

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

**Vol. 4 - N° 1  
SEPTEMBRE 1963**

**BELGISCH TIJDSCHRIFT VOOR STATISTIEK  
EN OPERATIONEEL ONDERZOEK**

**Vol. 4 - N° 1  
SEPTEMBER 1963**

La « Revue Belge de Statistique et de Recherche Opérationnelle » est publiée 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, Theophiel Reynlaan, 53, Mortsels.

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 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, Theophiel Reynlaan, 53, Mortsels.

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° 1 - SEPTEMBRE 1963

VOL. 4 - Nr 1 - SEPTEMBER 1963

## SOMMAIRE — INHOUD

- J. PAELINCK et J. WAELBROECK. — Etude empirique sur l'évolution des coefficients input-output . . . . . 3
- L. SKENAZI. — Sur le calcul des investissements avec quelques applications à la gestion industrielle . . . . . 13
- SOGESCI. — Séminaire prospectif d'automatisation administrative, 1 et 2 octobre 1962 — Prospektief Seminarie van Administratieve Automatisatie, 1 en 2 oktober 1962.
- Ch. VAN HERBRUGGEN. — Allocution d'ouverture . . . . . 32
- M. LINSMAN. — Le Congrès de la Fédération internationale pour le traitement de l'information . . . . . 34
- Nos échos — Allerlei.*
- Conférence sur l'Enseignement de la Recherche opérationnelle organisée par l'OTAN à Venise, du 9 au 13 juillet 1962 . . . . . 44

---

BELGISCH TIJDSCHRIFT VOOR STATISTIEK  
EN OPERATIONEEL ONDERZOEK

## ETUDE EMPIRIQUE SUR L'EVOLUTION DES COEFFICIENTS INPUT-OUTPUT

par J. PAELINCK,  
*Bureau de Programmation Economique,*

et J. WAELBROECK,  
*Université Libre de Bruxelles.*

### 1. Introduction.

Le programme d'expansion économique préparé par le Bureau de Programmation Economique belge, repose techniquement sur la *méthode input-output*. Cette méthode tient compte de toutes les livraisons d'un secteur d'activité (sorties, output) à un autre (entrées, input) et permet de calculer le niveau d'activité de chaque secteur en fonction des niveaux d'activité de tous les autres. Dans une première version de ce programme, l'on était parti d'un tableau input-output pour 1953, construit par E.S. Kirschen et R. de Falleur (1). Ce tableau a été tout d'abord consolidé, c'est-à-dire que l'on en a réduit le nombre de secteurs d'activité en opérant certains regroupements, puis les *coefficients techniques* ainsi obtenus (2) ont été extrapolés jusqu'en 1959, sur base des données statistiques disponibles et d'avis donnés par des experts. Les chiffres de demande finale de 1959 — consommation des ménages, des pouvoirs publics, investissements, exportations — ont été appliqués à ce tableau, afin d'obtenir les chiffres de production correspondants. Enfin, ces chiffres de production ont été comparés à ceux révélés par les statistiques existantes, et des ajustements ont été apportés au tableau de façon à obtenir une concordance satisfaisante entre les productions estimées d'après le tableau input-output d'une part, d'après les données statistiques disponibles de l'autre.

---

(1) E.S. Kirschen et R. de Falleur : Analyse input-output de l'économie belge en 1953, Bruxelles, Département d'Economie Appliquée de l'Université Libre de Bruxelles, 1958.

(2) Rappelons qu'il s'agit du *rapport* entre le flux de production servant de matière première à une industrie et la valeur totale de la production de cette industrie. Ces coefficients ne sont que partiellement « techniques »; ils sont influencés, en effet, par une multitude d'autres facteurs qu'il ne nous appartient pas de détailler ici.

Techniquement, ce tableau peut être qualifié comme suit. Il comporte 21 secteurs dont voici la liste :

- A. Agriculture, sylviculture, pêche
- B. Industries alimentaires
- C. Charbonnages
- D. Coke et Gaz
- E. Electricité
- F. Pétrole
- G. Chimie
- H. Bois, papier
- I. Cuir et textile
- J. Matériaux de construction
- K. Sidérurgie
- L. Non-ferreux
- M. Fabrimétal
- N. Industries diverses
- O. Construction
- P. Transports et communications
- Q. Commerce
- R. Services financiers
- S. Logement
- T. Etat
- U. Services divers

Ces secteurs ont été regroupés dans un ordre s'inspirant d'un regroupement des secteurs par « blocs de développement ». Ainsi a-t-on d'abord le bloc énergétique (F, C, D, E), puis le bloc d'industries et de services fournissant essentiellement à la production (N, G, R, P), ensuite le bloc des industries métallurgiques (K, L, M), le bloc de la construction (H, J, O), enfin, un ensemble (industries-services) axé plus spécialement sur la consommation privée (I, Q, A, B, U, S); le secteur T n'est représenté que formellement, il ne comporte aucun coefficient.

Les flux sont en principe comptabilisés aux prix du producteur, c'est-à-dire à l'exclusion des marges de distribution, des marges de transport et des impôts indirects grevant ces flux; le traitement des importations est mixte, certaines importations étant traitées comme concurrentielles (et se retrouvent donc dans les flux intermédiaires et finals), d'autres comme complémentaires (matières premières de certains secteurs).

2. La méthode « RAS » d'extrapolation des coefficients techniques (3).

La méthode résulte d'une hypothèse relative à l'évolution des coefficients « techniques » dans le temps, évolution qui ne serait due qu'à trois facteurs :

- variations des prix, tant des entrées que des sorties,
- effets de substitution, c'est-à-dire remplacement d'une entrée par une autre,
- effets de fabrication ou de transformation, c'est-à-dire variation du total des entrées par rapport à la valeur de la production.

Ces trois phénomènes sont supposés opérer de façon strictement uniforme, le deuxième à travers les lignes du tableau, le dernier à travers les colonnes, le premier enfin affectant à la fois les lignes et les colonnes.

Soit  $A_0$  une matrice initiale de coefficients input-output, et  $p$  un vecteur d'indices de prix (époque  $t$  par rapport à l'époque zéro); la matrice  $A_t$  au prix de l'époque  $t$  est alors donnée par la transformation de similarité :

$$A_t = \hat{p} A_0 \hat{p}^{-1} \quad (4)$$

Les effets de substitution et de transformation s'expriment d'une façon analogue; il vient

$$A^* = \hat{r} A_t \hat{s} = \hat{r} \hat{p} A_0 \hat{p}^{-1} \hat{s}$$

où  $r$  est un vecteur représentant l'élargissement ou le rétrécissement des débouchés des branches et  $s$  un vecteur représentant les variations dans le degré de fabrication des produits de chaque branche.

Pratiquement, les vecteurs  $r$  et  $s$  sont obtenus par itération.

L'équipe de Cambridge, promotrice de la méthode RAS, considère cette méthode comme une première approximation à l'étude de l'évolution des coefficients et une amélioration par rapport à l'utilisation de coefficients fixes. Elle suggère une analyse plus approfondie des tendances constatées et une vérification technologique de leur caractère plausible.

3. Application au tableau belge.

Il a paru intéressant de comparer les coefficients du tableau provisoire de 1959, basés sur une étude détaillée de l'évolution technologique de 1953 à 1959, et ceux que permet de dégager la procédure RAS.

(3) La méthode a été développée par le Professeur J.R.N. Stone et ses collaborateurs de l'Université de Cambridge, Angleterre.

(4) L'accent circonflexe indique la diagonalisation d'un vecteur-colonne.

Un programme relatif à la méthode exposée ci-dessus avait été rédigé pour le calculateur EDSAC de l'Université de Cambridge. Grâce à l'amabilité du Professeur Stone, nous avons pu calculer les coefficients techniques tels qu'ils résultaient de cette méthode.

Dans les trois sous-sections qui suivent, nous allons analyser les divergences observées.

A. *Analyse statistique* : Le tableau belge d'ordre 21 devrait normalement comporter 441 coefficients. Un assez grand nombre de cellules restent vides, ce qui réduit le nombre de coefficients non nuls à 270. Le résultat de l'application de la procédure RAS donne dans 117 cas des coefficients techniques égaux à ceux de la matrice dégagée par l'observation empirique, laissant donc subsister 153 cas de divergence.

Vu l'incertitude qui affecte certains coefficients, nous avons décidé de négliger dans la discussion les différences minimales. Nous ne parlerons pas non plus des différences constatées pour les fabrications métalliques, ni des flux allant aux non-ferreux : pour tous ces coefficients, en effet, les méthodes statistiques utilisées pour évaluer les coefficients en 1953 et en 1959 n'étaient pas identiques. Dès lors, la variation des coefficients reflète l'emploi de méthodes statistiques améliorées bien plus que des facteurs strictement technologiques.

L'examen de quelques coefficients restants suffit d'ailleurs à dégager les principales causes de divergence entre les coefficients RAS et ceux du tableau provisoire.

B. *Analyse des causes de divergence*.

L'étude des transformations technologiques dans l'économie belge indique que la substitution entre matières premières concurrentes est la cause principale de variation des coefficients techniques.

Nous examinerons tour à tour les flux horizontaux relatifs au bloc énergétique (FCDE), puis ceux relatifs aux transports, enfin, tous les flux restants. (5)

i) *Bloc énergétique*.

De 1953 à 1959, des substitutions extrêmement rapides et diverses ont eu lieu entre les diverses sources d'énergie. La méthode RAS n'a, dans l'ensemble, pas permis de mettre en évidence correctement ces substitutions. Comme le suggère l'analyse qui suit, les phénomènes en cause sont de nature trop complexe pour être saisis individuellement par une méthode qui conçoit l'évolution des coefficients techniques de façon aussi uniforme que la méthode RAS.

---

(5) Le tableau, repris en annexe, détaille les principaux résultats chiffrés.

*α. Flux des charbonnages aux cokeries.*

Le coefficient observé est nettement supérieur au coefficient calculé par la procédure RAS. L'explication est la suivante : il s'agit ici d'un secteur où la substitution au sein du bloc énergétique F, C, D, E, ne joue pas. En effet, pratiquement les inputs de C vers D doivent être considérés comme quasi proportionnels à la valeur de production à prix constants avec tout au plus de légères améliorations de rendement. Ceci met en lumière un premier principe : l'évolution des coefficients sera divergente selon la *destination de l'input*. Or, l'input de C vers D n'est pas de nature énergétique mais bien de celle d'une matière première. Dès lors, et à priori, son évolution ne sera pas la même que celle des inputs qui ont une nature purement énergétique; le phénomène de substitution qui caractérise la plupart des inputs C ne jouera pas.

*β. Flux des charbonnages aux centrales électriques.*

Ici encore, il y a une sous-estimation du coefficient RAS par rapport au coefficient observé. Il ne s'agit pas d'un phénomène de substitution mais bien (comme ci-dessus) d'une économie de combustible dans une industrie dont la structure technique est restée relativement fixe.

Dans ce secteur, la baisse du coefficient technique charbon a été enrayée par des mesures gouvernementales limitant l'usage de fuel dans les centrales électriques. Le principe dégagé précédemment se combine donc avec un *facteur institutionnel*, la politique économique suivie au cours de la période d'évolution étudiée.

*γ. Flux des raffineries de pétrole au secteur chimique.*

Nous rencontrons ici un cas intéressant, découlant d'une combinaison de deux types de substitution technologique. En effet, le phénomène de substitution en faveur de F comme input énergétique se combine ici avec une augmentation relative de l'input de F comme matière première pétrochimique ; dès lors, les deux mouvements combinés peuvent excéder le mouvement unique mesuré par le coefficient de substitution.

*δ. Flux des centrales électriques au secteur «transports».*

La sous-estimation peut s'expliquer une fois de plus par des facteurs de politique économique du secteur. Il s'agit ici de l'électrification des chemins de fer qui a été réalisée pendant cette période. Le coefficient EP est à comparer au coefficient CP, surestimé par la méthode RAS.

L'intensité du mouvement de substitution en faveur de E est donc supérieure à la moyenne mesurée par le coefficient de substitution. A noter qu'il serait dangereux de l'extrapoler pour l'avenir, étant donné qu'il s'agit d'un



mouvement qui a eu lieu pendant une période bien déterminée et touchant pratiquement à sa fin.

*ε. Flux des centrales électriques aux matériaux de construction.*

Ici la méthode RAS reflète mieux le mouvement à long terme du coefficient que l'observation de l'évolution économique anormale de 1953 à 1959. Presque toute l'électricité livrée à ce secteur est consommée par les cimenteries. Or, alors qu'à long terme le ciment s'accapare des usages de plus en plus larges dans la construction, il se fait que de 1953 à 1959, l'usage du ciment comme matériau de construction a plutôt reculé, suite à une stagnation des grands travaux, conjuguée avec l'essor rapide de la construction de logements en briques. De ce fait, le coefficient technique d'électricité de l'industrie des matériaux de construction est resté inchangé.

Ceci conduit à avancer une quatrième cause de distorsion des résultats : l'influence d'une *homogénéité insuffisante des secteurs consommateurs* sur l'évolution des coefficients techniques.

ii) *Secteur « Transports et communications ».*

Les erreurs afférentes à cette ligne sont un exemple intéressant d'une mauvaise prévision due à l'interdépendance très complexe des variations de tous les coefficients d'après la méthode RAS.

En effet, dans le tableau provisoire, la prévision pour la ligne « Transports et communications » (P) a été faite en multipliant au départ tous les coefficients de 1953 par un coefficient 1,05. Il est intéressant de constater que la méthode RAS a conduit à un coefficient de substitution pratiquement identique ( $R = 1,0541$ ). Les erreurs de prévision sont donc partiellement dues aux valeurs anormales prises par certains coefficients de transformation. Nous avons ici un cinquième principe reflétant des distorsions dues aux *répercussions indirectes* d'erreurs affectant d'autres coefficients du tableau.

iii) *Autres coefficients.*

*α. Flux de la sidérurgie au secteur coke et gaz.*

Un autre principe de divergence peut être mis en lumière à l'occasion du présent cas. Il s'agit ici d'un *flux composé* à la fois des inputs « tubes sans soudure » et « gaz de hauts fourneaux ».

Techniquement il y a répercussion de la surestimation générale dans l'effet de fabrication qui influence toute la colonne ; l'étude des distorsions de structures provoquées par la méthode RAS s'impose donc une fois de plus. A remarquer que la nature du flux nécessite une prévision séparée, en ce sens qu'il résulte à la fois d'un effet proportionnel et d'un terme de nature aléatoire.

*β. Flux des Fabrications métalliques aux charbonnages.*

Nous rencontrons ici encore un cas intéressant où une estimation autonome diverge des estimations proportionnelles uniformes par la procédure RAS. Il y a pour le flux MC une sous-estimation du phénomène de substitution MH; il s'agit, en termes concrets, du remplacement de l'étaçonnage en bois par des étaçons métalliques.

Le principe que nous voudrions mettre en lumière est celui de la *non-homogénéité des flux horizontaux*. En effet, le cas MC représente essentiellement la fourniture d'étaçons métalliques. Il s'agit d'un sous-secteur réduit et très homogène, pour lequel des phénomènes de substitution peuvent opérer différemment du flux Fabrimental moyen.

*γ. Flux de la chimie aux Services divers.*

Il y a manifestement une surestimation du secteur Horéca (hôtel, restaurants, cafés) avec sous-estimation des services médicaux et pharmaceutiques, gros consommateurs de produits chimiques. Il s'agit donc d'un phénomène de *pondération*.

*δ. Flux des Industries alimentaires à l'agriculture.*

Il s'agit ici d'un phénomène technique spécial concernant un input bien déterminé, à savoir celui de la nourriture pour bétail. Le mouvement en faveur du secteur B semble être supérieur à la moyenne de ligne et est probablement supérieur à l'unité.

*ε. Flux de l'agriculture au secteur Bois et papier.*

Une fois de plus nous retrouvons la non-homogénéité du secteur A. Le flux AH a trait aux livraisons de bois (la sylviculture étant comprise dans le secteur agricole au sens large), le flux AB à la production alimentaire (agriculture proprement dite et élevage). La surestimation du flux AH — ou du moins du coefficient  $\gamma$  relatif — est due à la domination de ce flux par le flux AB; or le coefficient observé résulte d'une révision du bilan bois (essentiellement la ventilation bois domestique-bois importé).

Nous mettons ici en lumière un autre phénomène qui peut faire diverger le coefficient de la procédure RAS, phénomène qui est celui de la définition des importations des branches. En effet, ainsi qu'il a été dit dans l'introduction de l'article, le tableau belge comporte à la fois des importations de produits concurrentiels et des importations de matières premières; la définition des flux d'importations est donc double. Le phénomène observé milite en faveur d'une redéfinition des inputs indifférente à la provenance du bien en question (domestique ou étrangère).

A noter d'ailleurs que ceci ne supprimerait pas tout problème, en ce sens qu'une évolution différentielle des prix pour les produits, domestiques et importés, peut également faire varier le coefficient, notamment lorsque le pourcentage de produits importés, comparé à l'input de la production domestique, varie sensiblement. On rejoint par là le problème général des nombres-indices, mais il n'est pas sûr qu'une documentation satisfaisante permette dans tous les cas de pallier cette difficulté.

#### 4. *Conclusions : possibilités d'utilisation pratique de la méthode.*

La procédure RAS a de toute évidence d'importantes faiblesses. Appliquée au tableau belge, notamment, elle n'a pas révélé correctement l'évolution des coefficients techniques de 1953 à 1959.

Cette procédure est-elle sans intérêt pratique? Nous ne le croyons pas.

La réponse part de l'idée que la construction d'un tableau input-output peut être interprétée comme une opération tendant à combiner de manière efficiente deux types d'information : des données de nature technologique, et des relations de définition établissant une égalité entre lignes et colonnes correspondantes du tableau.

L'usage de la procédure RAS à l'état pur ne peut être considérée comme une manière satisfaisante d'utiliser les informations disponibles, puisqu'elle néglige toutes celles qui ont trait à l'évolution technologique au cours d'une période donnée.

R. Stone a proposé d'utiliser la procédure RAS pour établir un tableau provisoire des coefficients techniques, puis de corriger ce tableau d'après les avis de personnes bien informées des faits technologiques.

Sans doute faudrait-il alors l'appliquer une seconde fois pour rééquilibrer le tableau, et peut-être consulter à nouveau les experts au sujet du nouveau résultat obtenu. Pareille procédure paraît lourde et peu élégante; il faut craindre que les biais introduits dans le tableau au cours du premier cycle d'itérations RAS ne puissent être éliminés par la suite.

Nous pensons qu'il serait préférable de commencer par utiliser, dans la mesure du possible, les informations technologiques, de façon à dégager, d'une manière approchée, un tableau cohérent. Pour estimer correctement les processus de substitution, il faudrait procéder à une dissection assez poussée des lignes du tableau; ceci donnerait un tableau rectangulaire.

Ce n'est qu'à ce stade assez avancé du travail que l'on aurait recours à la procédure RAS, pour réaliser la complexe et fastidieuse tâche d'équilibrage

des lignes et des colonnes qui prend généralement tant de temps dans l'analyse input-output.

Nous pensons que la dissection des lignes évitera dans une large mesure les distorsions introduites par la procédure RAS, et permettra une utilisation efficiente des informations sur les substitutions technologiques.

Sans doute l'emploi d'une telle méthode abrégée n'est-il pas justifié pour établir des tableaux input-output fondamentaux qu'élaborent les services statistiques de la plupart des pays.

La construction de ces tableaux est toutefois fort lente et les résultats sont trop anciens pour servir à de nombreuses fins pratiques. Les économistes se contenteraient souvent de chiffres plus grossiers, s'ils étaient récents, par exemple pour l'élaboration de budgets nationaux et de programmes d'expansion à moyen terme. C'est au cours de pareils travaux que la procédure, que nous avons esquissée, pourrait se révéler la plus utile.

Cette procédure a été appliquée d'ailleurs aux tableaux belges de 1953 et 1959; elle a donné d'excellents résultats dans la prévision des coefficients techniques de 1959 à partir des coefficients de 1953.

Signalons enfin que la combinaison des analyses technologiques séparées — coefficient par coefficient — et de la technique RAS, appliquée aux coefficients pour lesquels l'information technologique est insuffisante, a été appliquée par le Department of Applied Economics à Cambridge, dans le cadre de ses projections économiques à long terme.

ANNEXE. — *Tableau des principaux résultats obtenus.*

Flux	$\Delta$	%	$R \times S = C$	C'
C-D : Charbon à Coke et gaz	— 56	— 8,35	$0,67101 \times 1,3549 = 0,90915$	0,9926
C-E : Charbon à Electr.	— 17	— 8,85	$0,67101 \times 1,1238 = 0,75408$	0,8276
F-G : Pétrole à Chimie	— 5	— 31,25	$1,1947 \times 0,86969 = 1,039$	1,455
E-P : Electr. à Transp.	— 5	— 27,78	$1,2018 \times 0,92130 = 1,1072$	1,50
E-J : Electr. à Mat. constr.	+ 5	+ 20,85	$1,2018 \times 0,99020 = 1,1900$	1,00
K-D : Sidérurgie à coke et gaz	+ 12	+ 46,15	$1,0740 \times 1,3549 = 1,45516$	1,00
M-C : Fabr. métall. à Charb.	— 8	— 28,57	$1,2811 \times 0,91302 = 1,16967$	1,647
G-U : Chimie à Serv. div.	— 5	— 8,75	$1,3490 \times 1,0706 = 1,4442$	1,583
B-A : Ind. alim. à Agric.	— 5	— 10,20	$0,91951 \times 1,0281 = 0,9453$	1,065
A-R : Agric. à Bois, papier	+ 16	+100,00	$0,90647 \times 0,78876 = 0,714987$	0,3636

gende: si  $a^*ij$  et  $aij$  sont les coefficients techniques d'après la procédure RAS et tableau provisoire,

$$\Delta = a^*ij - aij$$

$$\% = \frac{a^*ij - aij}{aij} \times 100$$

R = effet de substitution

S = effet de transformation

$$C = R \times S$$

$$C = \frac{59}{53} \frac{aij}{aij}$$

## Sur le calcul des investissements avec quelques applications à la gestion industrielle

par L. SKENAZI,  
*Charbonnages de Beringen.*

Notre propos dans les lignes qui vont suivre est d'aborder successivement trois sujets :

- 1°) le calcul de la valeur d'un investissement
- 2°) son choix
- 3°) son amortissement.

Sans vouloir, un instant, croire avoir fait le tour complet de ces problèmes, nous proposerons plutôt au lecteur une méthode de calcul simple.

### I. — LA FORMULE DE CAPITALISATION

Partons tout d'abord de la relation bien connue  $C = c (1 + i)^n$  où  $c$  représente le capital initial,  $i$  le taux d'intérêt par unité de temps et  $n$  le nombre de ces unités de temps. Cette formule fixe la cadence de la capitalisation qui pourra, suivant le cas, être l'année, le semestre ou le mois par exemple. En subdivisant à l'infini l'unité de temps, nous réaliserons une capitalisation continue et instantanée. Le multiplicateur  $(1 + i)^n$  deviendra par passage à la

limite et pour une valeur constante de  $i$  :  $\lim_{\tau \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{i}{\tau}\right)^{n\tau} = e^{in}$  puisque la base des logarithmiques népériens  $e = \lim_{\tau \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{i}{\tau}\right)^{\tau/i}$ .

Dans la relation  $e^{in}$ , les deux exposants constituent un produit sans dimension;  $n$  pourra s'exprimer en années si  $i$  représente le taux d'intérêt annuel supposé invariant.

La formule de capitalisation instantanée deviendra donc :

$$C = ce^{in} \tag{1}$$

Cette relation représente la limite maximum pouvant être atteinte par la capitalisation puisque le temps intervient ici de façon continue dans le processus cumulatif d'intérêts.

*Extension de la formule de capitalisation pour un taux d'intérêt variable dans le temps.*

Soit  $i(t)$  cette fonction; en découpant le temps de capitalisation en intervalles  $dt_1, dt_2 \dots dt_n$  suffisamment petits pour considérer  $i(t)$  constant à l'intérieur de chaque intervalle, nous aurons après  $dt_1$ , le coefficient de capitalisation  $e^{i_1 dt_1}$ , après  $dt_2$  :  $e^{i_1 dt_1} \times e^{i_2 dt_2} = e^{i_1 dt_1 + i_2 dt_2}$  et après  $n$  intervalles :

$$e^{\sum_{k=1}^n i_k(t) dt_k}$$

Par passage à la limite pour des intervalles  $dt$  de plus en plus petits, la formule se mettra sous la forme la plus générale :

$$C = c e^{\int_0^n i(t) dt}$$

Cette relation englobe la formule (1)  $C = c e^{in}$  cas particulier pour lequel  $i(t) = i = \text{constante}$ .

Moyennant une correction à la valeur du taux d'intérêt  $i$ , de pratique courante, la formule (1) peut s'employer quel que soit le rythme de capitalisation choisi.

En effet si celui-ci est annuel, il suffira de résoudre l'équation  $e^\gamma = 1 + i$  où  $i$  est le taux d'intérêt annuel pour déterminer  $\gamma$  à introduire dans la fonction exponentielle  $e^{\gamma n}$ . Notons que  $\gamma$  sera nécessairement plus petit que  $i$ . Ainsi pour  $i = 5\%$  annuel,  $\gamma = \ln 1,05$  soit  $\gamma = 0,0488$ .

Il est très aisé d'établir une table de correspondance entre le taux d'intérêt annuel et le taux instantané pour obtenir, par l'emploi de la formule (1) la valeur d'une capitalisation discontinue.

*Table de correspondance pour taux annuels.*

taux annuel	taux instantané	taux annuel	taux instantané
3 %	2,95 %	20 %	18,23 %
4 %	3,92 %	25 %	22,31 %
5 %	4,88 %	30 %	26,23 %
6 %	5,83 %	40 %	33,65 %
10 %	9,53 %	50 %	40,55 %

Si par exemple nous voulons capitaliser par semestre sur la base d'un taux annuel de 6 %, la formule (1) deviendra :  $C = c e^{0,0295 n}$  où  $n$  est la durée exprimée en semestres et 0,0295 le correspondant du taux  $3\% = 6/2$ .

*Signification de la capitalisation instantanée.*

1. Elle représente, comme nous l'avons dit précédemment, la limite supérieure pouvant être atteinte par la subdivision à l'extrême de l'unité de temps. Le tableau ci dessus montre que les écarts sont faibles pour les taux pratiqués couramment.

2. L'introduction d'une fonction continue apporte une simplification aux développements mathématiques et permet l'emploi de procédés usuels issus de l'analyse infinitésimale, ainsi que nous le verrons plus loin.

3. La capitalisation instantanée entraîne, avec elle, la notion du temps continu. Si ceci ne semble pas d'une grande utilité pour le calcul d'intérêts composés, il peut en être différemment lorsqu'il s'agit de chiffrer, par exemple, un phénomène de dépréciation continue. La perte de valeur d'un investissement se poursuit de façon constante et cumulative dans le temps et ne doit pas être tronçonnée de façon arbitraire en intervalles égaux.

De même, l'actualisation d'un revenu, du produit d'une fabrication doit être vue dans la même optique du temps continu.

## II. — CALCUL D'UN INVESTISSEMENT

Si nous appelons  $I$ , la somme algébrique des différentes dépenses engagées par et pour un nouvel investissement, sa valeur réelle dépendra de la durée totale de sa réalisation jusqu'à sa mise en route; toute dépense effectuée à un moment donné étant débitrice d'intérêts mesurant le manque à gagner aussi longtemps que l'investissement n'est pas productif.

Il serait intéressant de faire varier le facteur durée et vitesse d'exécution de façon à montrer leurs incidences sur le coût réel de l'investissement.

### A. Influence de la vitesse.

Nous passerons trois cas en revue pour une même investissement :

- 1°) réalisation en un temps  $T$  à vitesse constante
- 2°) réalisation en un temps  $T$  à vitesse linéairement croissante
- 3°) réalisation en un temps  $T$  à vitesse linéairement décroissante

L'origine des temps est chaque fois prise au moment du démarrage des travaux.



1<sup>re</sup> cas : Réalisation en un temps  $T$  à vitesse constante (fig. 1).

$I$  représente la totalité de la surface hachurée.

La dépense pendant le temps  $dt$  sera  $\frac{I}{T} dt$ .

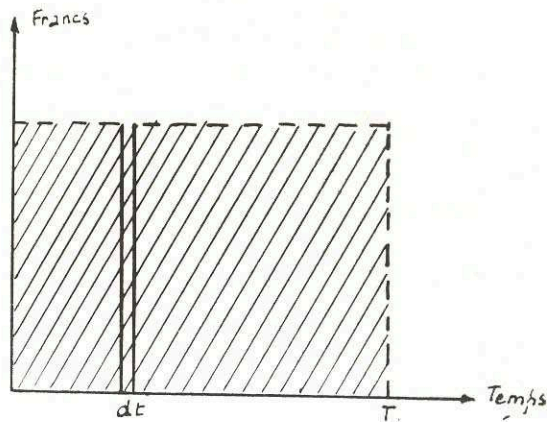


Fig. 1.

Le coût réel de l'investissement  $I$  sera :

$$I_1^* = \int_0^T \frac{I}{T} e^{i(T-t)} dt = \frac{I}{iT} (e^{iT} - 1)$$

Si nous développons l'exponentielle en série de Mac Laurin, il vient :

$$e^{iT} = 1 + \frac{iT}{1} + \frac{i^2 T^2}{2!} + \frac{i^3 T^3}{3!} + \frac{i^4 T^4}{4!} + \dots$$

ce qui nous donne :

$$I_1^* = \frac{I}{iT} (iT + \frac{i^2 T^2}{2} + \frac{i^3 T^3}{6} + \dots) = I (1 + \frac{iT}{2} + \frac{i^2 T^2}{6} + \dots) \quad (3)$$

2<sup>e</sup> cas : Réalisation en un temps  $T$  à vitesse croissante linéaire (fig. 2).

La loi des dépenses est  $I_t = at$  avec

$$I = \int_0^T at dt = \frac{aT^2}{2} \text{ d'où } a = \frac{2I}{T^2}.$$

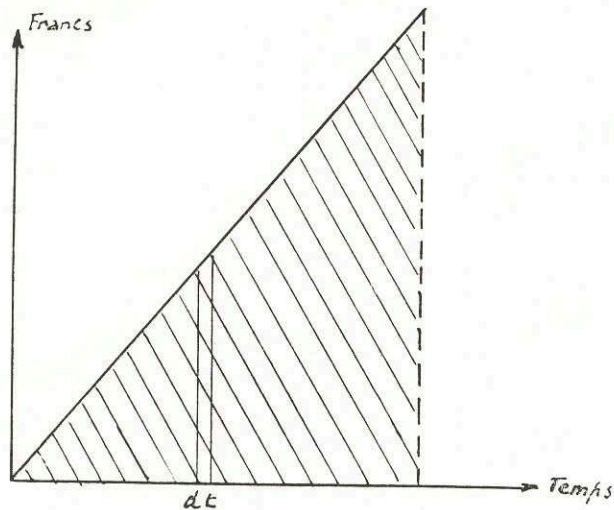


Fig. 2.

Coût réel de l'investissement :

$$I_2^* = \int_0^T \frac{2I}{T^2} t e^{i(T-t)} dt = \frac{2I}{i^2 T^2} (e^{iT} - iT - 1) \quad (4)$$

En utilisant la formule de Mac Laurin, nous obtenons :

$$I_2^* = \frac{2I}{i^2 T^2} \left( \frac{i^2 T^2}{2} + \frac{i^3 T^3}{6} + \frac{i^4 T^4}{24} + \dots \right)$$

c'est-à-dire :

$$I_2^* = I \left( 1 + \frac{iT}{3} + \frac{i^2 T^2}{12} + \dots \right) \quad (5)$$

3<sup>e</sup> cas : Réalisation en un temps  $T$  à vitesse linéairement décroissante (fig. 3).

La loi des dépenses est du type  $I_t = a + bt$  avec pour déterminer les paramètres  $a$  et  $b$ , les deux relations

$$a + bT = 0$$

$$\text{et } I = \int_0^T (a + bt) dt$$

ou encore :

$$a = -bT$$

$$I = aT + 1/2 bT^2$$

d'où on tire  $a = \frac{2I}{T}$  et  $b = -\frac{2I}{T^2}$

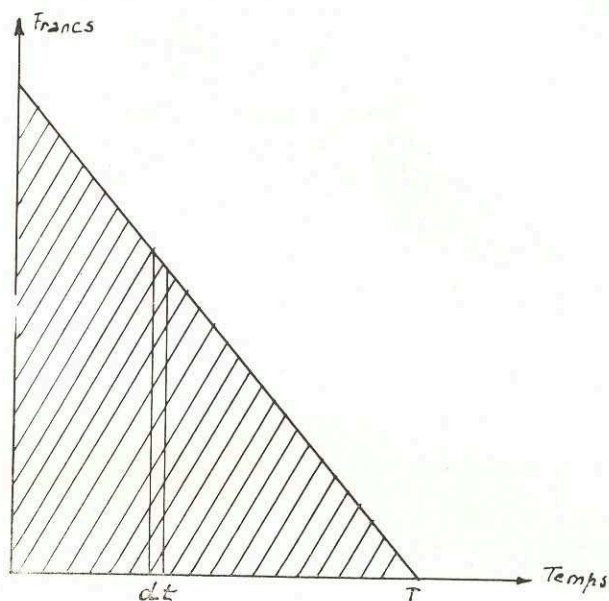


Fig. 3.

Dans ce cas, la loi des dépenses deviendra :

$$I_t = \frac{2I}{T} - \frac{2I}{T^2}t = \frac{2I}{T^2}(T - t)$$

Coût réel de l'investissement :

$$I_3^* = \frac{2I}{T^2} \int_0^T (T - t)e^{i(T-t)} dt$$

$$= \frac{2I}{iT} \left[ e^{iT} - \frac{1}{iT} (e^{iT} - 1) \right] \quad (6)$$

Le développement en série de Mac Laurin, nous donne l'approximation :

$$I_3^* = I \left( 1 + \frac{2}{3} iT + \frac{1}{4} i^2 T^2 + \dots \right) \quad (7)$$

Nous avons donc les éléments pour comparer le coût réel d'un même investissement réalisé dans le même temps  $T$  à une vitesse constante ( $I_1^*$ ), croissante linéaire ( $I_2^*$ ) et décroissante linéaire ( $I_3^*$ ).

Nous constatons <sup>(1)</sup> que  $I_2^* < I_1^* < I_3^*$ .

Que valent les écarts?

$$\begin{aligned} I_3^* - I_1^* &= I(1 + 2/3 iT + 1/4 i^2 T^2 + \dots) - I(1 + \frac{iT}{2} + \frac{i^2 T^2}{6} + \dots) \\ &= I [iT (2/3 - 1/2) + i^2 T^2 (1/4 - 1/6)] \\ &= \frac{I \cdot iT}{6} (1 + \frac{iT}{2}). \end{aligned}$$

A titre d'exemple prenons  $i = 5\%$  et  $T = 4$  ans, soit  $iT = 0,2$

$$I_3^* - I_1^* = \frac{I \times 0,2}{6} (1 + \frac{0,2}{2}) = 0,037 I$$

$$\text{De même } I_1^* - I_2^* = \frac{I iT}{6} (1 + \frac{iT}{2}).$$

La mise en route *progressive* des travaux est donc la méthode la moins coûteuse, comparée aux variantes envisagées et pour un temps d'exécution  $T$  donné.

#### B. Influence de la durée d'exécution.

Les trois fonctions  $I_1^*$ ,  $I_2^*$  et  $I_3^*$  sont croissantes par rapports au temps. Pour déterminer celle qui est la plus sensible à un allongement de la durée des travaux, il suffira de comparer entre elles, leurs dérivées premières par rapport à  $t$ .

1°) Réalisation à vitesse constante :

$$I_1^* = I (1 + \frac{it}{2} + \frac{i^2 t^2}{6} + \dots)$$

$$\text{sa dérivée } \frac{dI_1^*}{dt} = I (\frac{1}{2}i + \frac{i^2 t}{3} + \dots) = \frac{Ii}{6} (3 + 2it + \dots)$$

(1) On démontre sans peine que ces relations sont correctes quelle que soit l'approximation adoptée.

2°) Réalisation à vitesse croissante linéaire :

$$I_2^* = I \left( 1 + \frac{it}{3} + \frac{i^2 t^2}{12} + \dots \right)$$

sa dérivée  $\frac{dI_2^*}{dt_2} = I \left( \frac{1}{3}i + \frac{1}{6}i^2 t + \dots \right) = \frac{Ii}{6} (2 + it + \dots)$

3°) Réalisation à vitesse décroissante linéaire :

$$I_3^* = I \left( 1 + \frac{2}{3}it + \frac{1}{4}i^2 t^2 \dots \right)$$

sa dérivée  $\frac{dI_3^*}{dt} = I \left( \frac{2}{3}i + \frac{1}{2}i^2 t \right) = \frac{Ii}{6} (4 + 3it + \dots)$

Nous pouvons conclure que le facteur temps est moins sensible dans le second cas et que l'exécution à vitesse linéaire décroissante est la plus influencée par un allongement du temps  $T$ .

Pour chiffrer l'influence de la durée dans la réalisation d'un programme d'investissements, nous comparerons un même travail effectué soit en 4 ans, soit en 6 ans; le taux d'intérêt restant fixé à 5%.  $iT$  vaudra respectivement 0,2 et 0,3.

a) Réalisation à vitesse constante :

$$\frac{I_{6 \text{ ans}}^*}{I_{4 \text{ ans}}^*} = \frac{1 + \frac{0,3}{2} + \frac{0,09}{6}}{1 + \frac{0,2}{2} + \frac{0,04}{6}} = 1,05$$

b) Réalisation à vitesse croissante linéaire :

$$\frac{I_{6 \text{ ans}}^*}{I_{4 \text{ ans}}^*} = \frac{1 + \frac{0,3}{3} + \frac{0,09}{12}}{1 + \frac{0,2}{3} + \frac{0,04}{12}} = 1,03$$

c) Réalisation à vitesse décroissante linéaire :

$$\frac{I_{6 \text{ ans}}^*}{I_{4 \text{ ans}}^*} = \frac{1 + \frac{2}{3} \times 0,3 + \frac{0,09}{4}}{1 + \frac{2}{3} \times 0,2 + \frac{0,04}{4}} = 1,07$$

Le processus de calcul suivi au cours des exemples développés dans ce chapitre peut facilement s'étendre à l'évaluation du coût supplémentaire entraîné par un ralentissement ou un arrêt temporaire des travaux.

### III. — CHOIX D'UN INVESTISSEMENT

Il convient tout d'abord de préciser sous quel angle nous aborderons ce problème. Celui-ci est extrêmement vaste et peut s'étaler depuis la motivation d'investir (pourquoi investir?) jusqu'au choix entre deux machines à acquérir dont le prix et les caractéristiques sont différents mais recourent le même but poursuivi par l'investisseur.

C'est ce dernier aspect qui retiendra notre attention ici. Nous laisserons de côté les questions se rapportant à la politique générale de l'entreprise à savoir si le but poursuivi par le nouvel investissement est de diversifier un programme de fabrication, ou de développer un volume de production déjà existant ou encore de réaliser un investissement de défense.

Nous nous limiterons donc au choix entre deux (ou plusieurs) équipements ayant des capacités de production voisines, des coûts et des durées de vie différents et nous supposerons disposer d'un marché suffisamment extensible pour absorber la nouvelle production sans modification des prix. Ces restrictions sont introduites dans un but de simplification dans le développement qui va suivre et nous permettent, ici, d'éliminer l'incidence des problèmes commerciaux tels que l'influence sur le niveau des prix due à l'apparition de quantités supplémentaires produites.

*Méthode de base* : ce sera l'actualisation des profits futurs prévisibles ramenés au jour de la mise en route du nouveau matériel.

*Formule d'actualisation* : si  $i$  est le loyer de l'argent, taux d'intérêt supposé constant, la valeur de 1 F après  $t$  années sera  $e^{-it}$  (formule 1). Par conséquent, la valeur « actuelle » d'un profit de 1 F réalisé en  $t$  années sera  $e^{-it}$ .

Soit une machine  $M_1$  dont le coût calculé comme indiqué au chapitre précédent a été trouvé égal à  $I_1^*$  et dont la durée de vie est  $t_1$ .

Le bénéfice brut total  $G_1$  peut être connu : ce sera la différence entre prix de vente et prix de revient d'une pièce multiplié par le nombre total de pièces produites pendant la durée  $t_1$  de vie de la machine  $M_1$ . Le gain par

unité de temps sera  $\frac{G_1}{t_1}$ .

En prenant pour origine des temps, le moment de mise en marche de la machine l'actualisation du bénéfice brut sera, (cf. fig. 4)

$$\int_0^{t_1} \frac{G_1}{t_1} e^{-it} dt.$$

et comme par hypothèse  $\frac{G_1}{t_1}$  est constant, il viendra

$$\frac{G_1}{t_1} \int_0^{t_1} e^{-it} dt = \frac{G_1}{it_1} (1 - e^{-it_1})$$

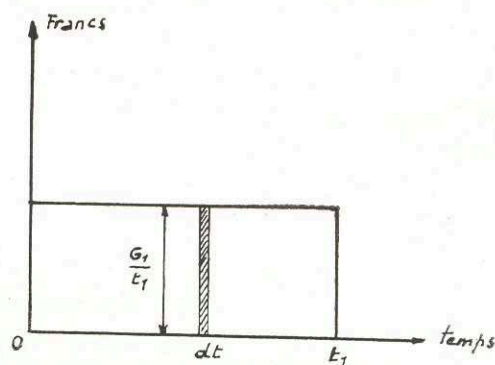


Fig. 4.

*Taux de rentabilité* : Par définition, le taux de rentabilité  $r$  est un taux fictif tel que :

$$I_1^* = \int_0^{t_1} \frac{G_1}{t_1} e^{-rt} dt = \frac{G_1}{rt_1} \left(1 - \frac{1}{e^{rt_1}}\right) \quad (8)$$

$I_1^*$  devra éventuellement être corrigé par la valeur actualisée au temps  $t = 0$  de la valeur de revente de l'équipement  $M_1$  à l'instant  $t = t_1$ .

Le taux de rentabilité est donc un taux d'intérêt fictif permettant d'égaliser l'actualisation des profits futurs réalisables pendant la durée de vie d'un investissement, à sa valeur au moment de la mise en service.

Le taux de rentabilité est parfois utilisé comme critère de comparaison entre deux investissements  $I_1^*$  et  $I_2^*$ .

C'est là un usage abusif, en effet l'équation (8) dont la solution peut être obtenue par approximations successives, comprend d'autres paramètres qui interviennent également tels que  $G$  et  $t$ . Une comparaison basée uniquement sur une confrontation entre  $r_1$  et  $r_2$  ne pourra servir de base à un choix

entre  $I_1^*$  et  $I_2^*$  qu'après s'être assuré que  $G_1$  et  $G_2$  d'une part,  $t_1$  et  $t_2$  d'autre part ont des valeurs suffisamment voisines.

Si la résolution de l'équation (8) fait apparaître une valeur de  $r$  supérieure à  $i$ , l'investissement sera rentable, en lui-même. Par contre si  $r \leq i$ , la décision d'investir ne doit pas être exclue, à priori, et le problème pourra être posé dans un cadre économique élargi.

Le vrai choix entre plusieurs équipements est celui qui rend maximum la différence entre le gain brut actualisé et la valeur de l'investissement, c'est-à-dire :

$$\int_0^{t_1} \frac{G_1}{t_1} e^{-it} dt - I_1^* = \frac{G_1}{it_1} \left(1 - \frac{1}{e^{it_1}}\right) - I_1^* \quad (9)$$

Dans l'exemple ci-dessus, nous avons pris comme modèle, le cas d'un prix de revient constant entraînant l'existence d'une marge brute constante dans le temps. Une telle hypothèse simplifie le développement mathématique. Ce cas peut cependant se rencontrer dans la réalité.

1°) s'il s'agit d'un équipement se démodant rapidement avant usure sensible.

2°) certaines machines-outils ont des frais d'entretien ou de consommation unitaire d'énergie fluctuant peu en fonction du temps d'utilisation.

3°) dans l'hypothèse de salaires stables, ce serait le cas également, en approximation, d'industries où les produits fabriqués incorporent une haute proportion de main-d'œuvre.

Plus généralement, la réalité se rapproche du modèle à prix de revient croissant, l'usure du matériel pouvant donner à cette courbe une allure linéaire, par exemple (cf. fig. 5).

Dans l'hypothèse d'un prix de vente constant, la courbe des marges brutes sera  $g_t = m + nt$  avec pour déterminer  $m$  et  $n$ , les relations

$$G = \int_0^{t_1} (m + nt) dt \text{ et } n + q = 0.$$

En reprenant la marche suivie dans l'exposé du modèle où  $g_t$  était constant, on déterminera le taux de rentabilité et le gain actualisé se rapportant à ce cas.



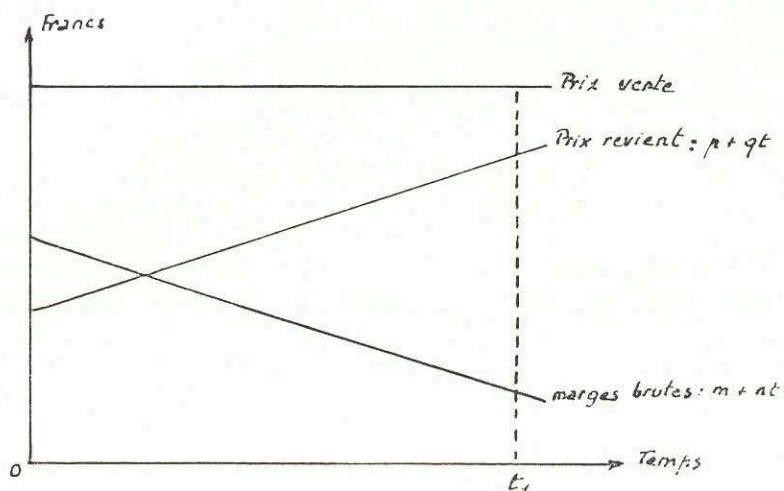


Fig. 5.

## IV. — L'AMORTISSEMENT

Si un épargnant confie  $I$  francs à un compte productif d'intérêts, après  $t$  années, il possédera  $I e^{it}$  francs se décomposant en  $I$  son capital initial et  $I (e^{it} - 1)$  les intérêts composés.  $i$  est le loyer de l'argent, corrigé éventuellement pour tenir compte que la capitalisation bancaire est discontinue.

Si d'autre part, un entrepreneur dispose de la même quantité  $I$  disponible et qu'il l'utilise à acquérir un investissement, il bénéficiera pendant la durée de vie  $t_1$  de son matériel d'une marge brute égale à

$$\int_0^{t_1} g(t) e^{i(t_1-t)} dt$$

où  $g(t)$  représente la différence par unité de temps entre prix de vente et de revient.

A la différence avec l'épargnant qui garde intact son capital de départ, l'investissement initial aura, pour l'entrepreneur, perdu au temps  $t_1$  sa valeur par dégradations successives.

Il convient donc, tout au long de l'existence du matériel, de se constituer une rente telle qu'à l'instant  $t_1$  elle compense cette disparition de substance. Cette rente est l'amortissement.

Dans ce qui précède nous avons implicitement supposé que l'investissement avait été réalisé au sein de l'entreprise par auto-financement ; s'il n'en

était pas ainsi, il conviendrait de réduire la marge bénéficiaire brute de la valeur des intérêts obligatoires échelonnés dans le temps.

L'amortissement n'a pas non plus pour but de mettre, au moment de la mise hors service d'un matériel, à la disposition de l'entreprise, les moyens monétaires permettant d'acquérir un investissement destiné à remplacer celui qui vient d'être déclassé. La chose devient évidente si nous prenons, à titre d'exemple, le cas d'un puits de pétrole : après épuisement du gisement, il ne servirait à rien de creuser au même endroit un nouveau forage et il n'est pas évident qu'il est possible d'en forer un autre ailleurs.

La dotation d'amortissement représente la différence entre la marge brute et le bénéfice net ou profit. Il est dès lors évident qu'il n'est pas possible d'en faire une étude complète sans tenir compte de son environnement fiscal. Nous accepterons pourtant cette simplification puisque le but est d'exposer une méthode de calcul.

Si  $a(t)$  représente la valeur de l'amortissement par unité de temps et en fonction du temps, nous aurons par définition :

$$I = \int_0^{t_1} a(t) e^{-it} dt \quad \text{ou encore :} \quad I e^{it_1} = \int_0^{t_1} a(t) e^{i(t_1-t)} dt \quad (10)$$

suivant qu'on se place dans une optique d'actualisation ou non.

La valeur du bénéfice net total sera :

$$\int_0^{t_1} g(t) e^{i(t_1-t)} dt - \int_0^{t_1} a(t) e^{i(t_1-t)} dt$$

Si nous appelons respectivement  $k$  et  $K$  des coefficients de réduction dus à l'impôt et s'appliquant respectivement à la capitalisation et aux bénéfices industriels, l'entrepreneur aura réalisé un profit supérieur ou égal à l'épargnant si

$$k I e^{it_1} \leq K \left[ \int_0^{t_1} g(t) e^{i(t_1-t)} dt - \int_0^{t_1} a(t) e^{i(t_1-t)} dt \right]$$

et si nous prenons, comme déjà fait précédemment  $g(t) = \text{constante} = \frac{G_1}{t_1}$  il vient après intégration

$$(k + K) I e^{it_1} \leq K \int_0^{t_1} g(t) e^{i(t_1-t)} dt.$$

$$(k + K) I e^{it_1} \leq K \cdot \frac{G_1}{it_1} (e^{it_1} - 1)$$

ou encore :

$$G_1 \geq \frac{k + K}{K} \cdot \frac{e^{it_1}}{e^{it_1} - 1} \cdot I \cdot it_1. \quad (12)$$

Revenons au premier modèle caractérisé par un prix de revient constant et une marge brute également constante;  $t_1$  étant la durée de vie de l'équipement.

Il semble, dans ce cas, tout à fait normal de prendre une dotation d'amortissement  $a$  constante par unité de temps.

La valeur de  $a$  se déduira de l'équation (10) :

$$I = a \int_0^{t_1} e^{-it} dt$$

$$I = \frac{a}{i} (1 - e^{-it_1})$$

d'où

$$a = \frac{I i e^{it_1}}{e^{it_1} - 1}$$

Le rectangle  $ABCD$  mesurera le profit qu'a retiré l'entreprise de l'utilisation de l'investissement  $I$  (cf. fig. 6).

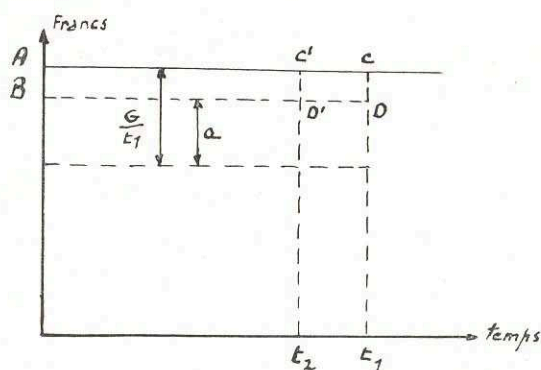


Fig. 6.

Si pour une raison extérieure ou erreur de prévision, la durée de vie était ramenée à  $t_2$  ( $t_2 < t_1$ ) il conviendrait de réduire le profit  $ABC'D'$  de la quantité non amortie du matériel à savoir  $a(t_1 - t_2)$ . L'estimation du temps  $t_1$  dont dépend essentiellement la valeur de la dotation  $a$  doit être faite dans le sens de la sécurité.

Prenons le cas du second modèle, avec prix de revient brut linéairement croissant et ajoutons y un amortissement constant (fig. 7).

L'amortissement devra s'étaler en un temps  $t_2$  nécessairement plus petit que  $t_1$ .

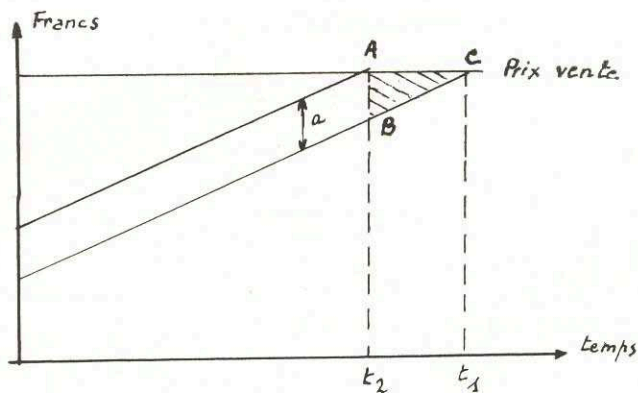


Fig. 7.

Le problème comportera deux inconnues  $a$  et  $t_2$  et est parfaitement défini.

En effet la marge bénéficiaire brute par unité de temps  $g(t)$  est de la forme  $g(t) = m + nt$ , avec

$$m + nt_2 - a = 0 \text{ et } I = \int_0^{t_2} a e^{-it} dt \quad (13)$$

Faudra-t-il cesser la fabrication en  $t_2$  ? Pas nécessairement puisque l'exploitation entre  $t_2$  et  $t_1$  restera bénéficiaire. Le triangle ABC constitue notre sécurité. Celle-ci peut-être connue d'avance puisque la valeur de  $t_2$  est mathématiquement définie dès qu'on s'est imposé un amortissement constant dans le temps.

La résolution du système de deux équations (13) peut s'obtenir en remarquant que :

$$I = (m + nt_2) (1 - e^{-it_2}) \cdot \frac{1}{i} \quad (14)$$

ce qui peut s'écrire :

$$\log (I \times i) = \log (m + nt_2) + \log (1 - e^{-it_2}).$$

En utilisant des échelles logarithmiques, il est donc possible de construire un diagramme tel que soient exprimés en abscisses les temps (ici exprimés en

années), en ordonnées les valeurs des fonctions  $1 - \frac{1}{e^{it}}$ ,  $m + nt$  et  $I \times i =$  constante. En combinant par addition les deux premières fonctions, nous trouvons une courbe dont l'intersection avec l'horizontale  $I \times i$  détermine le temps  $t_2$  pendant lequel doit s'étendre la durée de l'amortissement. La dotation constante  $a$  sera dès lors déterminée en résolvant l'équation (13)

$$I = a \int_0^{t_2} e^{-it} dt = \frac{a}{i} (1 - e^{-it_2})$$

où :

$$a = \frac{I \times i}{1 - e^{-it_2}}$$

Il est également possible d'envisager une loi d'amortissement variable dans le temps telle que le bénéfice net reste constant.

Supposons une loi des marges brutes linéairement décroissante  $g(t) = m + nt$ , la loi d'amortissement sera linéairement décroissante, de la forme  $a(t) = \alpha + \beta t$ . Si  $t_2$  est la durée d'amortissement, nous aurons les relations suivantes :

$$\alpha + \beta t_2 = 0$$

$m + nt - (\alpha + \beta t) = c^{te} =$  pour exprimer le bénéfice net invariant.

$$I = \int_0^{t_2} (\alpha + \beta t) e^{-it} dt.$$

De la deuxième équation nous tirons  $n - \beta = 0$  ou encore  $n = \beta$ .

De la première,  $\alpha = -nt_2$ ; d'où la loi d'amortissement  $a(t) = n(t - t_2)$ .  $t_2$  sera déterminé en résolvant :

$$I = \int_0^{t_2} n (t - t_2) e^{-it} dt = n \int_0^{t_2} t e^{-it} dt - n t_2 \int_0^{t_2} e^{-it} dt.$$

Après résolution, il vient

$$I = \frac{n}{i^2} (1 - i t_2 - e^{-i t_2}) \quad (15)$$

La surface hachurée de la figure 8 représente la sécurité.

En observant que le développement en série de  $e^{-it}$  donne

$$e^{-it} = 1 - \frac{it}{1} + \frac{i^2 t^2}{2!} - \frac{i^3 t^3}{3!} + \dots,$$

la relation (15) peut avec approximation s'écrire

$$-\frac{I}{n} = -\frac{t_2^2}{2} - \frac{it_2^3}{6} + \dots$$

d'où on déduira la valeur de  $t_2$  et la loi d'amortissement  $a(t) = n(t - t_2)$ .

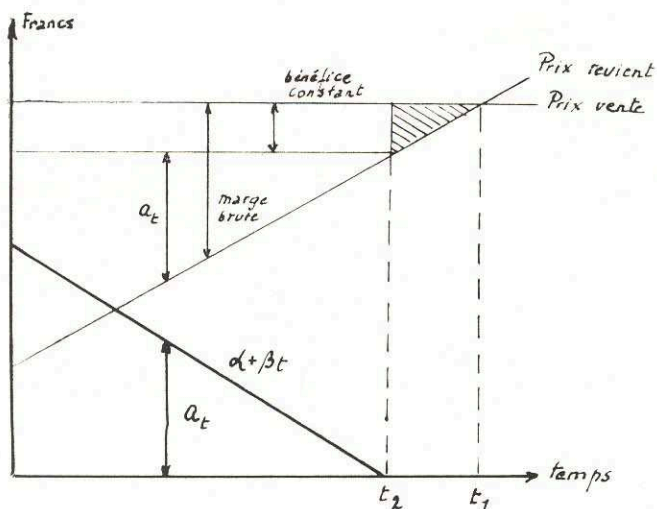


Fig. 8.

Les développements précédents appellent quelques remarques.

1°) L'amortissement calculé comme précédemment permet de calculer le seuil de rentabilité du prix de vente. En effet lorsque la marge bénéficiaire brute  $g(t)$  est égale à l'amortissement au même instant, c.-à-d. lorsque  $g(t) = a(t)$ , nous avons assuré au capital investi  $I$  une rentabilité égale à celle qu'aurait apportée le marché des capitaux. Tout bénéfice supplémentaire provenant de l'inégalité  $g(t) > a(t)$  est en réalité un « superbénéfice » au sens où l'entend le Professeur Allais de Paris.

2°) Les relations (14) et (15) permettent de fixer le temps d'amortissement  $t_2$ ; pour que celui-ci ait un sens, il faut que  $t_2 < t_1$  temps d'utilisation physique du matériel sans amortissement.

3°) L'amortissement par dotation constante issu de la formule (14) n'est pas toujours possible. La fonction  $(m + nt)(1 - e^{-it})$  est en fait le produit d'une fonction croissante  $1 - e^{-it}$  et d'une fonction décroissante  $m + nt$  (car  $n$  est nécessairement négatif) et passe par un maximum.

Exemple de résolution graphique pour.  $I = 100.000 \text{ frs}$   
 $i = 5\%$   
 $g(t) = m + nt = 55.000 - 5000t$   
 $t_2 = 8 \text{ ans}$   
 $a = 15.000 \text{ frs}$

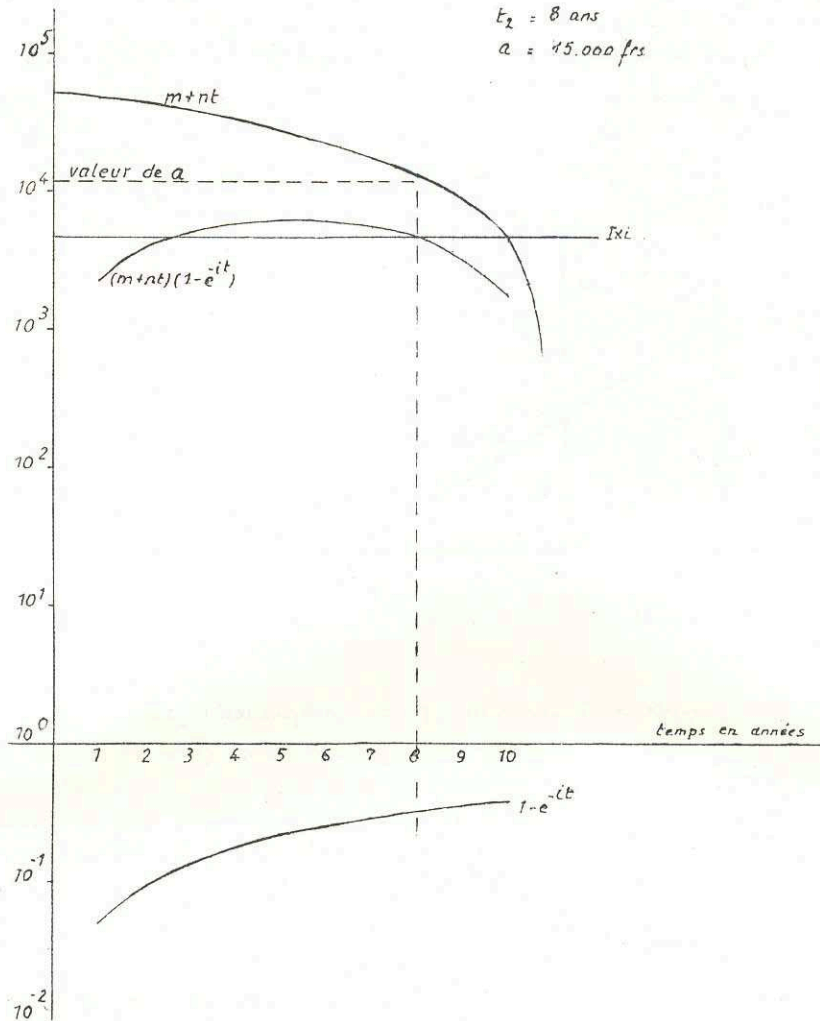


Fig. 9.

Si le produit  $I \times i$  est supérieur à ce maximum, la relation (14) ne nous donne pas de solution réelle.

La valeur du temps  $t$  pour lequel  $(m + nt)(1 - e^{-it})$  atteint son maximum peut facilement s'obtenir en annulant la dérivée première :

$$(m + nt_{\max})e^{-it_{\max}} \times i + n(1 - e^{-it_{\max}}) = 0, \text{ ou} \\ n(e^{it_{\max}} - 1) + i(m + nt) = 0,$$

c.-à-d. avec une approximation grossière en remplaçant  $e^{it_{\max}} - 1$  par  $it_{\max}$  (cf. série de Mac Laurin)  $nit_{\max} + mi + nit_{\max} = 0$ ; d'où  $t_{\max} \cong \frac{m}{-2n}$ .

Pour que l'équation (14) nous apporte une solution réelle, ou encore pour que le calcul d'une dotation d'amortissement constante soit possible, il faut que

$$I \leq \frac{(m + \frac{mn}{-2n})(1 - e^{\frac{mi}{-2n}})}{i} = \frac{m}{2i}(1 - e^{\frac{mi}{-2n}})$$

4<sup>o</sup>) De même l'amortissement par fonction linéaire décroissante ménageant un bénéfice net constant entraîne la condition suivante

$$t_2^2 \cong -\frac{2I}{n} < t_1^2 \text{ c'est-à-dire } I < -\frac{nt_1^2}{2}.$$

### CONCLUSIONS

Nous avons passé en revue quelques applications d'une méthode de calcul pouvant servir de base mathématique à une prise de décision.

Nous avons admis implicitement un certain nombre d'hypothèses, telles qu'un taux d'intérêt, des unités monétaires stables et un régime économique où les prix sont fixés en dehors du problème examiné.

Les formules précédentes permettent également de se rendre compte des conséquences d'une variation des paramètres extérieurs.



## **SOGESCI**

**Séminaire prospectif d'automatisation administrative**  
**1 et 2 octobre 1962 (\*)**

**Prospektief Seminarie van Administratieve Automatisatie**  
**1 en 2 oktober 1962 (\*)**

### **Allocution d'ouverture**

par Ch. VAN HERBRUGGEN,

*Représentant du Ministre des Affaires Economiques.*

Au début de ce séminaire consacré à l'automatisation administrative, je ne m'étendrai pas sur l'intérêt du traitement de l'information. La réalisation de Telstar enlève aux mots leur puissance d'éloge. Nous sommes entrés dans une ère où le traitement de l'information, sous des formes chaque jour plus complexes et plus diversifiées, joue un rôle fondamental. Que ce soit en recherche spatiale, en publicité, en contrôle technique ou simplement en organisation administrative, partout on retrouve la même force du traitement de l'information.

Je ne m'étendrai pas non plus sur l'importance, à l'aube du Marché Commun, de posséder ces techniques de manière à favoriser l'expansion de l'économie belge dans le nouvel espace qui nous est ouvert.

C'est également un lieu commun de constater que les développements des secteurs tertiaires, en particulier des secteurs administratifs, vont de pair avec une augmentation de la productivité. Et si je ne m'arrête pas à ces aspects fondamentaux, qui constituent cependant la trame de votre séminaire, c'est qu'il m'apparaît primordial d'avoir mis l'accent, comme vous l'avez fait, sur le caractère prospectif de vos travaux.

En effet, demain ne doit pas être le fruit du hasard mais il doit être fécondé par une volonté collective si l'on veut qu'il conserve toute sa richesse humaine. Cette richesse humaine, je suis heureux que vous la puisiez dans cette collaboration étroite de tous ceux qui sont capables d'améliorer notre devenir,

---

(\*) A partir de ce numéro nous publions les diverses communications présentées à ce séminaire.

Van dit nummer af worden de verscheidene op deze seminarie gegeven voordrachten gepubliceerd.

dans cette collaboration des centres universitaires, des constructeurs, des utilisateurs et des pouvoirs publics.

Si les centres universitaires doivent être des avant-coureurs de la pensée universelle, les constructeurs savent combien ils peuvent favoriser le progrès économique, tandis que leurs rapports sont vivifiés par le réalisme des utilisateurs. Cette collaboration facilite la tâche du pouvoir public dans sa poursuite d'un bien-être collectif en perpétuelle évolution.

Aussi est-ce avec satisfaction que j'ai relevé cette volonté prospective de votre séminaire et que je tiens, en ouvrant celui-ci, à vous encourager et à vous assurer de l'appui moral du pouvoir public.

## Le Congrès de la Fédération internationale pour le Traitement de l'Information

par M. LINSMAN,  
*Université de Liège.*

Un important congrès sur le Traitement de l'Information (en abrégé T.I.) s'est tenu à Munich du 27 août au 1<sup>er</sup> septembre 1962.

Organisé par la Fédération internationale pour le Traitement de l'Information (\*) sous la dénomination IFIP Congress 62, il a réuni quelque 2.800 personnes venues de 41 pays différents.

Le Professeur Dr A. WALTHER de la Technische Hochschule de Darmstadt, le Professeur Hans J. PILOTY de la Technische Hochschule de Munich et M. A. GÜNTER, Directeur de la Siemens-Schuckert Werke de Munich en assuraient respectivement la présidence générale, la vice-présidence et le secrétariat. La présidence du comité du programme avait été confiée au Dr N.I. BECH, Directeur du Regnecentralen de Copenhague, tandis que le Dr VAN DER POEL des Netherlands Postal and Telecommunications Services en assurait la vice-présidence.

---

(\*) La Fédération internationale pour le Traitement de l'Information (IFIP) a été constituée en 1959, à la suite du premier Congrès international sur le T.I. qui s'est tenu à Paris sous le patronage de l'UNESCO. Vingt et un pays y sont actuellement représentés. Le bureau en est ainsi constitué :

*Président* : M. I.L. AUERBACH, fondateur de l'Auerbach Corporation, U.S.A.

*Vice-Président* : Pr. A. VAN WIJNGAARDEN, Directeur du Mathematisch Centrum d'Amsterdam.

*Secrétaire-Trésorier* : Dr A.P. SPEISER, Directeur du Laboratoire IBM de Zurich, privat-docent à l'École polytechnique fédérale de Zurich.

*Secrétaire adjoint* : M. LINSMAN, chargé de cours à l'Université de Liège.

Le but de la Fédération est essentiellement d'organiser des conférences scientifiques et des colloques internationaux sur le traitement de l'information, et de constituer des comités internationaux chargés d'entreprendre des tâches déterminées dans ce domaine. Jusqu'à présent, deux comités techniques ont été formés, le comité de terminologie et des symboles et le comité des langages de programmation. Le premier étudie les problèmes que pose la standardisation de la terminologie du traitement de l'information en usage dans différentes langues; le second doit assurer la coopération et la coordination internationales pour le perfectionnement et l'exploitation des langages employés en programmation.

L'un des principaux objectifs de l'IFIP Congress 62, était de mettre en évidence, non seulement l'importance des procédés automatiques de T.I. dans notre civilisation, mais aussi le caractère véritablement universel de leurs applications.

Tel sera aussi notre propos dans cet exposé où nous passerons rapidement en revue des divers aspects du T.I. qui ont été envisagés. Nous suivrons encore à cette fin le plan décrit par le Prof. Dr WALTHER dans son discours d'ouverture : comparant l'IFIP Congress 62 au prisme qui analyse la lumière, il en définissait l'objet comme étant de dégager le spectre du T.I. Il distinguait ainsi, correspondant au sept couleurs de l'arc-en-ciel, et allant du violet au rouge :

1. - le traitement de gestion de l'information;
2. - le traitement scientifique de l'information;
3. - le traitement de l'information en temps réel;
4. - la documentation automatique;
5. - la traduction automatique des langues;
6. - la perception artificielle;
7. - les aspects logiques et techniques du traitement de l'information.

Aux limites de cet éventail, et correspondant à l'ultra-violet et à l'infrarouge, étaient encore les problèmes relatifs à l'enseignement du traitement de l'information, ainsi que les concepts avancés.

Encore pourrait-on décomposer plus finement le spectre du T.I. puisque les exposés furent répartis en 25 sessions et 26 symposiums et séances de discussion différents et nettement caractérisés.

#### 1. - *Le traitement de gestion de l'information.*

On doit entendre sous ce vocable, outre les travaux administratifs et comptables, tous les travaux qui portent généralement sur un volume important de données, conduisent à l'impression d'un nombre élevé de résultats, comportent des opérations de tri et de classement, mais ne demandent que des calculs relativement simples : calculs statistiques, calculs de paie, travaux bancaires, tenue d'inventaires, réservation de places, etc.

Il est important d'observer que la complexité et la difficulté de ces travaux ne tiennent pas uniquement à des raisons d'ordre technique : dans les travaux bancaires, par exemple, il faut tenir compte des contraintes dues aux usages, au fait que l'information n'est pas toujours seule à traiter mais aussi le document qui la porte, à l'obligation de coordonner le traitement de l'information entre plusieurs institutions tout en laissant bien souvent à chacune d'elles

le maximum d'autonomie, de pouvoir faire aisément la preuve de chaque opération prise isolément.

C'est donc au niveau du système autant qu'à celui du matériel que les progrès doivent être recherchés et, dans cette direction, il y a sans aucun doute beaucoup à faire.

L'appellation « traitement de gestion » ne se rapporte pas à la matière mais caractérise un mode de traitement. C'est ainsi que l'on doit placer sous cette rubrique toute espèce d'enquête, la constitution de dossiers de toute nature et l'établissement d'horaires, que l'on sait être généralement fastidieux.

Cette extension du concept est importante car elle invite à la recherche de nouvelles applications. Nous devons ainsi mentionner l'aide qui peut être apportée au médecin, notamment dans l'élaboration du diagnostic. Il n'est pas ici question de vouloir remplacer le médecin, dans le véritable exercice de son art, par une machine; d'autant plus que son intervention directe produit bien souvent un effet psychologique qui est déjà par lui-même une thérapeutique. Mais on peut mécaniser le dépouillement de fiches sanitaires, exploiter de même automatiquement les informations recueillies au moyen de questionnaires et les données d'un fichier médical. On peut se proposer, par exemple, de dépister de la sorte les cas qui, d'une manière non douteuse, ne réclament pas la présence du médecin, de reconnaître aussi les cas nettement caractérisés et de les répartir selon leur nature ou leur gravité.

Si l'on réalise que l'extension des services médicaux et l'assistance aux pays en voie de développement continueront d'imposer aux médecins des charges de plus en plus lourdes, on ne peut ne pas prendre sérieusement en considération l'aide que les moyens modernes de traitement de l'information sont en mesure de leur apporter. Certains pensent même que cette utilisation des calculatrices électroniques deviendra dans l'avenir une des plus importantes.

## 2. - *Le Traitement scientifique de l'Information.*

A l'opposé du traitement de gestion, le traitement scientifique de l'information demande normalement beaucoup de calculs, même quand il ne concerne qu'un nombre relativement peu élevé de données et conduit à l'impression d'un nombre comparable de résultats.

Nous ne nous arrêterons pas longuement à cet aspect déjà traditionnel du traitement de l'information, car il est bien connu que les calculatrices électroniques sont désormais des auxiliaires indispensables du physicien et de l'ingénieur.

Nous voudrions seulement observer que la gestion des entreprises, dans laquelle l'esprit scientifique pénètre de plus en plus, peut réclamer des calculs

autrement complexes que les calculs comptables. Tels sont, par exemple, les calculs de programmation linéaire.

Ajoutons que le calcul matriciel est devenu un outil usuel dans l'étude de tous les problèmes où interviennent un nombre élevé de variables, condition qui est, par excellence, celle des problèmes économiques.

Nous pensons devoir rattacher au traitement scientifique de l'information les méthodes dites de simulation (\*), en raison de l'esprit de ces méthodes et du fait que, comme dans les problèmes scientifiques, on y est généralement conduit entre l'entrée des données et l'impression des résultats à des opérations nombreuses.

### 3. - *Le Traitement de l'Information en temps réel.*

Les calculatrices électroniques interviennent de plus en plus dans les systèmes intégrés devant traiter l'information en temps réel : systèmes de réservation de places, contrôle de trafic routier, ferroviaire et aérien, pilotage automatique, conditionnement automatique des usines.

Nous ne pouvons mieux faire pour mettre en lumière le rôle économique de tels systèmes que de mentionner quelques exemples particulièrement significatifs qui ont été présentés au Congrès de l'IFIP.

Il sera tout d'abord question de la communication de M. L. CASCIATO de la Traffic Research Corporation Ltd, Toronto, Canada. Cette communication concerne l'utilisation d'un calculateur électronique pour la commande des feux de signalisation dans le trafic routier, à partir des informations qui lui sont envoyées par des détecteurs de trafic. Le procédé a été expérimenté pendant un an dans un quartier pilote de Toronto et les résultats obtenus en ayant prouvé la sécurité et l'efficacité, on généralise actuellement l'emploi du système à la ville tout entière.

Une autre communication, de M. M. R. B. STAUFFER, United Aircraft Corp., East Hartford, Conn. U.S.A. et T. H. LEWIS, 3rd Weather Wing, Offut AFB Neb. U.S.A., présente une technique nouvelle, destinée à la prévention contre les accidents d'aviation par une étude minutieuse des conditions atmosphériques. Dans le but d'établir des prévisions météorologiques, un centre assemble, trie, annote et regroupe les 20 millions de données qui lui

---

(\*) Les méthodes de simulation sur calculatrices électroniques consistent à reproduire numériquement l'évolution des phénomènes étudiés. Elles se prêtent à l'étude des phénomènes qui mettent en jeu des actions discontinues et supposent éventuellement l'intervention du hasard, et qui, pour ces raisons, ne peuvent pas être étudiées par les voies mathématiques traditionnelles; trafic routier, diffusion des neutrons, fonctionnement des entreprises, etc.

parviennent journallement du monde entier. Il exploite à cette fin des tables ne comportant pas moins de 13.000 entrées, d'environ 30 chiffres chacune, et fournissant les limites de sécurité des conditions de vol.

Une communication de M. J. CARPENTIER, de l'EDF avait trait à une nouvelle méthode de calcul de dispatching économique d'un réseau de transport d'énergie. L'objectif poursuivi est de déterminer les productions des usines génératrices de façon à satisfaire les consommations et à minimiser le coût de la production.

Est-il besoin de souligner que la réalisation du rendement optimum se traduit par un gain considérable en raison des quantités d'énergie produites ?

#### 4. - *La documentation automatique.*

Parallèlement aux études sur la T.A.L., dont il sera question au point suivant, se développent depuis quelques années des recherches pour l'automatisation des travaux de documentation. Leur champ d'investigation s'étend depuis les études sur les modalités d'indexage jusqu'à l'établissement automatique de bibliographies. Remarquons qu'en ce qui concerne la recherche documentaire, un progrès considérable pourrait déjà être réalisé sans qu'il soit nécessaire d'atteindre un tel objectif, ne serait-ce qu'en rendant automatique la consultation des fichiers; mais on espère aller beaucoup plus loin.

A des points de vue différents, la communication de N. S. PAYWES et H.J. GRAY, d'une part, et celle de D.R. SWANSON, d'autre part, posent le problème important de la communication en langage humain avec les machines en vue de la recherche automatique de l'information. Tandis que les premiers s'attachent à l'étude des problèmes techniques et économiques qui en résultent, le second relate des expériences effectuées notamment pour l'établissement automatique d'une documentation relative à des textes de physique.

#### 5. - *La Traduction automatique des Langues.*

La traduction automatique des langues (T.A.L.) est à l'étude dans de nombreux centres de recherches, sur le plan technique comme dans ses aspects linguistiques.

On peut sans aucun doute considérer que les moyens techniques dont on dispose actuellement suffisent à ses besoins; mais il est vraisemblable que la nature particulière du problème conduira à la conception de machines spécialisées.

C'est dans cette perspective que l'on développe par exemple des systèmes optiques de mémoire pour l'enregistrement de lexiques.

La T.A.L. demande, en effet, sur le plan technique la réalisation de conditions particulières :

1 - lecture automatique du texte d'entrée avec reconnaissance des signes alphabétiques, numériques et de ponctuation, compte tenu de la diversité des caractères typographiques.

2 - opérations assez particulières au niveau du caractère sur des mots de longueur variable; recherche de radicaux, mise en place d'affixes, élisions, etc.

3 - problèmes d'édition, y compris la mise en page et plus particulièrement la justification du texte.

Ces derniers problèmes intéressent de manière beaucoup plus générale l'art de l'imprimerie et leur étude pourrait déjà de révéler fort utile indépendamment du bénéfice escompté en T.A.L.

Les études linguistiques dont il est ici question se prolongent tout naturellement jusque dans la phonétique.

On s'attache actuellement à la conception d'appareils qui pourraient effectuer la transcription orthographique du langage parlé. La réalisation de tels engins permettrait par exemple une dactylographie automatique et serait de nature à faciliter le dialogue homme-machine. Il ne s'agit pas là d'un problème uniquement technique et sa résolution suppose une étude approfondie des lois du langage. C'est la raison pour laquelle il apparaît indispensable de faire appel aux diverses disciplines de la linguistique : phonétique, phonologie et grammaire.

Le Congrès de l'IFIP a donné un reflet des études linguistiques actuellement en cours concernant la T.A.L. Signalons notamment de S. KUNO et A.G. OETTINGER, Harvard Computation Laboratory, Cambridge, Mass, USA, une communication sur l'analyse syntaxique exhaustive. Les auteurs y présentent une méthode nouvelle pour obtenir les différentes analyses de phrases syntaxiquement ambiguës. Ils considèrent que les principes de cette méthode conduisent au développement de techniques efficaces, non seulement pour l'analyse de l'anglais, sur lequel ils l'ont expérimentée, mais aussi pour l'analyse du russe.

Faut-il souligner combien dans ses aspects linguistiques, le problème de la T.A.L. peut être ardu et que des difficultés importantes devront encore être surmontées avant que l'on ne parvienne à des traductions automatiques de qualité (\*).

---

(\*) Voir, à ce sujet, M.-O. HOUZIAUX, assistant au Centre interdisciplinaire de Calcul de l'Université de Liège, lic. en Philosophie et Lettres : « Aspects linguistiques de la Traduction automatique des Langues ».



#### 6. - *La perception artificielle.*

Nous abordons ici un des sujets les plus séduisants du traitement de l'information. Par perception artificielle, on entend la reconnaissance automatique des figures géométriques, des sons ou même des aspects qui échappent à la perception sensorielle et ne peuvent être relevés que par voie indirecte. Les configurations peuvent être analysables (c'est le cas pour les caractères typographiques suffisamment bien définis), ou même simplement reconnaissables (il en est ainsi pour les encéphalogrammes).

Dans le premier cas, on conçoit aisément la construction d'appareils doués d'un certain pouvoir de perception, pouvoir qu'ils détiennent de leur réalisation propre ou des programmes qu'ils exploitent. Dans le second cas, la faculté de perception ne peut être développée que par recours à des procédés d'apprentissage. Nous y reviendrons plus loin. Parmi les exposés consacrés à la perception artificielle, nous mentionnerons spécialement celui de B. JULESZ, Bell Telephone Laboratories, Murray Hill, N.J., USA, intitulé « Vers l'automatisation de la perception binoculaire en relief ». Il ouvre la voie en photogrammétrie à l'automatisation intégrale des procédés de restitution basés sur l'exploitation de la vision stéréoscopique.

Parmi les communications relatives à la perception artificielle, nous noterons encore, mais se plaçant au point de vue opposé de la synthèse, l'exposé de A.W. SLAWSON, the Mitre Corporation, Bedford, Mass., U.S.A., qui avait pour titre : « Muse, un programme pour la synthèse du son ». Il s'agit d'un programme écrit de façon à fournir des représentations digitales d'ondes acoustiques à variations lentes.

#### 7. - *Les Aspects logiques et techniques du T.I.*

Bien que, dans leur principe, les calculatrices électroniques soient des machines universelles, on est amené à orienter leur conception différemment selon les services qu'on en attend. Leur structure logique a ainsi fortement évolué au cours des dernières années et continuera d'évoluer encore.

Nous voudrions ici mettre l'accent sur l'une des caractéristiques les plus importantes de cette évolution. Si, au départ, les calculatrices électroniques furent conçues pour exécuter leurs opérations à la file, la tendance paraît être actuellement à la conception d'ensembles composés d'organes différenciés et capables de conduire eux-mêmes leur propre travail en simultanéité.

L'avantage le plus apparent qui en résulte est le gain de temps dû au plein emploi du matériel. Cet avantage est évidemment sensible en automatisation

administrative. Mais la possibilité de rendre simultanée l'exécution de plusieurs programmes peut devenir une nécessité dans le T.I. en temps réel.

La programmation est également la source d'études logiques nombreuses, qui ne sont d'ailleurs pas sans avoir de répercussions sur la conception des machines. De nombreux systèmes et langages de programmation ont été développés et des études importantes se poursuivent dans ce domaine en vue de permettre aux utilisateurs un accès plus facile aux machines (\*).

Parallèlement aux progrès des conceptions logiques et des méthodes de programmation, les techniques fondamentales auxquelles fait appel la réalisation des calculateurs électroniques continuent à se développer en de multiples directions : transistors, ferrites, cryotrons, disques magnétiques rapides, mémoires sur cartes magnétiques à accès aléatoire.

Nous résumerons les progrès en cours en disant qu'on commence à exprimer les vitesses opératoires des calculatrices électroniques en nanosecondes, c'est-à-dire en milliardièmes de seconde.

Ceci ne veut évidemment pas dire que tous les circuits des calculateurs opéreront à de telles vitesses, qui intéressent surtout les organes de traitement. Elles réclament néanmoins pour rétablir l'équilibre que le rythme des unités périphériques soit accéléré.

#### 8. - *Les Concepts avancés.*

Nous abordons maintenant un sujet délicat, car les concepts avancés sont souvent l'objet de controverses. Mais s'il faut éviter de tomber dans l'utopie, il importe aussi de savoir reconnaître ce qui est susceptible de devenir réalité.

C'est incontestablement d'une manière bien superficielle que l'on a parfois assimilé les calculateurs électroniques à de véritables cerveaux : en s'accordant à dire qu'ils ont de la mémoire, on use en effet d'un terme beaucoup trop riche pour désigner de simples organes d'enregistrement et de lecture, la propriété fondamentale de la mémoire du cerveau vivant, l'une des bases même de l'intelligence, paraissant bien être sa propriété associative.

Il n'empêche que la comparaison a conduit à l'idée de construire des appareils se conditionnant par apprentissage selon les réactions du milieu exté-

---

(\*) Voir, à ce sujet, G. TIBAU, Ingénieur, assistant au Centre interdisciplinaire de Calcul de l'Université de Liège : «Tendances actuelles en programmation automatique».

rieur, c'est-à-dire des appareils capables de s'adapter comme le fait le cerveau vivant.

De même a-t-on pensé qu'une certaine fantaisie pourrait n'être qu'un effet du hasard. L. A. HILLER de l'Université de l'Illinois s'est ainsi ingénié à faire composer des mélodies par le calculateur Illiac à partir de nombres engendrés suivant un processus stochastique et filtrés selon les lois de l'harmonie.

Mais il semble que l'on puisse aller beaucoup plus loin en s'inspirant directement, comme l'a fait ROSENBLATT aux E.-U., des enseignements que nous apporte la biologie sur la nature et le fonctionnement des cellules nerveuses (\*). Il est en effet toujours possible de simuler numériquement au moyen d'un calculateur électronique tout phénomène physique dont on connaît ou dont on suppose connues les lois fondamentales. Cet aspect des choses, qui est de nature à intéresser le biologiste comme l'ingénieur, donne à réfléchir sur le sens qu'il convient d'attribuer à un vocable devenu usuel : « l'intelligence artificielle ».

#### 9. - *Le Traitement de l'information et l'enseignement.*

Une discipline aussi vaste que celle du T.I., et qui évolue aussi rapidement devait nécessairement, au Congrès de l'IFIP, faire l'objet d'un échange de vues entre ceux qui ont pris son enseignement en charge.

Car de l'extension et de la qualité de cet enseignement dépend de toute évidence la valeur des cadres qui seront formés et dont on ressent partout le plus grand besoin. Nous en retiendrons ce qui suit :

Au niveau universitaire, il semble bien qu'une certaine connaissance des calculatrices électroniques et de la programmation soit devenue une question de formation générale pour le mathématicien, le physicien et l'ingénieur et pour ceux qui entreprennent des études commerciales.

En outre, il est souhaitable que les universités continuent de s'intéresser à la construction des calculateurs. Non bien entendu dans l'intention de concurrencer l'industrie autrement bien équipée pour leur construction que les universités, mais parce qu'elles peuvent encore faire progresser la conception logique des machines.

---

(\*) Voir, à ce sujet, M. LINSMAN. L'Université inaugure son Centre de Calcul, *Bulletin de l'Association des Amis de l'Université de Liège*, n° 1, 1959, pp. 36-41.

Pour terminer, nous voudrions encore mettre l'accent sur un point très important bien qu'il n'ait pas été porté au programme du Congrès qui, déjà fort chargé, ne pouvait prétendre à être exhaustif : la possibilité de confier aux calculateurs électroniques certaines tâches d'enseignement comme la conduite d'une interrogation.

Nous en avons ainsi terminé de parcourir le spectre du T.I. Ce spectre s'étend peut-être loin encore en dehors de ce qui est actuellement visible. Et l'on peut s'attendre à ce que le prochain Congrès international sur le T.I. que le Conseil de l'IFIP a déjà décidé d'organiser en 1965 à New-York en révélera de nouveaux domaines.

**Conférence sur l'Enseignement de la Recherche opérationnelle  
organisée par l'OTAN à Venise, du 9 au 13 juillet 1962**

Sous les auspices du Comité Scientifique de l'OTAN, le Comité Consultatif sur la Recherche Opérationnelle a organisé un séminaire pour professeurs d'universités et représentants de l'industrie intéressés à l'amélioration de l'enseignement de la recherche opérationnelle. La Division des Affaires Scientifiques désirait, entre autres choses, obtenir l'avis de spécialistes sur ses réalisations en ces matières ainsi que des propositions concernant des actions futures.

La quarantaine de participants qui avaient répondu à l'invitation représentait l'ensemble des pays membres de l'Organisation, à l'exception de la Grèce et de la Turquie. La réunion était conduite de main de maître par le professeur B.O. Koopman. Le nombre limité de participants et l'horaire qui prévoyait un temps de discussion égal au temps des exposés, ont permis un travail des plus fructueux.

Les thèmes des exposés et des discussions peuvent se grouper d'après plusieurs idées.

A. — *L'état de l'enseignement de la recherche opérationnelle* dans différents pays fut présenté par le Dr. M.G. Kendall pour le Royaume-Uni, le Cdt Mensch et le Prof. Dugué pour la France, le Prof. W.E. Krelle pour l'Allemagne fédérale et le Prof. G. Pompilj pour l'Italie.

Chaque conférencier s'attacha à faire le point, décrivant les programmes existants, l'évolution qui a eu lieu et les projets pour l'avenir prochain. Chacun exposa aussi les difficultés particulières rencontrées qui sont souvent spécifiques aux pays et tiennent à la structure des enseignements supérieurs nationaux.

B. — Les professeurs R. Howard et R.W. Shephard décrivent, de leur côté, *l'expérience et les programmes d'institutions d'enseignements américaines*, respectivement du M.I.T. et de l'Université de Californie.

C. — *Le point de vue de l'utilisateur* de la Recherche Opérationnelle fut présenté par Mr. S.L. Cook, chef d'un groupe important de recherche

opérationnelle dans l'industrie britannique. Il mit spécialement l'accent sur l'interdépendance entre formation académique et formation pratique, ainsi que sur les besoins de formation complémentaire du personnel déjà spécialisé.

D. — Envisageant le sujet de manière globale, le Prof. Koopman fit, quant à lui, un *exposé général* qui regroupait et réordonnait les idées émises et discutées.

Il reposait le problème de la nature de la recherche opérationnelle, science et profession, caractérisée par un objet, et présentant de multiples possibilités d'applications. Il envisageait ensuite les matières à enseigner, d'une part pour former des chercheurs opérationnels capables de mettre en application des techniques, et d'autre part pour susciter des chercheurs aptes à faire progresser la science. Il insistait au passage sur l'importance de bonnes communications entre le groupe de recherche opérationnelle et les utilisateurs de son travail, c'est-à-dire ceux qui demandent l'étude et ceux qui devront mettre en pratique ses résultats. En terminant, il énonçait les caractéristiques de l'élément humain disponible, aux Etats-Unis, pour une formation en recherche opérationnelle.

Comme on s'en rend compte, cet exposé donnait un schéma de réflexion qui permettait de préparer une séance de discussion générale destinée à élaborer des conclusions et des recommandations à soumettre au Comité Scientifique de l'OTAN.

#### *Principaux points discutés.*

Sans prétendre être complet ni préjuger du contenu du rapport officiel du séminaire qui sera soumis au Comité Scientifique, nous croyons bon d'esquisser les principaux points sur lesquels ont porté les échanges de vues. Nous rapportons les idées qui nous paraissent les plus importantes, en ayant soin de souligner que beaucoup d'avis contradictoires furent émis et qu'il eût été difficile d'obtenir une adhésion générale sur des résolutions se rapportant aux différents points envisagés. Le but de réunions de ce genre est d'ailleurs plus de voir la diversité des idées et des problèmes et de discerner des tendances que d'aboutir à des conclusions unanimes.

##### *1. Formation de base.*

Sur ce point, il semble y avoir accord de l'ensemble des participants pour dire que le domaine de la formation générale préalable à la formation proprement dite en recherche opérationnelle a peu d'importance. Certains insistent même sur la nécessité de la diversité de formation pour les membres d'un même groupe. Il semble en tout cas que la formation en sciences expé-

rimentales et surtout en sciences physiques est généralement appréciée. La formation en économie a aussi ses adeptes. De toutes façons, aucune exclusive n'intervient ici.

### 2. Formation spécialisée.

L'avis général est que l'enseignement en recherche opérationnelle est d'un niveau spécialisé qui correspond au « post graduate » des systèmes anglo-saxons.

Des discussions animées ont eu lieu sur la place de l'enseignement de la recherche opérationnelle dans la structure de l'enseignement supérieur. Certains veulent en faire une discipline distincte qui doit avoir sa liberté et donc constituer une faculté ou du moins un département distinct. D'autres sont partisans résolus d'un régime interfacultaire qui correspond peut-être mieux à la nature de la recherche opérationnelle mais pose des problèmes assez ardu de coordination et d'organisation. D'autres enfin ne s'opposent pas à une multiplication de cours de recherche opérationnelle au sein de différentes facultés qui, s'ils présentent l'inconvénient d'une dispersion évidente, permettent peut-être une meilleure adaptation de l'enseignement à la condition des étudiants. Ce dont tous conviennent, en gens pratiques, c'est qu'il faut élaborer un enseignement de qualité tout en « sous-optimisant » peut-être pour tenir compte des restrictions dues aux structures et aux personnes.

### 3. Formation pratique.

Pour la majorité des participants, la formation pratique paraît essentielle. Toutefois, si l'on fait la distinction entre la recherche opérationnelle en tant que science et la recherche opérationnelle en tant que profession, on comprend facilement qu'il puisse ne pas y avoir unanimité. Ceux qui s'attachent à l'aspect « science » accordent une importance relative moindre à la formation pratique.

Quant aux modalités de la formation pratique, les avis divergent. Certains veulent une formation « sur le tas » dans un groupe avant même la formation aux techniques spécifiques de la recherche opérationnelle. D'autres sont partisans d'une certaine expérience industrielle avant d'entamer la formation spécialisée. D'autres encore, nombreux semble-t-il, s'efforceraient plutôt de combiner l'enseignement avec des applications dans le cadre de séminaires ou de projets réalisés sur des cas réels. A ce sujet, on a d'ailleurs fait remarquer l'absence de publications d'applications pouvant servir à des études de cas.

4. *Compléments de formation pour spécialistes.*

Ce sont surtout les représentants des utilisateurs qui ont fait ressortir ce problème. Il existe dès à présent un certain nombre de programmes et de cours destinés à former des spécialistes à partir de diplômés universitaires de formations diverses. Par contre, il n'existe quasi rien, en dehors des publications spécialisées, pour tenir les praticiens déjà formés au courant de l'évolution des méthodes et des techniques, particulièrement rapide dans le domaine neuf qu'est la recherche opérationnelle. Ces praticiens, qui exercent des fonctions de meneurs de groupes, font d'ailleurs remarquer qu'en plus de ce besoin de mise à jour des connaissances existe un besoin de formation différente, formation qui les rende aptes à la résolution de problèmes d'une autre envergure, notamment ceux de conception de politiques et ceux de méthodologie pour la construction de modèles. On rejoint encore ici le problème de la non-diffusion de cas pratiques.

5. *Les matières à inclure dans les programmes.*

Un des rares points sur lequel s'est faite l'unanimité est la nécessité d'une formation de base en probabilité, en statistique et en processus stochastiques, de façon telle que la personne qui acquiert la formation en recherche opérationnelle puisse traiter de façon concrète les nombreux problèmes de nature probabiliste. Cette formation paraît tellement fondamentale pour la plupart des branches du savoir que plusieurs préconisent une initiation au concept de probabilité dans l'enseignement secondaire.

Les théories mathématiques de recherche d'optimum, parmi lesquelles on peut inclure le calcul infinitésimal, le calcul des variations et les techniques de « programmations mathématiques » aussi bien linéaires que non linéaires, sont évidemment aussi reconnues par tous comme nécessaires dans l'enseignement de base en recherche opérationnelle. Des divergences apparaissent seulement sur l'importance à donner aux différents « chapitres » que l'on peut grouper dans ce sujet.

Quant aux autres matières, il n'est pas possible, et probablement pas souhaitable, de les imposer à tous. Sont cependant utiles, des connaissances à des degrés divers en économie, en organisation, en analyse combinatoire, en théorie des réseaux, en sociologie, en psychologie, en calcul numérique, en calculateurs électroniques, etc.

D'autres éléments de formation, qui peuvent être difficilement enseignés, sont importants pour ceux qui pratiquent la recherche opérationnelle; ce sont la faculté de travailler en équipe, la faculté de communiquer avec des non-spécialistes, la curiosité scientifique, etc. Il s'agit ici plutôt de qualités



propres aux individus, que l'on ne peut guère espérer communiquer, mais dont on peut tout au plus aider le développement.

6. *L'action de l'OTAN à l'égard de l'enseignement de la recherche opérationnelle.*

Un des buts de cette conférence était d'obtenir une évaluation des initiatives de l'OTAN dans ce domaine. A ce point de vue, un certain nombre de considérations seront incluses dans le rapport remis au Conseil Scientifique. Elles portent sur la décision de supprimer le patronage de professeurs consultants et l'institution d'un programme de stages de recherche opérationnelle.

Dans le cadre des programmes de professeurs consultants, l'Organisation patronait l'envoi de spécialistes dans les pays qui en faisaient la demande. Ces spécialistes faisaient des cours et des conférences et servaient de conseillers pour le gouvernement et les particuliers; ils étaient rémunérés par le gouvernement local.

Le programme de stages de recherche opérationnelle, récemment institué, permet à des jeunes gens qualifiés, déjà porteurs d'un diplôme universitaire, d'être affectés à des centres de l'OTAN ou autres pour y recevoir, durant une période de deux ans, une formation directe dans la résolution de problèmes pratiques. Les stagiaires seront rémunérés par les centres.

Nous avons relevé ici les points les plus saillants abordés à cette conférence qui fut, de l'avis unanime des participants, une réunion des plus intéressantes. Il faut en louer la formule qui permet, comme nous l'avons déjà signalé, des échanges de vues personnalisés dans une atmosphère constructive. Des initiatives de ce genre témoignent de la volonté du Conseil Scientifique de l'OTAN de favoriser le progrès de la recherche opérationnelle et de tenir compte de l'avis des spécialistes en ces matières. Elles permettent aux participants, non seulement de faire connaître leurs idées, mais aussi de penser leurs problèmes dans une perspective élargie, ce qui ne peut manquer de produire des effets bénéfiques dans la sphère d'influence de chacun.

Ph. PASSAU. — 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.