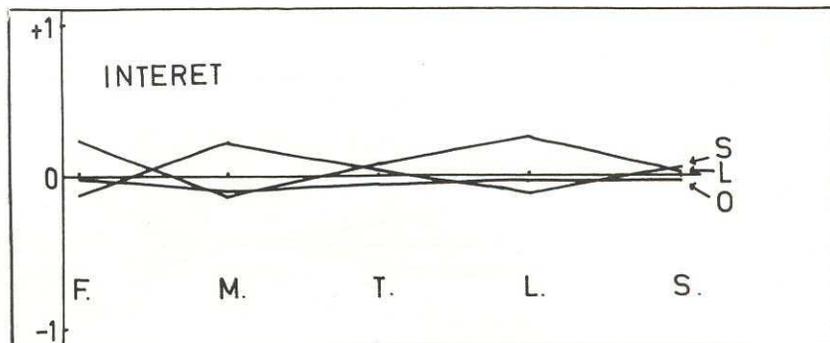


Fig. 6.

L'examen de ces diagrammes permet de constater que, dans l'ensemble, les différences sont plus importantes au niveau des tests qu'au niveau des résultats scolaires. D'autre part, les différences les plus importantes sont observées pour les tests NV aux différents âges et pour les tests V et NV dans les différentes sections. En dehors de ces cas, les différences observées n'excèdent jamais 50 % de l'écart-type intra-groupe, ce qui nous semble suffisamment faible pour nous sentir autorisé à abandonner les classifications qualitatives envisagées au départ.

II. Essais d'orientation différentielle.

Une partie des élèves de 4^e dont nous avons parlé jusqu'à présent est passée dans des classes de 3^e, relevant aussi des centres P.M.S., et nous a fourni des résultats scolaires. Ceci nous a permis d'essayer des méthodes de prédiction des résultats en 3^e.

Voici tout d'abord la répartition des effectifs suivant les différentes possibilités qui se présentent aux élèves. (La colonne « résidu » correspond aux élèves pour lesquels nous n'avons pas eu les résultats de 3^e).

TABLEAU II

	4 ^e Anciennes	4 ^e Modernes	4 ^e Techn. (1)	4 ^e Techn. (2)	Total général
3 ^e L. G.	169	9	—	2	
3 ^e L. M.	134	—	—	—	
3 ^e L. S.	55	—	—	—	
3 ^e Eco.	3	164	—	—	
3 ^e Sc.	22	144	—	—	
3 ^e Tech.	—	—	79	—	
Résidu	330	698	177	201	
Total	713	1 015	250	203	2 181

(1) garçons uniquement

(2) filles uniquement (4^e familiales).

Comme on peut le constater, certains effectifs sont fort faibles et ne nous permettraient par d'établir des étalonnages ou des pronostics valables. Nous les ferons par conséquent passer au résidu.

Nous éliminerons d'autre part les élèves de 4^e familiale qui ne permettent aucun pronostic.

TABLEAU III

	4 ^e Anciennes	4 ^e Modernes	4 ^e Techniques
3 ^e L. G.	A = 169		
3 ^e L. M.	B = 134		
3 ^e L. S.	C = 55		
3 ^e Eco.		E = 164	
3 ^e Sc.		F = 144	
3 ^e Tech.			H = 73
Résidu	D = 355	G = 707	I = 177
Total	$\alpha = 713$	$\beta = 1015$	$\gamma = 250$

Il nous reste alors le tableau III dans lequel figurent les effectifs et la lettre sous laquelle les groupes seront parfois désignés.

Exemple : le groupe A est constitué par 169 élèves qui sont passés de 4^e ancienne en 3^e latin-grec.

Nous avons vu précédemment que les variables qualitatives telles que le sexe, la résidence, etc. n'influençaient guère les moyennes. Nous avons fait l'hypothèse qu'il en était de même au sein des 3^{es}. Cette hypothèse a l'avantage d'éviter la multiplication des sous-groupes au détriment de leur effectif.

Nous fournissons dans le tableau IV les compositions des différents groupes ainsi que du tiers supérieur des groupes de 3^e au point de vue du

TABLEAU IV
Contrôle des compositions
du point de vue des variables qualitatives (en pourcents)

Groupe	Sexe		Résidence		Niveau soc.-cult.		Ages		Questionnaire d'intérêt		
	G	F	U	R	N+	N-	A+	A-	L	O	S
A	53	47	47	53	53	47	84	16	46	41	13
A sup.	42	58	37	63	51	49	93	7	40	40	19
B	70	30	49	51	48	52	87	13	14	44	42
B sup.	67	33	42	58	51	49	93	7	14	42	44
C	62	38	76	24	65	35	84	16	24	40	36
C sup.	35	65	70	30	65	35	95	5	25	40	35
	61	39	50	50	46	54	78	22	32	43	25
Total 4 ^e Anc. (avant sélection)	61	39	51	49	49	51	81	19	31	43	26
E	55	45	36	64	23	77	67	33	31	49	20
E sup.	38	62	39	61	20	80	75	25	26	52	21
F	60	40	37	63	31	69	67	33	14	31	55
F sup.	54	46	38	62	29	71	69	31	15	25	60
G	51	49	42	58	22	78	54	46	22	47	31
Total 4 ^e Mod. (avant sélection)	53	47	41	59	23	77	58	42	22	45	33
H	100	0	33	67	3	97	52	48	8	42	49
H sup.	100	0	35	65	4	96	58	42	12	46	42
I	100	0	19	81	8	92	44	56	6	33	61
Total 4 ^e Tech. (avant sélection)	100	0	23	77	6	94	46	54	7	36	58

sexe, de la résidence, du niveau socio-culturel (nous avons dichotomisé ce dernier en groupant ensemble, d'une part les niveaux universitaires et secondaires supérieurs, et d'autre part les niveaux secondaires inférieurs et primaires). Au point de vue des âges, A+ désigne les élèves d'âge normal ou avancé, A— désigne les retardés d'un ou deux ans. Les groupes correspondant au questionnaire d'intérêt sont désignés respectivement par L, 0 et S.

L'examen attentif du tableau IV permet de faire quelques constatations.

Fixons par exemple notre attention sur la variable « sexe ». Si l'on compare les groupes A, B, C (3^{es}) au groupe D (4^e), on voit que les garçons sont relativement plus nombreux en 3^e latin-math. et 3^e latin-sciences et relativement moins nombreux en 3^e gréco-latine qu'en 4^e ancienne. On peut aussi constater que parmi les meilleurs élèves de 3^e (1/3 supérieur), les filles sont relativement plus nombreuses que dans le groupe total correspondant de 3^e. De même, les garçons sont relativement plus nombreux en 3^e scientifique et économique qu'en 4^e moderne, mais les filles sont relativement plus nombreuses dans les groupes supérieurs de 3^e moderne que dans les 3^{es} modernes entières.

Pour la variable « résidence », on voit que dans les sections anciennes, et à l'exception de la 3^e latin-sciences entière, les ruraux sont proportionnellement plus nombreux en 3^e qu'en 4^e, et dans les groupes supérieurs que dans les groupes totaux de 3^e. En moderne, il y proportionnellement plus de ruraux en 3^e qu'en 4^e, mais les urbains réussissent sensiblement mieux.

Au point de vue de la variable « âge », il y a, d'une manière générale, proportionnellement plus de « normaux » et d'« avancés » en 3^e qu'en 4^e, et en tête de promotion, que dans les classes totales.

Les variables « niveau socio-culturel » et « questionnaire d'intérêts » ne semblent pas fournir de conclusions très évidentes.

Prédiction des résultats de 3^e.

Nous avons tout d'abord essayé de prédire les trois résultats scolaires à partir des cinq résultats de 4^e, et cela pour chacune des sections de 3^e. Ce travail impliquait l'analyse de matrices de corrélation de dimensions allant jusqu'à 5 sur 5. Il s'agit d'en extraire 75 coefficients de régression partiels. Ce travail a été fait par l'ordinateur du laboratoire de calcul, et a malheureusement mené à des résultats inutilisables. Aucune cohérence ne se manifestait dans la grandeur des coefficients de régression, ni même dans leur signe. Nous avons pensé que ce résultat était dû à des interférences entre

variables (le résultat total, par exemple, contient le résultat en français et en mathématiques), et d'autre part certains coefficients de corrélation sont affectés d'erreurs d'échantillonnage qui risquent de faire perdre leur sens aux résultats.

Devant cet état de choses, nous nous sommes tenu le raisonnement suivant :

- 1) le prédicteur « total 4^e » étant très bien représenté par les prédicteurs « français 4^e » et « mathématiques 3^e », nous nous contentons de ces deux derniers comme prédicteurs scolaires;
- 2) les prédicteurs « tests » étant très mal corrélés avec les critères de 3^e, nous ne les utilisons pas dans ce moment-ci du travail;
- 3) la multiplicité des critères étant plutôt un handicap, nous nous limiterons à la prédiction de « total 3^e ».

Dans cette perspective, on pourrait concevoir une orientation faite de la manière suivante : lorsqu'un élève de 4^e ancienne se présente à l'orienteur, celui-ci, à l'aide des résultats en français et en mathématiques de l'élève, peut prédire le résultat total que celui-ci obtiendra

- a) s'il passe en 3^e gréco-latine;
- b) s'il passe en 3^e latin-mathématiques;
- c) s'il passe en 3^e latin-sciences.

Le même travail peut être fait avec les élèves de 4^e moderne passant soit en 3^e économique, soit en 3^e scientifique.

Nous pouvons également, mais ici il n'y a plus lieu de faire un pronostic différentiel, prédire le résultat total en 3^e technique pour les élèves fréquentant la 4^e technique.

Ce procédé nous a amené à établir des diagrammes qui ont été obtenus de la manière suivante :

Considérons les équations permettant de prédire T_{3LG} , T_{3LM} et T_{3LS} pour les élèves de 4^e ancienne :

$$T_{3LG} = .3013 F + .2791 M + 27,8856$$

$$T_{3LM} = .6118 F + .2972 M + .4596$$

$$T_{3LS} = .3867 F + .2381 M + 19,9384$$

Considérons ensuite, dans un système d'axes (M, F), les droites d'équations :

$$T_{3LG} = T_{3LM}$$

$$T_{3LM} = T_{3LS}$$

$$T_{3LG} = T_{3LS}$$

Il est facile de montrer que ces droites, que nous appellerons séparatrices, sont concourantes, et qu'elles déterminent trois régions :

- 1) une région où $T_{3LG} > (T_{3LM}, T_{3LS})$
- 2) une région où $T_{3LM} > (T_{3LG}, T_{3LS})$
- 3) une région où $T_{3LS} > (T_{3LG}, T_{3LM})$

La seule séparatrice qui nous intéresse est celle qui sépare LG et LM, les deux autres tombant en dehors de la partie utile du diagramme. Son équation est :

$$.3105 F + .0181 M = 27,2260.$$

Dans chacune des régions il est possible de tracer des courbes de niveau à T constant. Il est donc théoriquement possible de faire l'orientation d'un élève de 4^e ancienne ayant obtenu M_0 et F_0 en cherchant le point de coordonnées correspondantes; la région dans laquelle tombe le point indiquera la section de 3^e vers laquelle il faut l'orienter pour être assuré qu'il obtiendra en 3^e un résultat total supérieur à celui qu'il obtiendrait dans toute autre section. La courbe de niveau indiquera la valeur de ce résultat (fig. 7).

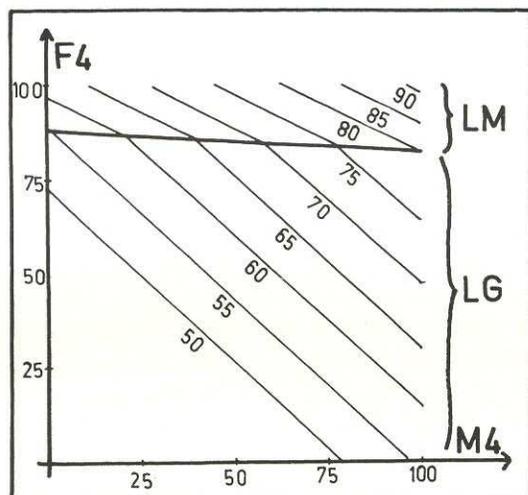


Fig 7

Le même travail effectué à propos des élèves de section moderne nous donne, pour les équations de prédiction :

$$T_{3Eco} = .3706 F + .2331 M + 21,8694$$

$$T_{3Sc} = .4715 F + .2447 M + 13,8761$$

et pour la séparatrice Eco-Sc :

$$.1009 F + .0116 M = 7,9933 \quad (\text{fig. 8})$$

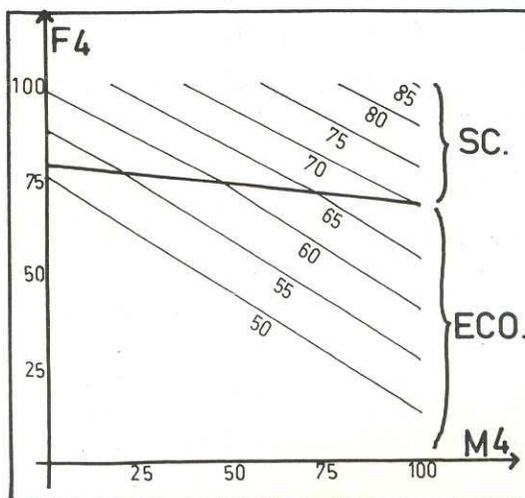


Fig 8

Au terme de ce premier essai, on a été amené à faire les remarques suivantes :

1) Le résultat « total 3^e latin-sciences » sera toujours inférieur au résultat « total 3^e gréco-latine » et « total 3^e latin-math. ». Ceci voudrait dire qu'en utilisant la méthode d'orientation suggérée ci-dessus, il ne faudrait jamais envoyer un élève en 3^e latin-sciences, quels que soient ses résultats en 4^e !

2) Pour un résultat donné en 4^e mathématiques, on peut constater que ce sont les élèves qui ont le meilleur résultat en français qui obtiennent le meilleur résultat en 3^e latin-math. Ceci voudrait dire par exemple qu'un élève médiocre en mathématiques et fort en français réussira mieux en 3^e latin-math, qu'en 3^e gréco-latine ! Une constatation identique peut être faite au niveau de la section moderne.

Nous pensons que ces résultats, apparemment paradoxaux, peuvent s'expliquer par le niveau moyen actuel plutôt élevé en latin-math, et plutôt bas en latin-sciences.

Analyse factorielle d'Hotelling.

Devant la situation décrite dans les paragraphes précédents, et en particulier devant les remarques qui terminent le dernier paragraphe, nous avons

décidé l'abandon du critère; il nous a semblé qu'il avait été utilisé au maximum et qu'il ne fallait pas exagérer son importance à cause de circonstances contingentes telles que le niveau actuel moyen des sections, l'attitude différentielle des professeurs vis-à-vis des sections, facteurs qui sont difficiles sinon impossibles à évaluer à l'aide des données dont nous disposons.

Nous nous sommes proposé alors de faire une analyse factorielle d'Hotelling sur les quatre variables de 4^e (français, mathématiques, tests littéraires, tests scientifiques) et cela, d'une part pour la section ancienne, et d'autre part pour la section moderne.

Rappelons en quelques mots en quoi consiste la méthode.

On se propose de remplacer les quatre variables ci-dessus, que nous appellerons « variables initiales » et qui sont corrélées entre elles, par quatre variables indépendantes, dites « variables d'Hotelling », et qui sont des combinaisons linéaires des variables initiales. On peut évaluer la « fraction de la variance totale » expliquée par chacune des variables d'Hotelling. D'autre part, pour des questions de facilité d'utilisation, il est possible de calculer les coefficients de telle manière que l'on ait, pour les variables d'Hotelling, la moyenne et l'écart-type que l'on désire. Nous avons pensé commode de choisir la moyenne 50 et l'écart-type 10, qui sont les valeurs correspondant au classique « T-score ».

Avant de donner les équations qui permettront de calculer les variables d'Hotelling à partir des variables initiales, faisons quelques remarques :

1) La première variable d'Hotelling est, comme on pouvait s'y attendre, une variable d'aptitude générale se présentant sous la forme d'une combinaison linéaire additive des variables initiales. Cette variable explique 49 % de la variance totale dans le groupe « anciennes » et 47 % dans le groupe « modernes ».

2) La deuxième variable est une variable d'attitude « examens » contre « tests ». Dans l'équation, le français et les mathématiques apparaissent avec un même signe, opposé au signe commun des tests littéraires et scientifiques. Cette variable explique 22 % de la variance dans le groupe « anciennes » et 24 % dans le groupe « modernes ».

3) La troisième variable d'Hotelling mesure une aptitude différentielle envers « activités scientifiques » et « activités littéraires »; le français et le test littéraire apparaissent dans l'équation avec le signe —; les mathématiques

et le test scientifique avec le signe +. Cette variable explique 18 % de la variance dans le groupe « anciennes » et 18 % également dans le groupe « modernes ».

4) La dernière variable d'Hotelling explique respectivement 10 et 11 % de la variance totale, mais n'est pas susceptible d'une interprétation pédagogique. Elle peut être considérée comme due aux erreurs d'échantillonnage.

5) La similitude des grandeurs trouvées dans les deux analyses d'Hotelling, tant du point de vue des fractions de variance que des grandeurs et des signes des coefficients, est un résultat encourageant qui permet de croire que les erreurs d'échantillonnage n'ont pas trop influencé les analyses.

6) Les signes des variables ont été arrangés de telle sorte que les valeurs élevées correspondent :

- pour la première variable, à une aptitude générale élevée,
- pour la deuxième variable, à une attitude orientée vers les examens plutôt que vers les tests,
- pour la troisième variable, à une attitude orientée plutôt vers les activités scientifiques que vers les activités littéraires.

Equations pour le groupe « anciennes ».

$$I = .40 F + .27 M + .10 L + .18 S - 30,87$$

$$II = .48 F + .30 M - .18 L - .36 S + 67,79$$

$$III = -.28 F + .22 M - .26 L + .43 S + 68,14$$

Equations pour le groupe « modernes ».

$$I = .38 F + .25 M + .11 L + .22 S - 27,46$$

$$II = .47 F + .34 M - .17 L - .33 S + 58,35$$

$$III = -.52 F + .33 M - .21 L + .43 S + 65,91$$

Essai de validation des variables d'Hotelling.

Il ne faut pas espérer que les variables d'Hotelling soient plus valides que les pronostics faits à l'aide de la régression multiple, puisque, par définition, ces derniers représentent un optimum dans le sens des moindres carrés. Nous avons pensé toutefois intéressant de mettre en relation les variables d'Hotelling et le critère en essayant de contourner les défauts du critère auquel il a été fait allusion précédemment.

Nous avons procédé de la façon suivante :

1) Au niveau du critère (résultats total de 3^e), nous avons partagé les observations en trois groupes : les « meilleurs », les « moyens », les « moins bons », et ceci pour chacune des cinq sections de 3^e. En fait, pour chaque section, nous avons pris le tiers supérieur, le tiers central et le tiers inférieur de chaque groupe.

TABLEAU V

	Variable I		Variable II		Variable III	
	Moy.	Ec. type	Moy.	Ec. type	Moy.	Ec. type
3 ^e LG int.	47,1	7,6	49,4	10,3	47,0	9,1
LG moy.	52,0	6,5	51,2	9,8	47,8	10,4
LG sup.	59,5	9,6	56,2	9,6	46,7	8,5
3 ^e LM inf.	50,8	6,7	46,7	6,6	54,3	9,6
LM moy.	55,2	5,9	50,0	9,9	53,3	9,0
LM sup.	64,1	6,1	53,1	7,8	53,5	9,8
3 ^e LS inf.	44,8	7,2	49,3	11,1	53,6	7,1
LS moy.	47,6	6,0	49,5	8,1	50,4	8,8
LS sup.	57,3	6,5	53,5	7,1	53,4	9,1
3 ^e Ec. inf.	49,8	7,5	49,0	8,8	48,1	8,9
Ec. moy.	51,1	7,0	50,0	9,7	48,5	8,6
Ec. sup.	56,5	8,2	56,3	8,3	49,9	7,9
3 ^e Sc. inf.	51,8	9,5	48,8	9,9	53,2	7,2
Sc. moy.	56,6	6,8	52,8	8,7	52,5	9,1
Sc. sup.	62,0	8,2	53,6	8,3	50,5	9,2

2) Pour chacun de ces groupes, et dans chacun des sous-groupes, nous avons calculé la moyenne et l'écart-type de chacune des variables d'Hotelling. Nous donnons ces valeurs dans le tableau V. Pour simplifier davantage, nous pouvons convenir de caractériser les élèves, non plus par ses trois valeurs des variables d'Hotelling, mais bien par un signe « plus » ou « moins » suivant que la valeur de la variable d'Hotelling est supérieure ou inférieure à la moyenne 50. Nous pouvons ainsi observer des « types » d'élèves du genre : (+++), (++-), +-+), etc.

On peut alors constater que les meilleurs élèves de gréco-latine et d'économique ont une configuration (+ + —), c'est-à-dire qu'en moyenne ces élèves sont de bons élèves, orientés vers les examens, orientés vers les activités littéraires. D'autre part, les meilleurs élèves de 3^e latin-math., latin-sciences et scientifiques ont une configuration moyenne (+ + +). Dans l'ensemble, il s'agit donc d'élèves doués, orientés vers les examens, orientés vers les activités scientifiques.

Les élèves « moyens » des différentes sections ont une configuration semblable à celle des bons élèves, mais d'une façon moins marquée. Une exception cependant : les élèves moyens de 3^e latin-sciences ont une configuration moyenne (— + +). Toutefois, si l'on mélange le groupe supérieur et le groupe moyen de cette section, la configuration moyenne est malgré tout (+ + +).

Les mauvais élèves de chaque section se caractérisent essentiellement par une première variable d'Hotelling inférieure à 50 (sauf toutefois en section scientifique, où elle est à peine supérieure à 50); la deuxième variable d'Hotelling est systématiquement inférieure à 50 pour ces mauvais élèves.

En résumé, la cohérence de ces résultats est encourageante et permet de penser que l'utilisation judicieuse des variables d'Hotelling peut effectivement aider l'orienteur dans sa tâche.

Séminaire Sogesci — Sogesci Seminarie

(Suite - Vervolg)

DIAGRAMMES EN 1401

par F. PETERMANS
S.A. Cockerill, Ougrée.

RISQUE D'ETOUFFEMENT

L'ordinateur 1401, dont nous allons parler, est en service à Cockerill-Ougrée depuis fin 1961. Ses caractéristiques physiques sont :

- une imprimante rapide (600 lignes/minute)
- un lecteur-perforateur de cartes (800 cartes/minute en lecture, 250 cartes/minute en perforation)
- 4 bandes magnétiques 729 II
- une unité centrale à 16.000 ferrites, avec tous les dispositifs spéciaux possibles : multiplication, division, advanced programming...

Le 1401 a des usages administratifs et scientifiques. Dans le domaine scientifique, cet ordinateur réalise les problèmes suivants :

- a) *problèmes techniques* posés par les bureaux d'étude de la Division Construction Mécanique et du Chantier Naval ;
- b) *problèmes statistiques et de recherche opérationnelle*.

Certains problèmes entraînent une analyse détaillée. Celle-ci implique une masse de chiffres et de résultats dont le dépouillement est long, fastidieux et susceptible d'annuler l'intérêt même de l'analyse.

Pour nous situer dans le caractère prospectif de ce séminaire nous croyons utile d'attirer l'attention sur ce danger. Pour être plus concret et plus pratique, nous allons développer une réalisation modeste mais qui placera le problème dans le cadre de l'adage bien connu : « Un petit croquis vaut mieux qu'un long discours ».

CALCUL D'HORAIRE DE LOCOMOTIVE

Un type de problème technique très fréquemment résolu à Cockerill-Ougrée est le *calcul d'horaire* établi pour toute fabrication de locomotives par nos ateliers de construction mécanique.

En quelques mots, ce calcul d'horaire consiste dans la détermination de l'évolution de quelques paramètres caractérisant les performances d'une locomotive tout le long d'un itinéraire fixé par le client.

Ces paramètres sont :

- a) la vitesse en chaque point, compte tenu des différentes contraintes relatives à cette vitesse (vitesse maximum par tronçon, vitesse maximum générale);
- b) la consommation maximum en carburant ;
- c) la pente en chaque point qui représente en quelque sorte le profil de la ligne ;
- d) le temps nécessaire pour atteindre chaque point.

Tous ces résultats, calculés de 25 m en 25 m, représentent un volume très impressionnant lorsque la ligne considérée est un peu longue, par exemple une centaine de km.

Nous avons pensé qu'il y aurait intérêt à écrire un programme qui permettrait de représenter ces résultats sous forme de diagramme, chacune des variables étant représentée dans ce cas en fonction de la variable x désignant la distance parcourue. Ce programme est le traceur de courbe, que nous allons vous décrire rapidement.

Premier programme :

Ce programme lit les cartes reprenant

- la valeur de l'abscisse x
- la valeur de 7 fonctions y_1, \dots, y_7 , 7 étant un maximum compatible à cette abscisse x .

Ces différentes valeurs sont exprimées en virgule flottante normalisée, c'est-à-dire sous la forme

$$ab. \overset{\pm}{xxxxxxx}$$

La mantisse $\overset{\pm}{xxxxxxx}$ représente le nombre ramené à la forme 0, $\overset{\pm}{xxxxxxx}$, et ab l'exposant de 10 majoré de 51. Par exemple, 1 est représenté $\overset{\pm}{51.10000000}$.

Les nombres « en flottant » occupent toujours 10 colonnes de la carte, on peut donc dans une carte introduire huit nombres en flottant, soit, comme dit plus haut, une abscisse et au maximum sept fonctions.

Remarquons que l'ordre de ces huit éléments est quelconque dans la carte. La position dans la carte des différents éléments est fixée par une carte contrôle chargée immédiatement après le programme.

Le premier programme a pour but de mettre en bande magnétique les données lues dans les cartes :

- a) en testant la validité des données entrées
- b) en mettant en place chaque variable sous la forme $ab.xxxxxxxx$ nécessaire pour pouvoir réaliser le tri séquentiel sur la valeur de x
- c) en ordonnant les différentes variables dans l'ordre x, y_1, y_2, \dots, y_7 .

Si les cartes mises en bande par ce programme n'ont pas été préalablement triées dans l'ordre croissant des valeurs de x , il sera nécessaire de procéder à un tri de bande au moyen d'un programme de tri de bande.

Il convient de prendre attention dans le cas où x peut prendre des valeurs négatives car la méthode de tri standard ne donnerait pas un classement correct des informations. Il faut alors :

- soit trier de façon distincte les valeurs positives (dans l'ordre croissant) et les valeurs négatives (dans l'ordre décroissant)
- soit faire un changement d'origine en ajoutant à chaque valeur de x une constante au moins égale à la plus grande valeur négative de x .

Le 2^e programme a pour but de tracer les diagrammes représentant les y_1, \dots, y_7 en fonction de la variable x .

Il utilise les informations mises en bande par le programme précédent.

Le tracé des diagrammes est défini par une carte contrôle chargée à la suite du programme et fixant notamment :

- 1) les limites, fixées par l'utilisateur, pour les variables y , c'est-à-dire la plus grande et la plus petite valeur de y que l'on veut voir apparaître. Il s'agit ici de limites *utiles* de y .
On pourrait faire déterminer les limites réelles de l'intervalle de variation des y au cours du premier programme mais, dans certains cas, on risquerait d'utiliser des intervalles de variation trop grands par rapport à la hauteur du diagramme.
- 2) Les limites de l'intervalle de variation de la variable x , c'est-à-dire les points entre lesquels on désire tracer le diagramme, soit la longueur du diagramme.

2) L'intervalle constant de variation de x à utiliser, soit Δx , la classe étant $2 \Delta x$.

4) Le nombre de fonctions à représenter.

Le programme démarre à la valeur de la limite inférieure de l'intervalle de variation de x , soit A .

Il recherche en bande toutes les informations relatives aux valeurs de x comprises dans l'intervalle $(A - \Delta x, A + \Delta x)$.

Si aucun point n'est trouvé dans cet intervalle, le programme imprime simplement la valeur de l'abscisse A , puis passe au point suivant de l'axe des abscisses, sinon les différentes valeurs de y_1, \dots, y_7 rencontrées dans l'intervalle $(A - \Delta x, A + \Delta x)$ sont mises en table après avoir été ramenées à l'échelle voulue.

Une fois l'intervalle balayé, pour toutes les valeurs de y contenues dans le tableau, un caractère spécial est mis en mémoire d'impression suivant un calcul d'adresse réalisé par la machine, puis l'impression des sept fonctions est opérée pour l'abscisse considérée. Chacune des sept fonctions est représentée par un caractère spécial bien défini (*, □, ●, ...).

Si deux fonctions ont la même valeur pour une abscisse déterminée, c'est le caractère représentant la dernière fonction analysée qui y sera représenté.

Performances réalisées par l'ordinateur dans ces applications.

Citons quelques chiffres concernant l'utilisation du 1401 pour ce type de problème :

- le premier programme, pour la mise en bande des données à traduire en diagrammes utilise 4.000 ferrites et fonctionne à la vitesse de 400 cartes/minute
- le deuxième programme, qui réalise le tracé des diagrammes, utilise 6.000 ferrites et imprime
 - 400 abscisses par minute si on représente 1 seule fonction
 - 200 abscisses par minute si on représente 5 fonctions.

EXTENSIONS

Le programme que nous venons de vous décrire a été pensé en fonction du calcul d'horaire de locomotive. De ce fait, il souffre de certaines restrictions telles que :

- a) nécessité d'introduire les variables en nombres flottants normalisés

- b) emploi d'une seule échelle des ordonnées pour les sept fonctions à représenter
- c) dans l'intervalle $(x - \Delta x, x + \Delta x)$, on ne peut trouver plus de 20 points calculés.

Il serait possible de le généraliser en permettant

- a) d'introduire des variables sous une autre forme que le flottant normalisé, ce qui permettrait d'augmenter le nombre de fonctions examinées
- b) d'avoir une échelle d'ordonnées différente pour chaque fonction
- c) d'utiliser par exemple des échelles du type logarithmique
- d) d'augmenter le nombre de points calculés dans un intervalle $x \pm \Delta x$, mais ici on est toujours limité par la capacité de mémoire de la machine.

Développer cette question reviendrait à l'étude par approximations successives de point critique.

Ainsi, supposons qu'il s'agisse de résoudre un système d'équations transcendantes :

$$F_1(x, y) = 0$$

$$F_2(x, y) = 0.$$

Appliquons la méthode des tangentes : on sait que si on connaît une solution approchée $x = A$, on trace des tangentes aux deux courbes en ce point.

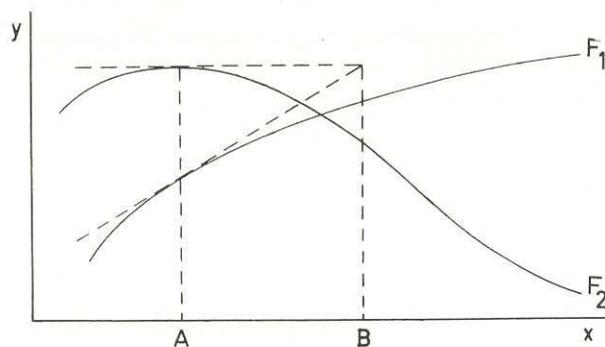


Fig. 1.

L'intersection des deux tangentes donnera un point B, qui est plus voisin de la solution que A (voir figure 1).

Le traceur de courbe permettra d'obtenir dans ce cas une image agrandie des représentations graphiques des deux fonctions dans la zone de la solution cherchée. Il suffira de repasser le programme 2 en introduisant une carte de contrôle définissant la zone à explorer.

On pourrait ainsi reprendre une série de méthodes de calcul numérique et en illustrer les applications à l'aide du traceur de courbe. Cette représentation permettrait de centrer l'attention du chercheur sur les nœuds essentiels des problèmes traités, lui économisant un temps considérable de manipulation de listings, cette économie de listings se répercutant à son tour sur le degré d'emploi de l'imprimante.

Nos préoccupations pratiques nous ont conduit à cette étude sur le 1401. Evidemment, les idées développées sont adaptables aux caractéristiques techniques d'autres ensembles électroniques.

En annexe, on trouvera deux exemples de problèmes résolus par les techniques que nous venons de décrire. En particulier :

- la figure 2 représente sur un tronçon du trajet l'évolution de quelques fonctions caractérisant la performance de la locomotive. Les abscisses représentent la distance parcourue de 50 en 50 mètres. A chaque fonction correspond une échelle des ordonnées qui lui est propre, mais non représentée sur la partie de diagramme reproduite.
- la figure 3 représente une illustration de la recherche des racines de quelques fonctions transcendantes ou de la recherche des solutions d'un système d'équations transcendantes. La partie du diagramme encadrée dans un carré pourra être analysée plus en détail par un agrandissement du diagramme.

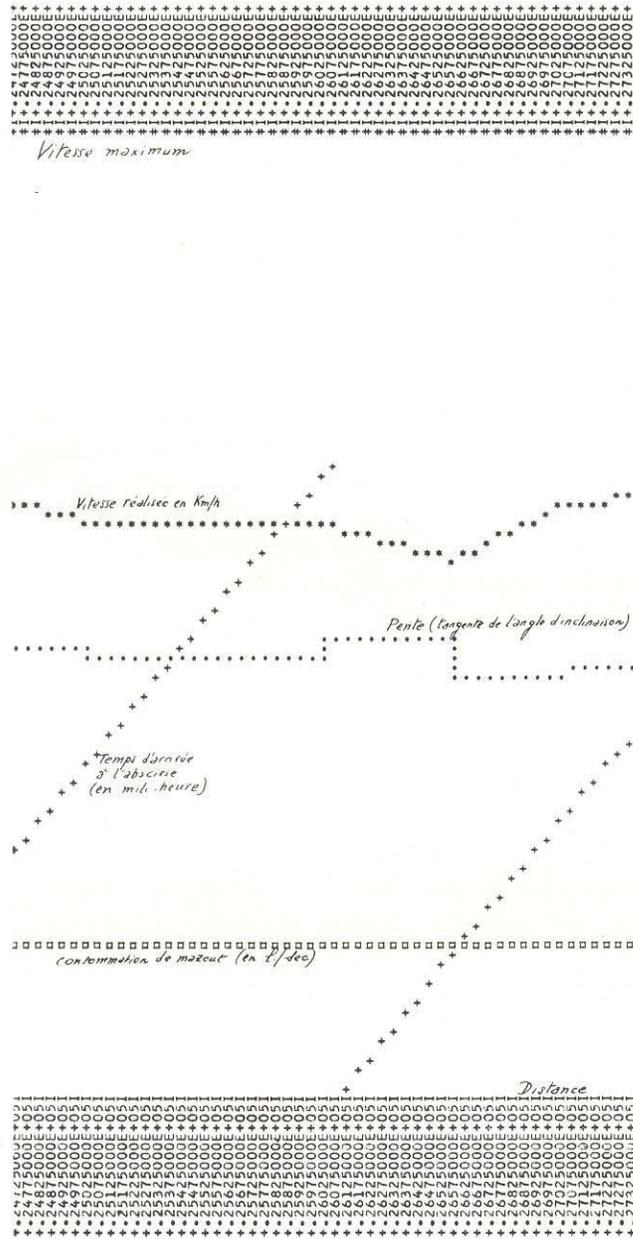


Fig. 2.

TENDANCES ACTUELLES EN PROGRAMMATION AUTOMATIQUE

par G. TIBAUX,
Université de Liège.

Le nombre et la qualité des services que peut rendre une machine à traiter l'information dépendent, pour une large mesure, de sa commodité d'emploi. C'est la raison majeure du développement considérable pris, en l'espace de dix ans, par la programmation automatique. L'ampleur du sujet ne nous permettrait guère d'en faire ici une étude exhaustive; nous nous bornerons donc à dégager quelques aspects caractéristiques illustrant l'évolution actuelle de ces procédés.

Nous en rappellerons brièvement les buts et les méthodes principales.

Le plus souvent, les langages-machine sont très analytiques, conventionnels, asservis à la structure technologique, et requièrent un gros travail de codification. L'objectif premier de la programmation automatique est de permettre la formulation des problèmes dans un langage plus synthétique, plus naturel, plus commode. Un programme approprié rendra la machine capable d'utiliser ce nouveau langage, soit directement, soit en transformant le programme d'origine en un programme machine, prêt pour l'exécution.

Deux procédés fondamentaux sont donc applicables, conjointement ou indépendamment, au traitement du langage d'origine. D'une part, le programme interprétatif, à chaque étape de la résolution du problème, tire directement du programme original les informations nécessaires à la poursuite du travail; il y a donc dans ce cas simultanéité entre la décodification du langage et l'exécution proprement dite du programme. D'autre part, le programme de traduction, préalablement à tout calcul, transforme le programme rédigé en langage source en un programme équivalent exprimé dans un autre langage: le langage objet. Ce dernier peut être, soit le langage machine, soit un langage intermédiaire destiné à une traduction ou une interprétation ultérieures.

L'exécution peut parfois suivre directement la traduction, mais il s'agit, de toute manière, de deux processus indépendants.

Les programmes de traduction peuvent se présenter sous diverses formes. Le programme de conversion réalise un simple changement de code, une modification de représentation sans altérer la structure du langage; par exemple, le passage du décimal au binaire, de la forme symbolique à l'écriture numérique des ordres. L'assembleur est capable d'incorporer au programme objet des sous-programmes ou des macro-instructions extraits de bibliothèque, et d'établir entre les diverses parties les liens nécessités par l'organisation logique du problème. Le compilateur effectue, outre les assemblages et transcodages, le passage d'un langage source à un langage objet ayant une structure logique profondément différente. De plus, du fait que l'utilisateur d'un compilateur peut presque tout ignorer de la machine objet, un tel programme est souvent intégré dans un système de programmation qui non seulement permet la préparation automatique des programmes, mais facilite encore leur mise au point, leur correction, leur enchaînement.

Le développement de ces diverses méthodes de traitement a conduit à l'élaboration de nombreux langages-sources. Au stade le plus élémentaire, les langages destinés aux seuls programmes de conversion ne sont souvent que des écritures plus plaisantes, plus mnémotechniques du langage machine : ils sont intimement liés à la structure du matériel. Au contraire, la souplesse du compilateur et du programme interprétatif permettent de l'affranchir des contingences technologiques; la commodité d'expression du processus à automatiser devient le but primordial. On passe ainsi des « computer oriented languages » (COL) aux « problem oriented languages » (POL), dans lesquels la variété des travaux effectués par les calculatrices a apporté de multiples spécialisations. Ainsi, pour les calculs numériques, on trouve des langages algébriques, tels Fortran ou Math-matic, pour les applications administratives et comptables, des systèmes comme Flow-matic, Comtran, Fact. La variété des structures de machine, les divers niveaux possibles entre le langage machine et l'expression la plus synthétique d'un problème, les particularités des divers problèmes, ont fait qu'actuellement plusieurs centaines de langages différents sont utilisés pour la programmation.

A partir d'un certain degré de perfectionnement, les langages sont indépendants des machines; ils peuvent donc jouer le rôle de moyens de communication. Il suffit en effet de disposer des programmes de traitement appropriés pour que, sans aucune modification, un programme écrit dans un tel langage puisse être directement utilisé sur plusieurs matériels différents. Les perspectives d'échanges ainsi offertes aux programmeurs étaient certes

des plus alléchantes; cependant, pour assumer cette importante fonction avec toute l'efficacité souhaitable, il fallait autre chose qu'une Tour de Babel où presque chaque utilisateur avait un langage, un système particulier de programmation. De cette nécessité est né l'Algol.

Le besoin d'un langage universel commun fut ressenti simultanément, en 1957, par l'ACM (Association for Computing Machinery) (U.S.A.) et la GAMM (Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik) (Allemagne). Un groupe de travail commun à ces deux associations publia, début 1959, un rapport préliminaire. L'intérêt suscité par ce document conduisit à un élargissement du groupe initial, et c'est une commission internationale qui élaborera la première forme définitive de ce langage algorithmique commun. En mai 1960, l'Algol 60 fut livré aux méditations des programmeurs.

Moins d'un an après, divers groupes, notamment des universités, avaient produit les premiers compilateurs destinés à ce langage. Les résultats d'exploitation encouragèrent les chercheurs à se pencher sur le problème et, à l'heure actuelle, de nombreux centres de calcul et la majorité des constructeurs disposent ou disposeront très prochainement de compilateurs Algol pour leur matériel. Simultanément, les échanges de programmes ont démarré, entre autres par la publication des algorithmes dans les Communications de l'ACM. L'usage de l'Algol se généralise, tandis que les anciens langages algébriques sont plutôt en régression.

Bien sûr, il ne suffit pas d'être le produit d'une commission internationale pour remporter un tel succès. Avant d'examiner sommairement les principales qualités qui ont motivé cette adoption universelle, rappelons que l'Algol 60 est avant tout conçu pour l'expression des algorithmes, des procédés de calcul. Il peut évidemment servir à décrire d'autres types de processus, mais ne constitue pas une panacée. Il n'est pas sans défauts, mais présente, sur les autres systèmes du même genre, des avantages certains.

Avant d'être une méthode de programmation sur machine, l'Algol est un moyen de communication, de publication et d'échange de programmes. Ceci exige que la syntaxe et la sémantique du langage soient parfaitement définies, indépendamment de toute compilation particulière. Ce but a été atteint, malgré quelques imperfections, et l'on peut dire que l'Algol met fin à l'époque où la seule définition complète d'un langage était le programmeur compilateur. Ce langage est d'autre part beaucoup plus indépendant de toute structure de calculatrice que la plupart de ses semblables; l'idée même de machine en est absente, au moins jusqu'à un certain point.

Les conventions d'écriture de l'Algol sont parmi les moins restrictives et les plus naturelles qui soient. On en a notamment éliminé toute limitation, que ce soit dans le symbolisme des variables, l'échafaudage des formules arithmétiques, les formes indicielles, les expressions d'organisation logique. Une telle généralité a été rendue possible, sans rien perdre de la rigueur des définitions, par l'emploi d'un formalisme récursif. En effet, non seulement l'Algol peut servir à exprimer un programme contenant des processus récursifs, mais en outre la définition même des éléments du langage est donnée de manière récursive.

On saisira plus facilement sur un exemple la nature et la portée de cette méthode. En Algol, les règles de formation des noms symboliques destinés à représenter les variables sont énoncées de la manière suivante :

$$\begin{aligned} \langle \text{identificateur} \rangle ::= & \langle \text{lettre} \rangle \mid \langle \text{identificateur} \rangle \langle \text{lettre} \rangle \\ & \mid \langle \text{identificateur} \rangle \langle \text{chiffre} \rangle . \end{aligned}$$

Le signe $::=$ marque l'équivalence, et le signe \mid remplace la conjonction ou. Cette règle signifie qu'un identificateur peut être formé soit par une seule lettre, soit par un autre identificateur suivi d'une lettre ou d'un chiffre. Un identificateur formé de N symboles est donc obtenu à partir d'un autre identificateur comprenant $N-1$ symboles, sauf pour $N=1$. Dès lors, il est possible d'utiliser, pour la définition d'un terme, ce terme lui-même. L'exemple choisi est bien sûr élémentaire, et l'on trouve, dans le rapport Algol, des échafaudages de définitions bien plus complexes, mais analogues, notamment pour les expressions arithmétiques dont certains éléments peuvent être d'autres expressions arithmétiques.

Le procédé a une puissance comparable à celle de la méthode de démonstration par récurrence en mathématiques théoriques. Il n'est d'ailleurs pas limité à la seule description formelle d'un langage, mais se transpose directement à la programmation. De même qu'une définition récursive se reporte à elle-même, un sous-programme sera appelé récursif s'il est capable de s'appeler lui-même sans aucune perte d'information. Il y a là un principe qui transcende le simple bouclage, et ce n'est certes pas le moindre mérite de l'Algol que d'avoir largement contribué à répandre ces notions.

Et cependant, la naissance de l'Algol 60 n'a pas mis un terme à l'élaboration et au perfectionnement des langages. Au contraire, les principes et les méthodes mis en lumière par le rapport Algol ont fréquemment servi de bases et d'outils aux créateurs de nouveaux systèmes. C'est qu'en effet, quoi qu'en disent ses adeptes les plus fervents, l'Algol 60 n'est pas capable de

tout exprimer. Et même, dans les cas où un processus est programmable dans ce langage, il est parfois souhaitable de disposer d'un outil spécialisé, mieux adapté, plus commode. Ainsi, alors que nombre de problèmes scientifiques se trouvent à l'aise dans une méthode qui fait fi de toute contingence technologique, les problèmes administratifs ou comptables, par leurs liaisons plus étroites avec le matériel, s'en accommodent plus difficilement. Les spécialistes savent fort bien que le mode de traitement d'un fichier peut être très différent suivant que l'on dispose de bandes magnétiques ou de la seule carte perforée.

Un groupe composé principalement de représentants des constructeurs américains de calculatrices, sous la direction du Département de la Défense de ce pays, a entrepris, depuis 1959, l'élaboration d'un langage destiné à jouer, pour ce genre de problèmes, un rôle identique à celui de l'Algol en calcul scientifique : c'est le COBOL (Common Business Oriented Language). Dans ce système, un programme destiné à traiter l'information est composé de trois parties. La division « procédure » décrit la succession des opérations traitement à effectuer. La division « données » expose la structure des divers groupes d'informations mis en jeu, leur répartition en fichiers, libellés, etc. La division « environnement » détaille la manière dont sont matérialisées, dans l'équipement utilisé, les différentes unités logiques impliquées dans le processus.

Si l'on désire faire passer un tel programme, écrit pour une machine déterminée, sur un autre matériel, il devrait suffire, en principe, de modifier la division « environnement » du programme de manière à l'adapter aux éléments physiques de la nouvelle machine. C'est malheureusement loin d'être toujours le cas ; souvent, il faut réviser la description des données, et parfois même apporter des changements dans la division « procédure ». Le langage lui-même comporte d'autre part des inconvénients d'écriture qui en alourdissent le maniement. Aussi Cobol est-il loin d'avoir suscité l'enthousiasme des utilisateurs de calculatrices. Après avoir été accueilli très fraîchement, il a néanmoins remporté certains succès ; mais d'autres langages adaptés aux mêmes types de problèmes gardent la faveur d'un nombre important de programmeurs. Malgré le travail constant des auteurs du Cobol pour perfectionner leur œuvre, il semble bien qu'un langage satisfaisant à toutes les exigences des travaux administratifs et comptables ne sera pas disponible avant un certain temps.

Autres applications, autres langages. Les nouveaux domaines où s'implante le traitement automatique des informations ont conduit à l'écriture de programmes décrivant des processus totalement différents du calcul scien-

tifique ou des problèmes de gestion. On a donc entrepris de développer des langages, très éloignés de ceux que nous avons cités plus haut, dont les opérations fondamentales et la structure logique sont spécialement adaptés à ces nouveaux problèmes. De nombreux travaux ont porté, notamment, sur des langages destinés à la documentation automatique, à la traduction automatique des langues — nous y trouvons entre autres le COMIT mis au point par l'équipe du MIT — ou aux techniques de simulation digitale, qu'elles soient appliquées aux processus industriels ou à la perception et l'intelligence artificielles.

Il faut encore mentionner ici des études plus théoriques, abordant par des méthodes proches de la logique formelle la synthèse de nouveaux langages ou l'analyse des langages actuels et de leurs propriétés. Les praticiens de la programmation ont parfois tendance à hausser les épaules devant des travaux de ce genre. Certes, on y rencontre bon nombre de voies sans issue, de publications sans lendemain, de spéculations sans utilité pratique. Toutefois, certaines de ces recherches ont été à l'origine de progrès importants tant dans la structure des langages que dans leur mise en œuvre sur machine. Il ne nous est pas possible, dans cet exposé, d'examiner ces questions de façon plus détaillée, mais nous croyons devoir attirer sur ce point l'attention des programmeurs. Si ces travaux doivent être abordés avec une certaine prudence, il serait dommage de vouloir les ignorer.

La multiplicité des langages et leur évolution rapide posent d'une façon très pressante le problème de la construction des programmes de traitement. En effet, si la programmation automatique avait permis de réduire considérablement la main-d'œuvre nécessaire pour préparer la résolution d'un problème sur machine, l'expansion même du procédé risquait de provoquer une nouvelle pénurie de spécialistes. De nombreux chercheurs se sont donc attachés à simplifier et à perfectionner les méthodes de rédaction des programmes interprétatifs et des compilateurs. Cette étude n'a pas été vaine. En effet, les premiers compilateurs destinés à des langages assez synthétiques sont apparus comme de véritables monstres, ayant requis un effort énorme : 30 années-homme, ou même plus (si toutefois ces chiffres n'ont pas été exagérés dans un but publicitaire). Mais, à l'heure actuelle, de nombreux programmes de traitement sont l'œuvre d'un seul homme et représentent moins d'un an de travail.

Parmi les procédés qui ont permis de réduire le volume des compilateurs et d'en accroître la souplesse, il faut mentionner en premier lieu l'emploi généralisé du stack, ou mémoire intermédiaire ayant une structure de pile, en sorte que le premier symbole que l'on retire de cette mémoire est

toujours le dernier que l'on y a placé. Ceci facilite entre autres le réordonnement des expressions comprenant plusieurs niveaux opératoires. Un recours intensif à la consultation de tables permet de rendre la structure logique de la traduction indépendante du langage objet. Les programmes de traitement de listes, non seulement évitent tout gaspillage de mémoire pendant la compilation, mais simplifient également les manipulations de tables. Enfin, surtout pour l'Algol, l'utilisation de sous-programmes fermés indépendants et récursifs, dont chacun peut appeler n'importe quel autre et en particulier lui-même, résout de façon élégante les problèmes posés par l'emboîtement des ordres.

Pour les petites machines qui ne disposent que d'une mémoire de l'ordre de 8.000 à 16.000 mots, sans mémoires auxiliaires à grande capacité, et ont le plus souvent un langage très analytique, les programmes interprétatifs restent très en vogue et sont fréquemment préférés aux compilateurs. En effet, l'insuffisance de la mémoire conduit non seulement à accroître le temps de compilation, mais aussi à demander, en cours de traduction, des manipulations qui deviennent vite sources de fautes. Au contraire, le caractère analytique du langage objet rend le temps de décodification par programme interprétatif très petit vis-à-vis du temps d'exécution des sous-programmes opératoires. Si le traitement d'un langage machine simplifié reste le domaine d'élection du système interprétatif, de telles méthodes ont également été appliquées, avec un rendement très honorable, à des langages synthétiques indépendants de toute structure de machine, notamment à l'Algol par Van der Poel.

Il convient encore de noter, parmi les études les plus récentes, une tendance qui vise à gagner un nouveau degré dans l'automatisation de la programmation par la mise au point de programmes générateurs de compilateurs; citons notamment, dans les travaux présentés au congrès IFIP 62, l'étude théorique de Paul et le système Tool d'Opler. Il s'agit donc de pouvoir produire, sans intervention humaine, un programme destiné à une machine déterminée et rendant cette machine capable de traduire un langage source donné en un langage objet également fixé. Le générateur idéal devrait être capable d'effectuer ce travail pour une machine et des langages choisis de façon quelconque et après avoir simplement reçu, sous une forme appropriée, une description de ces divers éléments. Si une telle perfection n'est pas encore atteinte, des résultats pratiques très encourageants ont déjà été obtenus.

En même temps que les méthodes de programmation, les machines elles aussi évoluent. Leur perfectionnement se traduit non seulement par une

amélioration des performances technologiques, mais également par une modification de leur organisation logique. Ainsi, à l'heure actuelle, la mode est à la simultanéité. La plupart des constructeurs ont introduit dans leur matériel la possibilité de fonctionnement en parallèle de plusieurs organes, et l'on rencontre fréquemment des dispositifs permettant, soit d'exécuter simultanément plusieurs programmes, soit tout au moins de satisfaire à certaines priorités. La programmation automatique doit s'adapter à cette évolution de manière à tirer des perfectionnements du matériel tout le rendement souhaitable.

Quelques essais ont donc été entrepris en vue d'élaborer des langages qui autoriseraient la description de processus comportant, soit des séquences simultanées, soit des fonctions prioritaires. Mais les efforts les plus nombreux portent sur l'adaptation des procédés de mise en œuvre des langages actuels en vue de tirer parti des nouvelles caractéristiques des machines. Par exemple, la plupart des compilateurs assurent, là où il est possible, le fonctionnement en parallèle des organes périphériques. Pourtant le caractère séquentiel de la majorité des langages dont on dispose ne se prête guère à l'introduction, lors de leur traitement, d'une simultanéité très poussée à l'intérieur d'un même programme. On s'est alors tourné vers l'exécution simultanée de plusieurs programmes différents. Cette dernière méthode pose, entre autres, un délicat problème de protection d'un programme contre toute perturbation provoquée par un autre programme et demande une affectation dynamique des mémoires qui n'est plus uniquement basée sur des motifs d'économie, mais est conditionnée à tout moment par l'état global des divers programmes en cours d'exécution. Des solutions ont déjà été proposées; elles exploitent, soit de nouveaux circuits, soit de nouvelles techniques de programmation.

Ceci n'est qu'un aspect particulier du développement parallèle des calculatrices, d'une part, des procédés de programmation automatique, d'autre part. Outil de travail dans l'exploitation des machines à traiter l'information, la programmation automatique est naturellement conditionnée par toute modification apportée à ces machines.

Mais l'influence inverse, quoique moins évidente, n'en est pas moins réelle : les recherches en programmation automatique ont plus d'une fois provoqué une évolution de la structure logique des machines. Cela provient de ce que les opérations de l'esprit impliquées dans l'élaboration d'un système de programmation ou l'établissement du schéma fonctionnel d'une machine sont formellement identiques. Nous voudrions simplement illustrer par un exemple cette réaction des langages sur les machines.

La notation dite polonaise fut introduite en 1929 par G. Lukasiewicz dans le but d'éliminer les parenthèses dans les expressions en algèbre logique, mais elle peut aussi être utilisée en algèbre ordinaire. Elle consiste simplement à placer le symbole d'une opération avant les deux opérandes au lieu de l'insérer entre ces opérandes. Ainsi :

$$\begin{array}{lll}
 a + b & \text{s'écrira} & + a b \\
 a \times b & & \times a b \\
 a + b + c = (a + b) + c & & + + a b c \\
 (a + b) \times c & & \times + a b c
 \end{array}$$

dans ces deux derniers cas, le premier opérande correspondant au signe de tête est constitué par l'ensemble $+ a b$ équivalant à $a + b$.

Cette notation fut utilisée par certains comme langage simplifié de programmation, après en avoir cependant inversé la forme : le symbole opératoire venait cette fois après les opérandes. En notation polonaise inverse, les exemples précédents deviennent respectivement :

$$\begin{array}{l}
 a b + \\
 a b \times \\
 a b + c + \\
 a b + c \times
 \end{array}$$

De même, si l'on considère le calcul d'une fonction comme une opération élémentaire à un opérande,

$$\log [(a + b)/(c + d)] \quad \text{devient} \quad a b + c d + / \log$$

L'avantage d'un tel mode de programmation réside dans le fait que les opérations sont notées exactement dans l'ordre de leur exécution sur machine. Dans le dernier exemple, la machine doit successivement, pour calculer la valeur de l'expression :

- 1 - appeler l'opérande a ;
- 2 - appeler l'opérande b ;
- 3 - en faire la somme et conserver le résultat;
- 4 - appeler l'opérande c ;
- 5 - appeler l'opérande d ;
- 6 - en faire la somme et conserver le résultat;

7 - calculer le quotient des deux résultats précédents;

8 - prendre le logarithme de ce quotient.

Des machines ont été construites en vue d'utiliser comme langage machine des représentations de ce genre : la KDF 9 de l'English Electric et la Burroughs B 5.000. L'unité arithmétique de ces machines comporte une mémoire intermédiaire ayant une structure de stack. L'ordre d'appel d'une quantité consiste à extraire ce nombre de la mémoire générale et à le placer au sommet de la pile.

Cet exemple est bien sûr un cas extrême et encore rare où toute la logique d'une machine est conditionnée par les caractéristiques d'un langage. Cependant, si l'on examine de près les matières actuellement sur le marché, on trouve nombre de détails, de petits perfectionnements logiques, ou même technologiques, qui ne s'expliquent que par le souci de faciliter la mise en œuvre des procédés de programmation automatique.

Nous ne voudrions pas terminer sans dire quelques mots d'un problème qui nous est particulièrement cher, car le Bureau des Langages du Centre de Calcul de l'Université de Liège s'est depuis quelque temps déjà attelé à sa résolution : il s'agit de la traduction automatique des programmes d'un langage machine dans un autre. Il arrive fréquemment, à la suite d'échange de programmes par exemple, que l'on dispose d'un programme en langage machine prêt à l'emploi pour une machine déterminée, et que l'on doit exécuter les calculs sur une machine d'un autre type. Or, la reconversion manuelle, comprenant d'abord l'analyse du programme d'origine et ensuite l'écriture d'un programme équivalent destiné à la machine dont on dispose, demande souvent un très gros travail au programmeur humain.

Le premier procédé de programmation automatique utilisé pour résoudre ce problème est l'interprétation, c'est-à-dire l'écriture d'un programme simulant sur la deuxième machine le fonctionnement de la première.

Toutefois, cette méthode, qui donne de bons résultats dans le traitement d'un langage de programmation simplifié, conduit à des pertes de temps considérables lorsqu'on veut l'appliquer à un langage machine. Si le calcul à exécuter est quelque peu répétitif, le rendement tombe à un niveau tel que la simulation doit être abandonnée.

La mise au point de programmes traducteurs effectuant sans intervention humaine la transposition de programmes d'un langage machine dans un autre langage machine, ou même dans un langage symbolique qui servirait d'intermédiaire et que l'on pourrait ultérieurement compiler, s'avère un

travail d'une grande ampleur, hérissé de nombreuses difficultés. L'un des principaux obstacles réside dans le fait que le passage d'un langage symbolique au langage machine implique habituellement une dégradation de l'information contenue dans le programme, alors que le passage inverse se propose de restituer cette information dans sa forme initiale. Evidemment, nous excluons le cas trivial où l'on désire passer d'une machine à une autre ayant une structure presque identique.

Des expériences récentes de traduction entre deux langages machines appartenant à des matériels de structures logiques profondément différentes ont donné des résultats encourageants. Les programmes traducteurs sont énormes; ils sont asservis à un cas particulier et aucune méthode générale ne peut encore s'en dégager. Il apparaît cependant clairement que le problème peut être résolu, et l'on doit s'attendre à des applications pratiques de ce procédé dans les prochaines années.

Ainsi, la programmation automatique, qui était partie de la simplification de l'écriture des programmes, gouverne déjà la plupart des communications entre machines. Elle a même réagi, par la mise au point de nouveaux langages, sur les communications entre hommes.

PUBLICATIONS REÇUES

ONTVANGEN PUBLICATIES

- 1) *Indagationes Mathematicae* - Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (Vol. XXIII, fasc. 1 à 5 - Vol. XXIV, fasc. 1 à 5 - Vol. XXV, fasc. 2).
- 2) *Revue IBN* (Institut Belge de Normalisation), n^{os} 11 et 12, novembre-décembre 1963.
BIN Revue (Belgisch Instituut voor Normalisatie), n^{rs} 11 en 12, november-december 1963.
- 3) *Annales de Sciences Economiques Appliquées* (Université Catholique de Louvain), n^o 5, décembre 1963.

**A propos de la 3^{me} Conférence Internationale
de la Fédération Internationale de Recherche Opérationnelle (IFORS)**

La troisième Conférence Internationale de l'IFORS, qui s'est tenue à Oslo du 1^{er} au 5 juillet 1963, a été incontestablement une réussite, du point de vue de l'information scientifique et des contacts entre chercheurs, deux objets fort corrélés, comme on le sait. L'organisation avait été conçue de manière à favoriser ces contacts : lunches en commun, logement du plus grand nombre de congressistes à la Cité Universitaire et — à proximité des salles de conférences — une salle de réunion spacieuse et confortable, spécialement destinée aux conversations et au travail « hors cadre ». Nous avons personnellement eu l'occasion de nouer ainsi des relations avec des collègues étrangers, relations qui continuent à porter leurs fruits par l'échange de travaux et par des projets de rencontres d'équipes de chercheurs, mais aussi de faire la connaissance ou plus ample connaissance de « chercheurs opérationnels » belges, et d'apprendre l'objet de leurs travaux... Même l'excursion en bateau a été un catalyseur de rencontres et d'entretiens. C'est une loi générale d'ailleurs que ce type d'excursions est, à cet égard, de grande efficacité.

Les congressistes n'ont eu qu'à se louer de l'amabilité des organisateurs et de leurs collaborateurs. Parmi les responsables de l'organisation, citons le si affable Monsieur Kreweras, dont ni le dévouement ni l'urbanité n'ont jamais été pris en défaut.

Vu l'abondance des communications, témoignage de la vitalité de la Recherche Opérationnelle, les « sessions » se tenaient parallèlement, à raison de trois ou quatre par demi-journée. Une seule parmi ces trois ou quatre sessions bénéficiait de la traduction.

Citons, parmi les centres d'intérêt, la programmation mathématique, les problèmes de trafic (y compris les problèmes d'attente et d'occupation), les critères de décision, la simulation, des problèmes de production et de gestion, les méthodes de prévision, les investissements à long terme, l'organisation de la recherche, des problèmes de mesure, la méthode d'input-output à l'intérieur des firmes, des problèmes d'achat et de vente, la santé, l'agriculture et la foresterie, et des applications militaires.

La programmation mathématique et le trafic ont fait l'objet, respectivement, de deux et de trois sessions, s'imposant ainsi comme des questions à l'ordre du jour.

C'est à propos de certaines communications relevant de ces deux catégories de problèmes que nous donnons ci-dessous quelques informations

fragmentaires. L'une ou l'autre de ces communications relèvent en fait des deux catégories.

La programmation mathématique.

Si la programmation non linéaire retient de plus en plus, et par la force des choses, l'attention des chercheurs, la programmation linéaire suscite encore bien des problèmes de réalisation pratique, de simplification et, partant, d'expérimentation sur machine, les évaluations s'exprimant, à cet égard, en termes de « performances ».

On retiendra notamment l'exposé, par P. Broise et P. Huard, de l'Electricité de France, de résultats d'expériences relatifs à la méthode de décomposition de Dantzig et Wolfe, celle-ci s'avérant réellement, dans bien des cas, comme très efficace et économique, un compte rendu, par L. Cutler et Ph. Wolfe, de la Rand Corporation, de plusieurs expériences sur diverses variantes de la méthode simpliciale, et la description, par A. Le Garff et Y. Malgrange, de la Compagnie des Machines Bull, d'un algorithme de résolution des programmes linéaires à valeurs entières, inspiré de méthodes booléennes, et permettant d'éviter certains inconvénients opératoires d'autres méthodes, description assortie, elle aussi, de résultats d'expériences.

A. Charnes, W.W. Cooper et K. Kortanek, de la Northwestern University et du Carnegie Institute of Technology, ont présenté un nouveau type de modèle, « la programmation semi-infinie », impliquant une dualité aussi précise et fine que celle de la programmation linéaire, et qui contient, en particulier, tous les modèles connus de programmation convexe. Ce modèle semble offrir un moyen de résolution effective de plusieurs problèmes non linéaires.

J.B. Rosen et J.C. Ornea, de la Compagnie Shell, ont décrit une méthode itérative de résolution de problèmes non linéaires se présentant notamment dans la mise au point de systèmes de fabrication et de transport. Elle est basée sur la décomposition des problèmes non linéaires indépendants relativement petits.

J.C.G. Boot et H. Theil, de l'Institut d'Econométrie de la Nederlandse Economische School, ont traité du problème de la maximisation d'une fonction quadratique définie, dans le cas où quelques-unes, ou toutes les variables, sont astreintes à prendre des valeurs entières. Ils ont décrit une solution simple, qui peut être considérée comme efficace lorsque le nombre des variables n'est pas trop grand.

Le Professeur R. Pallu de la Barrière, de l'Université de Caen, a présenté très clairement, quoique au pied levé, des recherches de D.C. Carton, de l'Electricité de France, sur l'adaptation de l'algorithme de Howard à la

résolution de processus de décision markoviens non stationnaires périodiques, tels qu'on en rencontre dans certains phénomènes saisonniers. Il a proposé aussi sa propre solution de pareils problèmes.

W.S. Jewell, de l'Université de Californie, à Berkeley, a montré comment on peut étendre assez considérablement le champ d'application de ce même algorithme de Howard, ainsi que de la méthode de programmation dynamique de Bellman, considérée dans son utilisation à la recherche de politiques transitoires optimales pour des processus de décisions discontinus markoviens. On peut en fait substituer aux chaînes de Markov des processus de renouvellement markoviens.

B. Roy, de la Société d'Economie et de Mathématique appliquée, de Paris, a signalé les possibilités qu'offre en programmation mathématique la méthode de description segmentée, qu'il avait présentée déjà, avec M. Simonard, dès 1961, dans la Revue Française de Recherche Opérationnelle, mais dont il a, depuis, approfondi l'étude.

Citons enfin l'excellence des interventions de J. Abadie, de l'Electricité de France, qui, dans la discussion de la communication de Roy, a rapproché la méthode présentée d'une méthode due à Fourier, et qui, à propos de l'exposé de Boot, a signalé l'intérêt éventuel, pour la question traitée, du célèbre lemme de la théorie des nombres de Minkowski, sur les systèmes d'inéquations diophantiennes linéaires.

Les problèmes de trafic.

Des sujets divers ont été traités, certains d'ordre essentiellement théorique ou méthodologique, d'autres consistant en l'étude de cas.

Arrêtons-nous d'abord aux premiers.

L. Kosten, de la Technische Hogeschool de Delft, a traité de problèmes de décision continus markoviens, tels qu'il s'en présente à propos de problèmes de réservation de places dans les compagnies de transport aérien. Il a présenté une méthode de recherche d'une politique optimale, qui diffère de la méthode de Howard.

P. Noar, de l'Institut de Technologie d'Israël et de l'Université de la Caroline du Nord, a présenté, dans la théorie des processus d'attente, des modèles très généraux faisant intervenir notamment des priorités et des interruptions de service. Il a énoncé, à leur sujet, plusieurs résultats d'intérêt économique.

J. Teghem a exposé les résultats sur des problèmes d'attente et d'occupation, dus à des chercheurs du Centre d'Etudes de Recherche Opérationnelle, de Bruxelles, et de l'Université de Bruxelles, résultats portant sur des problèmes de priorité, l'amélioration technique de méthodes de recherche de probabi-

lités d'état transitoires, la recherche de probabilités d'état stationnaires pour des services en série, une application de la méthode de la chaîne de Markov incluse et la recherche de distributions de temps d'attente et d'occupation par les méthodes de Lindley, de Takacs et de Benes, la dernière se caractérisant par la très grande généralité des hypothèses relatives aux lois des arrivées et des durées de service, mais se confinant encore, actuellement, au cas d'un seul guichet.

Venons-en maintenant à des études de cas que l'on peut assimiler, vu leur aspect particulier, à ce genre de recherches.

Un membre de la Société d'Economie et de Mathématique appliquée, de Paris, a décrit, au nom de R. Loue, les différents facteurs ayant dû être pris en considération dans le problème de la construction éventuelle d'un pont entre l'île de Ré et le continent. Il a exposé notamment les méthodes qu'on a utilisées pour l'évaluation de l'intérêt national et de l'intérêt local de l'ouvrage, ainsi que le mode d'établissement des perspectives de trafic liées aux diverses solutions techniques.

R.M. Oliver, de l'Université de Californie, à Berkeley, a traité, avec résultats numériques et graphiques à l'appui, d'un problème de réduction des délais de transmission d'une lettre entre deux bureaux de poste.

T. Rallis, de l'Université Technique du Danemark, a montré comment ont été appliquées à un problème de capacité de trafic de la gare centrale de Copenhague des formules d'Erlang et d'Arne Jensen sur l'indisponibilité et les durées d'attente dans la théorie des communications téléphoniques.

J. J. Agard, du Groupe de Recherche Opérationnelle d'Air France, a présenté une méthode de détermination par simulacre des courbes de charge relatives à la réalisation d'un programme de vol.

Miss E.M.L. Beale, de C.E.I.R (UK) Ltd., a décrit deux problèmes de transport ayant été résolus grâce à des méthodes mises au point par Land et Doig pour le problème général de programmation en nombres entiers.

J.C. Holl a décrit, au nom d'une équipe de la Société d'Economie et de Mathématique appliquées, de Paris, la simulation des manœuvres de remorquage des navires dans un port.

J.P. Jeannot et Miss A. Bodnarchuk, des Trans Canada Air Lines, ont présenté un système automatisé de calcul des frais de main-d'œuvre, dans lequel a été incorporé un modèle de recrutement optimum basé sur des principes de programmation dynamique.

Y. Rapp, de la Telefonaktiebolaget L.M. Ericsson, à Stockholm, a développé quelques principes de planification des réseaux téléphoniques à plusieurs secteurs, avec le souci de les présenter sous une forme adaptée à l'utilisation de calculateurs électroniques.

Par ailleurs, relevons encore quelques communications qui nous ont paru marquantes en envisageant surtout le point de vue économique.

En *session plénière*, la conférence de R. Frisch a traité du sujet : « Un système de mise en œuvre d'un plan économique national sans fixation des quantités détaillées par une autorité centrale ». Le célèbre économiste a décrit, en y insérant certaines remarques bien personnelles et souvent caustiques, la méthode d'établissement des programmes nationaux ou supranationaux. Il a notamment mis en garde contre certaines erreurs fréquentes, comme celle qui consiste à fixer les buts à atteindre avant l'analyse préalable de l'économie, ou encore celle de construire des plans pour des périodes de temps qui ne se recouvrent pas.

Les investissements.

Les problèmes d'investissement sont parmi ceux qui sont les plus étudiés, surtout par les firmes qui utilisent des installations fixes importantes. Une session très suivie s'est tenue sur ce thème.

B. Barberi, directeur de l'Institut de Statistique de Rome, a énoncé quelques remarques d'ordre méthodologique sur les problèmes d'investissement à long terme, notamment sur les relations entre les aspects micro et macroéconomiques des investissements et les problèmes de prévision.

P. Lhermitte et F. Bessière, d'Electricité de France, offraient une communication sur les possibilités de la programmation non linéaire appliquée au choix des investissements. Partant du programme linéaire déjà utilisé par l'E.D.F. (224 contraintes, 253 inconnues), les auteurs ont cru que les améliorations ne devaient pas porter sur une extension du modèle existant mais devaient se développer suivant une voie différente : une fonction économique non linéaire. Sans pouvoir être quadratique, cette fonction peut être de différents types en relation avec le mode de résolution choisi. La dimension du programme non linéaire homologue du linéaire antérieur est encourageante : 48 contraintes et 69 inconnues.

MM. J. Carteron et J. Carpentier, d'Electricité de France, ont traité le problème de la gestion optimale d'un ensemble de production d'énergie électrique, Avec un équipement donné il s'agit de déterminer des règles de gestion qui rendent minimum l'espérance mathématique de la somme des dépenses thermiques et des pénalités de défaillance, la valeur de la pénalité de défaillance étant laissée sous forme de paramètre. Dans ce problème, la programmation dynamique s'indique naturellement, mais dans la pratique, les auteurs ont trouvé son application impossible en raison de la dimension. Ils se sont donc orientés vers l'emploi de la simulation, tout en poursuivant les recherches dans le sens de la simplification des programmes dynamiques : les

solutions de ces problèmes simplifiés donneraient des indications pour la simulation.

M. Algan, de la firme DIVO de Francfort, a présenté une communication, préparée avec la collaboration de MM. J. Ceron et P. Bertier, de la SEMA à Paris, traitant d'une méthode pratique de détermination d'un plan optimum d'investissement. Les auteurs rappellent les méthodes classiques pour décider du choix des investissements, en y introduisant la considération de la source du financement.

J. Melèse, de l'AUROC, a exposé une méthode pratique de mise au point d'un programme d'équipement, qui met en relief les variantes intéressantes par rapport à différents critères, dont la flexibilité. Le problème du choix du plan s'en trouve ainsi réduit.

Quant à R. Solt, d'Albert E. Reed & Co, Ltd, il a décrit un cas d'évaluation d'investissements à long terme. Compte tenu de prévisions de demande, de prix et d'autres variables, on a déterminé les différentes possibilités d'investissements (32). Le problème a été d'évaluer ces possibilités, en fonction de critères de profit, dans un éventail de situations (12) correspondant à la réalisation d'événements aléatoires.

Problèmes commerciaux.

R.L. Ackoff, du Case Institute of Technology, a émis quelques observations sur la recherche opérationnelle dans les problèmes de « marketing » aux Etats-Unis. Se référant à de nombreux cas traités par son groupe, il a dénoncé certaines idées erronées qui ont cours sur l'équivalence des produits, les habitudes d'achat, les frais de vente, les effets de la promotion de ventes et les prévisions, tout en soulignant la rentabilité de l'application des méthodes de la recherche opérationnelle dans ces domaines.

G. Maarek a présenté une communication préparée avec M. R. Descamps, à la SEMA, sur la façon d'établir les politiques de tarification et de distribution (affectation des consommateurs et des négociants aux différents bassins) de charbons industriels par Charbonnages de France.

J. Ferrier, de la Marine française, a proposé une formule simple adaptée à la gestion automatique des approvisionnements. Cette formule à trois paramètres est basée sur l'hypothèse que les demandes individuelles se présentent suivant une loi de Poisson et portent sur des quantités (grappes) répondant à une distribution quelconque. Une mise à l'épreuve rétrospective de cette formule a abouti à des résultats probants.

Une expérience de prédiction à court terme a été relatée par E. Kay et J. S. Hampton. Le groupe d'étude sur la prévision de la British O. R. Society a été amené à comparer la méthode de lissage exponentiel à celle des

moyennes mobiles sur des séries temporelles réelles et artificielles. Il apparaît que, du point de vue des erreurs de prédiction, les deux méthodes ne diffèrent pas de manière significative, mais si l'on tient compte de la diminution du coût relatif, le lissage exponentiel est en pratique supérieur.

M. Sakaguchi, de l'Université des Electro-Communications de Chôfu, Tokyo, a exposé les solutions mathématiques de problèmes d'enchères fermées.

En ce qui concerne d'autres sessions intéressantes, il faut mentionner celle sur les *plans de production* (« scheduling ») où des communications traitaient de la régulation de la production d'acier, du planning de fabrication de nombreux articles sur des équipements communs, de la succession de modèles sur une chaîne d'assemblage, de programmation mathématique dans l'industrie minière.

En plus des sessions consacrées à des exposés, deux demi-journées étaient prévues pour des réunions en groupes d'étude. On peut signaler spécialement le groupe d'étude des *méthodes de prévision* qui a rassemblé un grand nombre de participants sous la présidence de M. Schalkwijk. Les exposés succincts et les discussions ont porté sur les techniques statistiques de prévision à court terme, des méthodes de prévision à long terme et des exemples pratiques.

On peut se rendre compte que dans l'ensemble ce congrès fut très profitable à la diffusion des idées neuves dans les différents domaines abordés.

Du point de vue de l'organisation, on comprend que l'abondance des communications nécessite la subdivision des thèmes et amène à une formule de sessions parallèles. Malheureusement, toute classification étant arbitraire, certaines communications intéressant un même participant peuvent être présentées dans des sessions différentes tenues simultanément. Cette situation a été aggravée dans ce cas par le fait que l'horaire de chaque session n'était pas connu d'avance et excluait ainsi un certain « panachage ».

Certains ont pu regretter que la traduction simultanée n'était pas assurée pour toutes les sessions, mais il faut reconnaître que cela a surtout gêné les participants de langue anglaise.

Quant à la publication préalable des résumés des communications on ne peut que s'en féliciter.

Nous ne pouvons terminer sans souligner l'impression de force créatrice qui se dégage de certaines équipes de chercheurs étrangers, telles que celle de l'Electricité de France, soutenues par des organismes privés ou l'Etat aux vues larges. Il est des endroits de par le monde, où l'on a compris que la recherche scientifique est payante.

J. TEGHEM.

F. JUCKLER.

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.

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.