

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

**Vol. 8 - N° 4
JUIN 1968**

**BELGISCH TIJDSCHRIFT VOOR STATISTIEK
EN OPERATIONEEL ONDERZOEK**

**Vol. 8 - N° 4
JUNI 1968**

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

SOGESCI. — Société Belge pour l'Application des Méthodes scientifiques de Gestion.

Secrétariat : 66, rue de Neufchâtel, Bruxelles 6. Tél. 37.19.76.

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

Secrétariat : 44, rue de Louvain, Bruxelles.

Comité de Direction

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

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

R. SNEYERS, Docteur en Sciences, Chef de Travaux à l'Institut Royal Météorologique de Belgique, 3, avenue Circulaire, Bruxelles 18.

Comité de Screening

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

R. SNEYERS, Docteur en Sciences, Chef de Travaux à l'Institut Royal Météorologique de Belgique, 3, avenue Circulaire, Bruxelles 18.

Rédaction

R. SNEYERS, Docteur en Sciences, Chef de Travaux à l'Institut Royal Météorologique de Belgique, 3, avenue Circulaire, Bruxelles 18.

Secrétariat

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

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

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

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

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

Maatschappelijke zetel : 44, Leuvensestraat, Brussel.

Secretariaat : 44, Leuvensestraat, Brussel.

Directie Comité

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

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

R. SNEYERS, Dr in de Wetenschappen, Hoofd van de Studiën bij het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, Ringlaan, 3, Brussel 18.

Screening Comité

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

R. SNEYERS, Dr in de Wetenschappen, Hoofd van de Studiën bij het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, Ringlaan, 3, Brussel 18.

Redactie

R. SNEYERS, Dr in de Wetenschappen, Hoofd van de Studiën bij het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, Ringlaan, 3, Brussel 18.

Secretariaat

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

REVUE BELGE DE STATISTIQUE ET DE RECHERCHE OPERATIONNELLE

VOL. 8 - N° 4 — JUIN 1968

VOL. 8 - N° 4 - JUNI 1968

SOMMAIRE — INHOUD

P. DAGNELIE. — Recherche opérationnelle et agronomie . . .	2
J. PONCIN. — La détermination du nombre optimum des voies téléphoniques par une méthode de simulation . . .	13
Publications reçues — Ontvangen publicaties . . .	43
Nos échos — Allerlei . . .	44

BELGISCH TIJDSCHRIFT VOOR STATISTIEK
EN OPERATIONEEL ONDERZOEK

RECHERCHE OPERATIONNELLE ET AGRONOMIE (*)

par Pierre DAGNELIE

Faculté des Sciences agronomiques de l'Etat, Gembloux.

1. Introduction et résumé.

Le *but* de cet exposé est essentiellement de discuter les possibilités d'utilisation de la recherche opérationnelle en agronomie, en soulignant notamment les difficultés d'une telle utilisation.

Nous commencerons par définir l'*objet de la recherche opérationnelle et de l'agronomie* (paragraphe 2 et 3). Nous citerons ensuite quelques *exemples d'application* des méthodes de recherche opérationnelle dans le domaine agronomique (paragraphe 4), et nous examinerons quelles sont les *difficultés* propres à ce domaine d'application (paragraphe 5 et 6).

Au cours des principaux paragraphes, nous donnerons aussi, à titre purement exemplatif, quelques *références*, choisies autant que possible dans la littérature de langue française.

2. Définition et objet de la recherche opérationnelle.

Bien qu'on puisse lui reprocher son caractère fort sommaire et fort général, la meilleure définition de la recherche opérationnelle nous semble toujours être la suivante : *la recherche opérationnelle a pour objet la préparation scientifique des décisions.*

Cette définition peut être complétée en précisant que les méthodes de recherche opérationnelle impliquent généralement l'emploi de modèles mathématiques (statistiques ou probabilistes), et souvent aussi le recours à des moyens de calcul puissants (machines mécanographiques et calculateurs électroniques). De tels compléments d'information ne donnent toutefois pas une idée suffisamment précise de ce qu'est réellement la recherche opérationnelle et de ses limites : aussi nous a-t-il semblé indispensable d'esquisser tout d'abord, surtout à l'intention des agronomes, les principales matières qui constituent la recherche opérationnelle.

(*) Conférence donnée le 24 mai 1966 à la Société Belge pour l'Application des Méthodes Scientifiques de Gestion (SOGESCI).

Pour commencer, la *programmation linéaire*. Celle-ci a pour objet la recherche de l'optimum (maximum ou minimum) d'une fonction linéaire de plusieurs variables (dite fonction économique), dans le cas où les variables en question sont soumises à un certain nombre de contraintes, elles-mêmes linéaires. De tels problèmes d'optimisation se posent notamment à tout chef d'entreprise qui doit effectuer un choix entre deux ou plusieurs productions possibles, ou établir un planning de production. Les variables considérées sont alors les quantités produites, relatives aux différentes productions prises en considération ; la fonction à maximiser est le revenu (net ou brut) de l'entreprise, dont on suppose qu'il dépend linéairement des quantités produites ; et les contraintes résultent notamment des limitations relatives aux différents facteurs de production (volume de main-d'œuvre disponible, dimension des ateliers, etc.). La programmation linéaire permet de résoudre également des problèmes de transport ou, d'une manière plus générale, des problèmes d'ordonnancement ou d'allocation.

Toutefois, les méthodes classiques de programmation linéaire sont purement statiques et déterministes, tous les coefficients intervenant dans le modèle mathématique étant supposés parfaitement connus et constants. Aussi s'est-il avéré nécessaire d'étendre ces méthodes, soit en leur donnant un caractère dynamique (*programmation dynamique*), soit en y introduisant une certaine variabilité (*programmation paramétrée* et *programmation stochastique*). De même, les restrictions dues aux hypothèses de linéarité ont pu être levées dans une certaine mesure par l'introduction de la programmation non linéaire (*programmation quadratique* notamment).

Un deuxième aspect important de la recherche opérationnelle concerne les *phénomènes d'attente*, liés notamment aux *processus stochastiques* : il s'agit entre autres des problèmes de téléphonie et de circulation routière, et des problèmes d'attente à un guichet, dans un atelier d'entretien ou de réparation, à l'entrée d'un port, etc. D'une manière générale, le but poursuivi est de rendre minimum une fonction économique, dans laquelle interviennent notamment les coûts et les temps d'attente, les coûts d'utilisation du personnel et du matériel mis en œuvre, et les temps de service correspondants, ainsi que les coûts de non-utilisation de ce matériel et de ce personnel, et les temps morts correspondants. Les modèles mathématiques élaborés en vue de la résolution de ces problèmes font intervenir aussi des notions telles que le nombre de clients, la fréquence de leurs arrivées ou la distribution de probabilité de ces arrivées, la durée des services ou la distribution de probabilité correspondante, éventuellement des priorités accordées à certaines catégories de clients, l'existence de plusieurs services assurés en série ou en parallèle, etc.

Troisième aspect de la recherche opérationnelle : la *gestion des stocks*. Il s'agit ici aussi de minimiser une fonction économique, faisant intervenir cette fois des coûts de stockage, des frais de commande ou de mise en fabrication, des coûts dus à la pénurie (perte de clients par exemple), des pertes dues aux excédents (matières périssables notamment), etc. D'autres facteurs, tels que les délais de réapprovisionnement, la dimension des entrepôts, le caractère aléatoire des commandes, les fluctuations de prix, etc., doivent également être pris en considération.

Dans le même ordre d'idées, viennent les *problèmes d'usure, d'entretien et de remplacement* des équipements. Le but poursuivi dans ce domaine est de fixer au mieux les taux d'entretien et les limites éventuelles d'utilisation des équipements, en minimisant l'ensemble des coûts de remplacement, d'entretien, d'avarie, etc. Les méthodes utilisées dans ce but tiennent compte également des prix d'achat et de revente, de l'usure (aléatoire ou non aléatoire) des équipements, des probabilités d'avarie, de l'usure initiale des équipements (achat de matériel usagé), etc.

Enfin, il ne peut être question de terminer cette esquisse de la recherche opérationnelle sans parler de la théorie des graphes et de la théorie des jeux.

La *théorie des graphes* intervient notamment dans les problèmes d'ordonnement, de transport et de distribution : elle permet de résoudre par exemple des problèmes tels que le choix du chemin à parcourir pour assurer dans les meilleures conditions la distribution de certains biens en un certain nombre de points. Le problème typique est celui du voyageur de commerce qui doit, aux moindres frais, rendre visite à un certain nombre de clients, en tenant compte des exigences de chacun.

Quant à la *théorie des jeux*, elle permet de traiter, en rapport étroit avec la programmation linéaire, certaines questions de compétition ou de concurrence entre deux ou plusieurs personnes ou firmes.

Ce que nous venons d'en dire brièvement montre que les problèmes de la recherche opérationnelle sont, dans l'ensemble, des *problèmes de choix* : il s'agit dans chaque cas de déterminer quelles sont, en fonction d'une action donnée, les meilleures conditions d'utilisation des moyens limités dont on dispose.

On trouvera des *informations générales* relatives aux problèmes envisagés et aux méthodes de résolution notamment dans une brochure éditée par le Centre d'Etude de Recherche Opérationnelle (1960), dans le livre d'introduction de KAUFMANN et FAURE (1963), dans les deux volumes de KAUFMANN (1959 et 1964), et dans certains ouvrages traduits de l'anglais, tels ceux de CHURCHMANN, ACKOFF et ARNOFF (1961) et de Mc CLOSKEY et TREFETHEN (1958).

3. Définition et objet de l'agronomie.

Bien que l'agronomie soit beaucoup plus ancienne que la recherche opérationnelle, il n'est guère plus facile d'en définir l'objet. Les principaux dictionnaires de la langue française affirment essentiellement que *l'agronomie est la théorie ou la science de l'agriculture* ; par ailleurs, leur lecture nous apprend aussi que *l'agriculture est l'art de cultiver la terre, ou la culture de la terre elle-même*.

Ces définitions donnent à l'agronomie et à l'agriculture un sens fort limité. On peut éventuellement admettre que *l'agriculture* ne concerne vraiment que la culture de la terre, et par là-même les productions végétales, les productions animales relevant alors de l'élevage. Mais il est difficile, par contre, d'admettre que *l'agronomie* soit limitée à la théorie de l'agriculture : l'agronomie couvre en effet tout ce qui a trait à la fois aux *productions végétales* et aux *productions animales*, qui sont d'ailleurs indissociables à ce niveau.

Peut-être est-il bon de préciser en outre que l'agronome ne s'intéresse pas seulement aux productions végétales et animales traditionnelles ? Il s'occupe également des élevages intensifs modernes (poules pondeuses, poulets de chair, etc.), des cultures les plus intensives (cultures sous verre notamment), des productions forestières, des problèmes d'économie et de sociologie rurales, de la mécanisation agricole, des constructions rurales, des améliorations foncières, etc.

Enfin, en raison notamment de la structure de l'enseignement et de la recherche agronomique, les *industries agricoles et biologiques* sont en général étroitement associées à l'agronomie proprement dite. Il s'agit à la fois des industries qui se situent en amont de l'agriculture et de l'élevage, en leur fournissant certaines matières premières (engrais, produits phytosanitaires, aliments pour le bétail, etc.), et des industries qui se situent en aval, en utilisant ou en transformant les produits de l'agriculture et de l'élevage (industries de conservation, notamment par le froid, industries de fermentation, industries du bois, etc.).

4. Quelques possibilités d'utilisation de la recherche opérationnelle en agronomie.

La recherche opérationnelle et l'agronomie étant ainsi définies, autant qu'il est possible de le faire en quelques lignes, nous pouvons mieux voir comment l'une peut rendre service à l'autre.

Jusqu'à présent, la principale intervention de la recherche opérationnelle en agronomie a toujours eu trait à la *gestion des exploitations agricoles*, et plus particulièrement au *choix des productions ou des spéculations*. Ce choix peut en effet être réalisé ou orienté par la programmation linéaire.

Le problème se pose généralement de la manière suivante. Etant donné n spéculations possibles, quelles quantités $x_1, x_2, \dots, x_n$ doit-on produire, de manière à assurer le maximum de la fonction :

$$y = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n,$$

tout en satisfaisant des relations du type :

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2 \\ \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \end{cases}$$

et

$$\begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \\ \vdots \\ x_n \geq 0. \end{cases}$$

Les coefficients $c_1, \dots, c_n$ sont des revenus nets unitaires ou des revenus marginaux relatifs aux différentes spéculations, la fonction économique $y(x_1, \dots, x_n)$ définissant donc le revenu net total ou le revenu marginal. Les m premières contraintes sont liées aux différents facteurs de production (superficie, bâtiments, traction, main-d'œuvre, etc.), ou à d'autres restrictions éventuelles (rotation notamment) ; les valeurs $b_1, \dots, b_m$ sont les disponibilités correspondantes et les coefficients a_{ij} ($i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, n$) sont des coefficients de transformation. La première contrainte pourrait être par exemple une contrainte de superficie, b_1 étant alors la superficie totale disponible, et $a_{11}, \dots, a_{1n}$ les superficies nécessaires pour produire une unité de chacune des productions. Enfin, les n dernières contraintes ont trait au fait que les productions sont des quantités essentiellement non-négatives.

Grâce à la *méthode du simplexe*, la résolution d'un problème semblable à celui qui vient d'être posé ne soulève guère de difficultés. La programmation linéaire se présente ainsi comme le prolongement logique des méthodes budgétaires qui sont couramment utilisées en matière de gestion des exploitations agricoles (BOUSSARD, 1964 ; LEDENT, 1961 ; MARTENS, 1966).

Indépendamment de son intervention dans le choix des spéculations, et généralement *avant* de réaliser ce choix, la programmation linéaire peut aussi être utilisée dans la détermination des meilleures *conditions de production* relatives à *une* spéculation donnée. Des exemples d'application ont été publiés en ce qui concerne notamment la détermination des rations alimentaires, le choix des fumures, le choix des périodes de production en culture sous verre, la fixation de l'âge de réforme des vaches laitières ou des poules pondeuses, le calcul de réseaux d'irrigation, etc. Dans les problèmes de *rations alimentaires* par exemple, la fonction économique, à minimiser, fait intervenir les prix unitaires $c_1, \dots, c_n$ des différents ingrédients ou des différentes matières premières utilisables et les quantités correspondantes $x_1, \dots, x_m$, tandis que les contraintes ont trait à la fois aux quantités disponibles et à la nécessité d'assurer une richesse minimale en certains éléments (protéines, graisses, cellulose, etc.). Certains des coefficients a_{ij} sont donc relatifs à la composition des différents ingrédients.

Toujours à l'échelle de l'exploitation agricole, la recherche opérationnelle permet d'aborder d'autres *questions importantes* telles que l'augmentation des moyens de production (achat de terres, mécanisation, etc.), la détermination de la dimension optimale des exploitations, la rentabilité de certaines activités non agricoles, etc.

A l'échelle macroéconomique, la programmation linéaire et la théorie des jeux peuvent servir à résoudre des problèmes de *compétition interrégionale* et d'introduction de *productions nouvelles*, auxquels sont souvent liées des questions de débouchés et de transport.

Enfin, signalons également les possibilités d'utilisation de la recherche opérationnelle dans le domaine du *stockage* et de la *conservation* des denrées agricoles, souvent éminemment périssables, dans le domaine des *aménagements forestiers* et de la lutte contre les *incendies de forêts*, et dans tout le secteur des *industries agricoles et biologiques*. L'industrie laitière, par exemple, permet de rencontrer la plupart des problèmes de recherche opérationnelle : problèmes de transport en ce qui concerne le ramassage du lait, problèmes de stockage à l'arrivée à la laiterie, problèmes de planning en ce qui concerne le traitement ou la transformation du lait, problèmes d'usure et de remplacement des équipements, problèmes de stockage et de transport également en ce qui concerne la distribution et la vente des produits traités.

On trouvera de nombreuses *références* relatives aux diverses possibilités d'application de la recherche opérationnelle en agronomie dans l'ouvrage de MAINIE (1965), spécialement consacré à la programmation linéaire et à la

théorie des jeux, ainsi que dans les rapports de FRENCH et al. (1958), de SLATER (1964) et de WEINSCHENCK (1964). D'autre part, nous croyons utile de signaler ici l'existence d'un traité de programmation linéaire particulièrement orienté vers les problèmes agricoles (HEADY et CANDLER, 1958).

5. Les difficultés propres aux applications agronomiques de la recherche opérationnelle.

Les difficultés d'utilisation de la recherche opérationnelle sont de plusieurs ordres : les unes sont liées à la nature des modèles utilisés, les autres à la nature des données qui y interviennent. D'autre part, ces difficultés peuvent être tout à fait générales, ou propres à un domaine d'application donné.

Nous nous efforcerons de mettre ici l'accent sur les *difficultés propres au domaine agronomique*, et sur des *difficultés plus générales, qui prennent dans ce domaine une importance considérable*.

En ce qui concerne les *modèles utilisés*, nous considérerons à titre d'exemple le cas le plus courant : celui de la programmation linéaire. Les principales hypothèses de base sont l'existence d'un nombre fini d'activités possibles (nombre fini de spéculations par exemple), la linéarité et l'additivité du modèle (impliquant notamment la constance des revenus nets unitaires et des différents coefficients de transformation), et la divisibilité de toutes les activités et de toutes les disponibilités. Ces hypothèses ne peuvent évidemment conduire qu'à une image simplifiée de la réalité : il est bien évident par exemple que, pratiquement, les terres dont on dispose ne peuvent pas être subdivisées à l'extrême et que, notamment pour de petites surfaces, les revenus ne sont pas proportionnels aux superficies cultivées. Il n'empêche que les modèles linéaires donnent généralement une image satisfaisante de la réalité. De plus, certaines améliorations peuvent être apportées par l'utilisation de la *programmation en nombres entiers* ou de la *programmation non linéaire* : l'une permet d'éliminer l'hypothèse de divisibilité, l'autre permet de réduire les inconvénients de l'hypothèse de linéarité, en introduisant par exemple des fonctions économiques du deuxième degré.

En ce qui concerne les *données*, la principale restriction provient du fait que les paramètres sont toujours supposés parfaitement connus et constants. Ces paramètres seront, dans un problème de gestion par exemple, des disponibilités en terre, en capital et en main-d'œuvre, des besoins en terre, en capital et en main-d'œuvre, des revenus ou des prix unitaires, etc. D'une manière générale, de telles données ne sont évidemment ni constantes, ni parfaitement connues, et ceci est particulièrement vrai dans le domaine agricole. Très souvent, les quantités produites sont sous la dépendance directe de facteurs clima-

tiques incontrôlables. Les prix de vente peuvent en conséquence varier de façon considérable en quelques jours seulement, et les fluctuations des marges bénéficiaires ou des revenus nets sont souvent plus importantes encore que les fluctuations des prix de vente. De même, les besoins en main-d'œuvre, calculés en général pour certaines périodes de pointe, sont éminemment variables et difficiles à déterminer, et souvent, les durées des périodes de pointe sont elles-mêmes sous la dépendance des facteurs climatiques.

Bien sûr, il est théoriquement possible de tenir compte de la variabilité de certains paramètres, en utilisant par exemple la *programmation stochastique* ou la *programmation paramétrée*, mais les possibilités d'application pratique de ces méthodes sont toujours limitées. Une autre solution en matière de gestion des exploitations agricoles consiste à calculer, non pas un programme unique basé sur des moyennes relatives à plusieurs années, mais une série de programmes annuels, dont la comparaison peut donner des informations intéressantes quant à la stabilité du programme optimal.

Indépendamment des variations et des incertitudes de toutes natures liées notamment aux conditions climatiques et à la variabilité normale de tout matériel biologique, la *production agricole* possède un certain nombre de *caractéristiques propres*, que l'on ne peut en aucune façon négliger quand on veut y introduire la recherche opérationnelle. Dans nos pays, la production agricole est caractérisée tout d'abord par la multiplicité et la diversité des exploitations, généralement de petite taille : cette multiplicité et cette diversité rendent très aléatoire l'utilisation de moyennes, de normes, etc. D'autre part, l'agriculture et l'élevage sont caractérisés par des cycles de production relativement longs, de l'ordre au moins de plusieurs mois. Certaines spéculations animales et végétales s'étalent même sur plusieurs années, sans compter les décisions à plus long terme encore qu'impliquent nécessairement les rotations de culture. Enfin, il faut signaler l'existence de différences importantes entre les divers secteurs de la production agricole : certains secteurs par exemple sont très efficacement protégés de la concurrence extérieure, alors que d'autres le sont moins ou ne le sont pas du tout.

Cette hétérogénéité des conditions de production et la connaissance encore très insuffisante des processus de production font que la principale entrave à l'introduction des méthodes de recherche opérationnelle en agriculture semble devoir être l'insuffisance de données de qualité. Toutes les sources de variabilité et d'incertitude que nous avons évoquées doivent nous rappeler en permanence la nécessité d'une *interprétation des résultats* qui nous sont donnés par les méthodes de recherche opérationnelle : ces méthodes ne sont nullement des méthodes de décision, mais bien des méthodes de *préparation* des décisions. La décision finale revient toujours à l'homme, et non pas à la

machine ou au modèle mathématique qu'il s'est adjoint pour l'aider. Et cette décision finale ne devra pas être prise en fonction seulement de la recherche d'un optimum, toujours aléatoire et souvent artificiel, mais en tenant compte aussi des *risques* inhérents à la recherche d'un tel optimum.

Les hypothèses de base et les difficultés propres aux applications agromomiques de la recherche opérationnelle sont discutées notamment par GERVAIS et al. (1963), MAINIE (1965) et MAZOYER (1963a et 1963b).

6. Conclusions.

Il est dit, dans l'introduction à l'excellent livre de KAUFMANN (1959), que « le développement des recherches d'économie d'entreprise implique plusieurs conditions :

- d'abord, une documentation abondante ... ;
- ensuite, la possibilité de dialogues féconds ... ;
- enfin, des méthodes d'approche et de recherches ... ».

On pourrait y ajouter :

- des moyens de calculs relativement importants,

de telle sorte que cette affirmation soit parfaitement applicable à l'utilisation de la recherche opérationnelle dans le domaine agronomique.

S'il fallait établir un ordre de priorité parmi ces exigences, nous mettrions volontiers en tête la possibilité de dialogues. De plus en plus, la recherche opérationnelle, voire la recherche tout court, doit être l'œuvre d'une équipe, et il est indispensable ici que mathématiciens, économistes et ingénieurs agronomes de la recherche et de la pratique se comprennent parfaitement.

Cette compréhension est aussi un préalable à toute autre condition. Le dialogue doit notamment permettre au mathématicien de se rendre compte que le problème qui lui est posé par l'agronome n'est pas un problème comme les autres, en raison précisément des caractéristiques propres au secteur agricole. De même, le mathématicien doit admettre également que les préoccupations de son collègue agronome concernent essentiellement la collecte d'informations suffisamment nombreuses et précises, et l'interprétation des résultats obtenus. D'autre part, il faut évidemment que l'agronome connaisse suffisamment bien les méthodes et les moyens de calcul qui sont mis en œuvre, sans se soucier cependant outre mesure de la recherche de méthodes ou de modèles nouveaux, et sans surestimer l'importance des problèmes de calcul.

La recherche opérationnelle implique donc, surtout dans le domaine agronomique, un minimum de moyens relativement diversifiés, permettant de franchir sans heurts les diverses étapes à parcourir : définition exacte du problème posé et choix d'une méthode adéquate, collecte et préparation des données, calcul et interprétation des résultats. C'est dire que la recherche opérationnelle ne peut guère intervenir dans le secteur agricole que par l'intermédiaire de centres de recherche ou de planification.

Mais, si les conditions d'emploi de la recherche opérationnelle sont assez strictes, il ne faut cependant pas en conclure que son utilisation soit sans intérêt pratique. Bien au contraire, *dans les conditions qui viennent d'être définies, la recherche opérationnelle peut certainement rendre de grands services à l'agriculture, au sens le plus large.*

7. Références.

- BOUSSARD, J.M. : Réflexions sur les méthodes de gestion en agriculture. *Gestion* 7, 507-519, 1964.
- Centre d'Etudes de Recherche Opérationnelle. *Problèmes et techniques de la recherche opérationnelle*. Bruxelles, Office Belge pour l'Accroissement de la Productivité, 1960, 126 p.
- CHURCHMANN, C.W. ; ACKOFF, R.L. et ARNOFF, E.L. : *Eléments de recherche opérationnelle* (Trad. : J. LAVALT). Paris, Dunod, 1961, 572 p.
- FRENCH, C.E. ; SNODGRASS, M.M. et SNYDER, J.C. : Applications of operations research in farm operations and agricultural marketing. *Oper. Res.* 6, 766-775, 1958.
- GERVAIS, M. ; NICOLAS, P. et SERVOLIN, C. : Programmation linéaire et agriculture. *Gestion* 6, 651-657, 1963.
- HEADY, E.O. et CANDLER, W. : *Linear programming methods*. Ames, Iowa State College Press, 1958, 597 p.
- KAUFMANN, A. : *Méthodes et modèles de la recherche opérationnelle* (2 vol.). Paris, Dunod, 1959 et 1964, 534 + 543 p.
- KAUFMANN, A. et FAURE, R. : *Invitation à la recherche opérationnelle*. Paris, Dunod, 1963, 294 p.
- LEDENT, A. : Les méthodes de gestion des exploitations agricoles. *Ann. Gembloux* 67, 198-219, 1961.
- MAINIE, P. : *Calcul économique en agriculture*. Paris, Dunod, 1965, 183 p.
- MARTENS, L.R. : *Vergelijkende studie van methodes van landbouwbedrijfsplanning*. Gent, Rijksfaculteit der Landbouwwetenschappen, 1966, 244 p.
- MAZOYER, M. : Les modalités d'application de la recherche opérationnelle en agriculture. *Rev. Franç. Rech. Opér.* 27, 107-129, 1963a.

MAZOYER, M. : Recherche opérationnelle en agriculture, oui ou non ? *Metra* 11, 145-160, 1963b.

Mc CLOSKEY, J.F. et TREFETHEN, F.N. : *Introduction à la recherche opérationnelle*. (Trad. : M. VERHULST et J. LAVAUT). Paris, Dunod, 1958, 206 p.

SLATER, J.K.W. : Agriculture. In : D.B. HERTZ et R.T. EDDISON. *Progress in operations research*. (Vol. II). New York, Wiley, 1964, p. 365-372.

WEINSCHENCK, G. : Applications récentes des recherches quantitatives en économie rurale. *Conf. Intern. Econ. Rur.*, Lyon, 1964, 26 p.

LA DETERMINATION DU NOMBRE OPTIMUM DES VOIES TELEPHONIQUES PAR UNE METHODE DE SIMULATION

par J. PONCIN
Etat-Major Général

Section I. — Position du problème.

1. Introduction.

De nombreux ouvrages ayant pour objet l'étude de l'effectif de lignes à prévoir, dans les réseaux téléphoniques, ont été publiés depuis la parution des premiers travaux de l'ingénieur danois ERLANG. Tous les documents que nous avons pu lire traitent de la téléphonie commerciale et tiennent compte de l'augmentation constante du nombre d'abonnés. D'autre part, les théories proposées sont des modèles mathématiques, forcément stylisés, et ne répondent pas toujours d'une manière satisfaisante à la réalité.

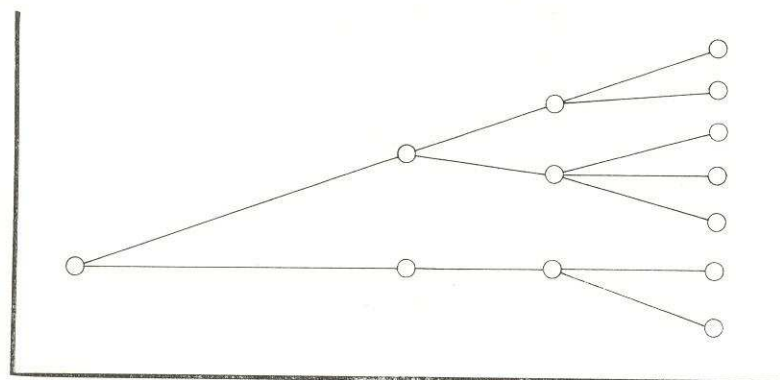


Fig. 1. — Réseau hiérarchisé.

Les réseaux téléphoniques étudiés ci-après sont exploités dans un but purement utilitaire et leur objet n'est pas d'en retirer des avantages financiers.

Ils présentent la caractéristique de pouvoir être classés en trois catégories, à savoir : les réseaux hiérarchiques, maillés ou mixtes, représentés par les figures 1, 2 et 3.

Les cercles sont des centraux téléphoniques.

Les carrés représentent des stations passives dont les buts principaux sont d'assurer la transmission et la commutation.

Dans le système hiérarchisé, le chemin entre deux abonnés est unique, tandis que dans les deux autres cas il existe un choix discret destiné à pallier les défaillances de certains centraux ou la saturation des tronçons qui les relient, on augmente ainsi la sécurité de fonctionnement, aux dépens de la simplicité. Ce sont les conditions d'utilisation qui indiquent la méthode la mieux adaptée aux exigences de la situation.

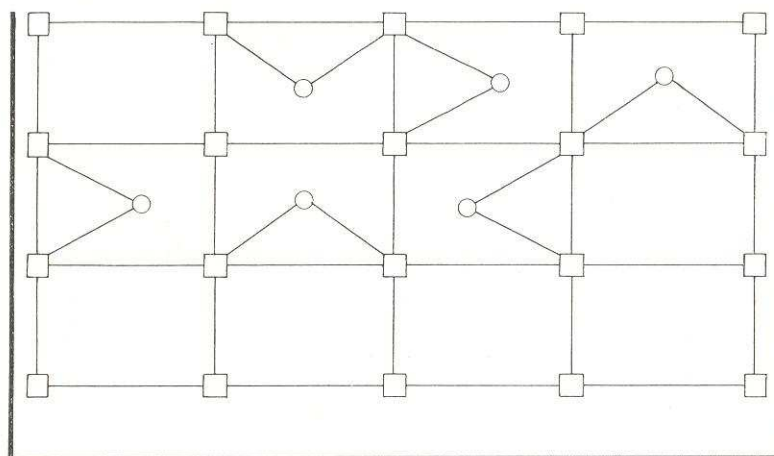


Fig. 2. — Réseau maillé.

Tout au long du texte nous donnerons le même sens aux mots « lignes » et « voies » car cet article s'adresse aussi bien aux réseaux constitués par des fils et des câbles qu'à ceux formés par des stations de câbles hertziens.

Nous avons divisé le travail en trois parties. La première est consacrée à l'étude d'un tronçon, c'est-à-dire de la liaison entre deux centraux ; la deuxième partie traite d'un réseau hiérarchisé, et la troisième d'un réseau maillé.

2. Position du problème.

Si nous observons une liaison téléphonique entre deux centraux, les seuls éléments, en dehors des supports matériels, dont nous pouvons avoir une connaissance expérimentale sont la répartition des appels dans le temps et les durées des communications. Il faudra faire intervenir ces données, de caractère aléatoire, dans toute solution du problème en cause.

Nous nous trouvons en présence d'un phénomène d'attente. En effet, les appels sont les clients qui se présentent aux lignes, semblables aux stations de la théorie classique.

Les durées de service sont représentées par les durées des communications. Une caractéristique importante cependant : la file d'attente proprement dite est toujours nulle en téléphonie automatique, car les appels survenant quand toutes les lignes sont occupées doivent être considérés comme perdus.

Un des buts recherchés est précisément de limiter ces appels perdus à un pourcentage donné, soit, par exemple, 10 % dans la plupart des cas et 1 % dans les réseaux maillés

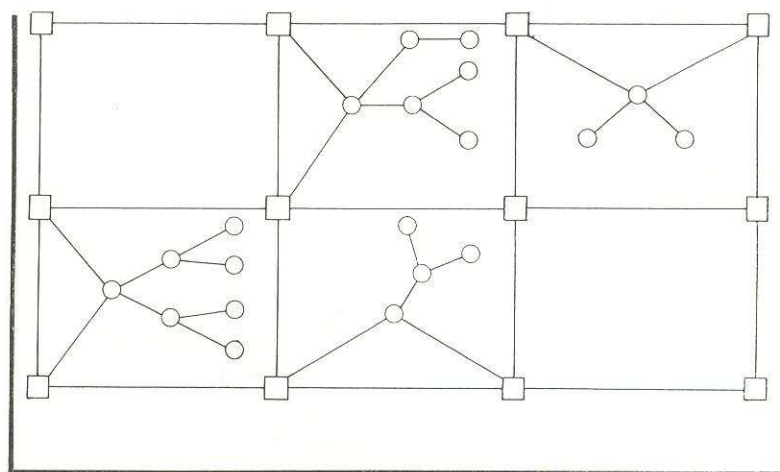


Fig. 3. — Réseau mixte.

On pourrait envisager une solution théorique au problème posé, à condition que les variables aléatoires aient une distribution connue analytiquement. Il nous est toutefois apparu plus général d'utiliser des méthodes de simulation qui, contrairement à une opinion assez répandue, ne sont pas des moyens extrêmes à n'employer qu'après avoir épuisé toutes les autres ressources. Au contraire, la simulation permet de serrer la réalité de plus près et conduit à des résultats d'utilisation pratique immédiate.

Section II. — Etude d'un tronçon.

1. Les données.

Considérons deux centraux téléphoniques A et B reliés entre eux par des circuits dont nous nous proposons de déterminer le nombre optimum, en acceptant un risque de 10 % de non réalisation des liaisons. Après avoir observé, d'une manière générale, le volume de trafic sur l'ensemble des voies, nous avons adopté le plan d'expériences ci-après.

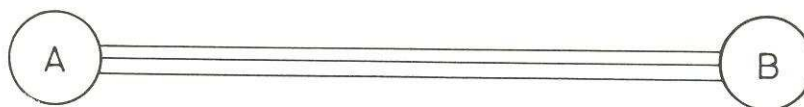


Fig. 4.

Pendant 250 périodes de 10 minutes, prises au hasard, nous comptons le nombre d'appels qui surviennent entre A et B. Nous obtenons ainsi la dis-

tribution expérimentale qui fait l'objet du tableau I. Nous constatons que le nombre d'appels en 10 minutes varie de 3 à 28, avec les fréquences mentionnées dans la colonne f. La moyenne des appels est de 10,54 en 10 minutes et l'écart-type de 4,84. La dispersion est donc assez grande.

La deuxième variable aléatoire est la durée des communications ; elle s'obtient en observant, au hasard, 750 conversations téléphoniques.

Le tableau II donne la distribution obtenue.

La durée moyenne est de 5,1 minutes et l'écart-type de 4,33.

Une notion importante est celle d'intensité moyenne du trafic (ψ) dont la valeur est égale au produit des deux moyennes ci-dessus, rapportées à la même unité de temps, que nous prenons ici égale à une minute.

$$\psi = \frac{10,54}{10} \times 5,1 = 5,38$$

Pour qu'il puisse y avoir écoulement du trafic, sans augmentation continue des appels perdus, nous devons avoir un nombre de circuits supérieur à 5,38 soit au moins 6. Nous obtenons ainsi une borne inférieure du nombre de lignes à prévoir, elle ne constitue pas une solution du problème posé car elle ne tient pas compte de la contrainte qui fixe la limite supérieure des appels perdus à 10 %.

Les tableaux I et II fournissent également les fréquences relatives cumulées, au moyen desquelles on peut tracer les fonctions de répartition des tableaux III et IV. Ces fonctions vont nous servir de base pour l'obtention d'une solution.

2. Principe de la simulation.

- a. Nous allons simuler le fonctionnement du tronçon téléphonique au moyen d'un ordinateur IBM 1620. Pour ce faire nous aurons besoin d'une série de nombres aléatoires, qui sera produite par l'ordinateur lui-même selon le procédé ci-après.

Un ensemble de nombres (A_i) est constitué suivant la formule

$$\begin{aligned} A_n + 1 &= k.A_n \\ \text{avec } A_0 &= 1 \\ \text{et } k &= 7^9 = 40.353.607 = A_1. \end{aligned}$$

On procède à des multiplications successives jusqu'à obtention d'un nombre de 20 chiffres. A partir de ce moment, on ne conserve que les 8 derniers chiffres pour constituer la table au hasard. La série ne peut pas être considérée comme aléatoire avec une certitude absolue. Aussi certaines précautions devront être prises lors de l'exploitation des résultats.

- b. Nous allons exposer maintenant le principe de la simulation.

TABLEAU I
Distribution des appels

x	f	fc	γ^c
0	—	—	—
1	—	—	—
2	—	—	—
3	8	8	0,032
4	7	15	0,060
5	19	34	0,136
6	16	50	0,200
7	25	75	0,300
8	20	95	0,380
9	23	118	0,472
10	26	144	0,576
11	16	160	0,640
12	19	179	0,716
13	15	194	0,776
14	9	203	0,812
15	9	212	0,848
16	6	218	0,872
17	9	227	0,908
18	7	234	0,936
19	3	237	0,948
20	3	240	0,960
21	1	241	0,964
22	3	244	0,976
23	1	245	0,980
24	1	246	0,984
25	2	248	0,992
26	1	249	0,996
27	—	249	0,996
28	1	250	1
Totaux	250		

Légende :

x = nombre d'appels en 10 minutes $\sigma^2 = 23,29$ f = fréquences observées $\sigma = 4,84$ fc = fréquences cumulées γ^c = fréquences relatives cumulées $m = 10 + 135/250 = 10,54$

TABLEAU II
Durées des communications téléphoniques

x en minutes	f	fc	γ^c
1	85	85	0,113
2	133	218	0,291
3	114	332	0,443
4	92	424	0,525
5	84	508	0,677
6	58	566	0,755
7	37	603	0,804
8	30	633	0,844
9	27	660	0,880
10	27	687	0,916
11	12	699	0,932
12	13	712	0,948
13	7	719	0,950
14	4	723	0,964
15	3	726	0,968
16	3	729	0,972
17	6	735	0,980
18	3	738	0,984
19	3	741	0,988
20	2	743	0,991
21	2	745	0,993
22	—		
23	—		
24	—		
25	—		
26	1	746	0,995
27	—		
28	1	747	0,996
29	—		
30	—		
31	—		
32	1	748	0,997
33	—		
34	—		
35	—		
36	—		
37	1	749	0,999
38	—		
39	—		
40	1	750	1

Légende :

x = durée des communications

f = fréquences observées

fc = fréquences cumulées

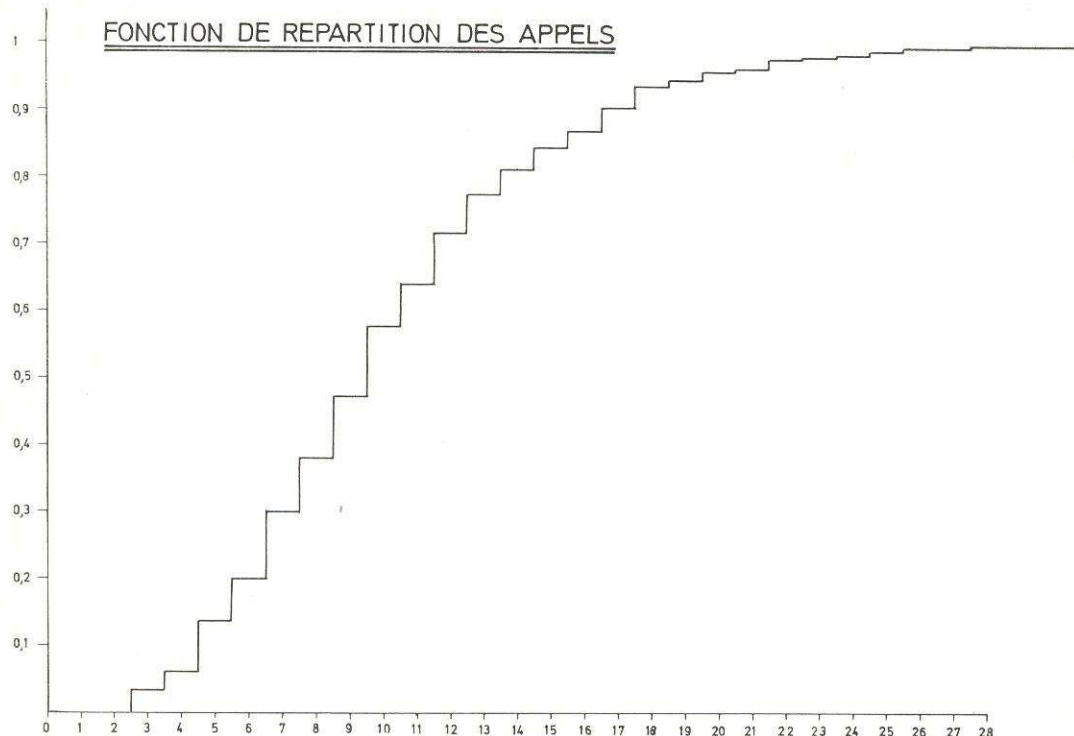
$\sigma^2 = 18,74$

$\sigma = 4,33$

γ^c = fréquences relatives cumulées

m = 5,1

TABLEAU III

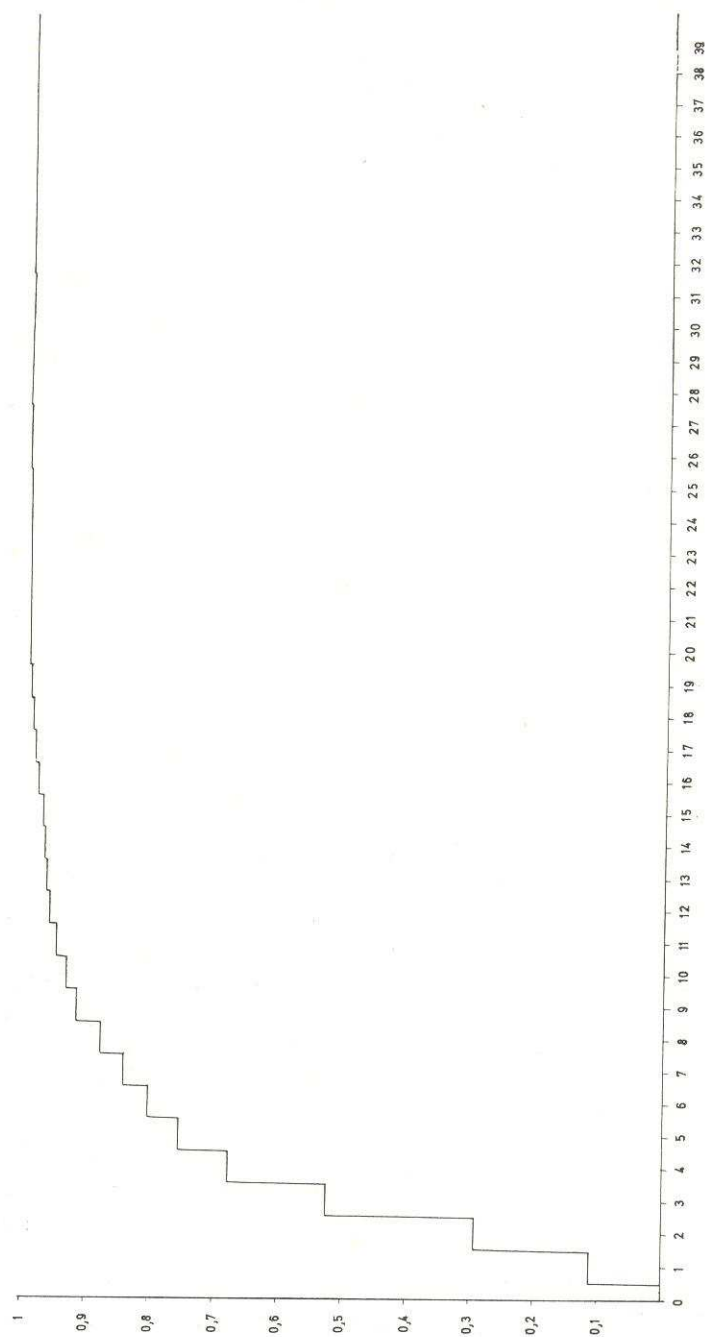


Nous tirons dans la table au hasard un nombre compris entre 0 et 100 ; il représente l'ordonnée de la fonction de répartition des appels. Il lui correspond une abscisse qui indique le nombre N d'appels enregistrés en 10 minutes. Les valeurs lues doivent être entières. Exemple : si le nombre aléatoire tiré est 45, le nombre d'appels correspondant, lu sur le tableau III, est 9. La distribution expérimentale n'étant pas de POISSON, l'hypothèse d'une répartition uniforme pendant les dix minutes en cause ne peut être retenue. Nous supposons alors une répartition au hasard qui sera tirée au moyen de la série pseudo-aléatoire(*).

Pour chacun de ces appels, nous allons déterminer la durée de la conversation téléphonique. Nous procédons alors comme suit : tirage au hasard d'un nombre compris entre 0 et 100 (ordonnée de la fonction de répartition des

(*) Le nombre d'appels obtenu au moyen du tableau III est supposé réparti au hasard dans l'intervalle de 10 minutes considéré. Pour connaître les moments auxquels surviennent ces appels, on fait appel à la série de nombres aléatoires, en prenant pour chaque appel un chiffre compris entre 0 et 10.

TABLEAU IV
FONCTION DE REPARTITION DES DUREES DE COMMUNICATIONS



durées), auquel correspond une abscisse donnant la durée de la conversation téléphonique (tableau IV). Nous enregistrons et nous classons les débuts et les fins de communications. A tout instant nous pouvons donc déterminer la quantité de lignes occupées car elle correspond au nombre de conversations en cours. Après dix minutes, nous faisons le bilan des lignes encore occupées et de l'instant de leur libération et nous itérons le processus. Le tronçon à l'étude est soumis à ces opérations pendant des périodes de 1000 minutes à la fin desquelles l'ordinateur fournit les renseignements ci-après :

- (1) A = nombre pseudo-aléatoire de départ de la simulation.
 - (2) Le nombre de lignes occupées et pour chacune d'elles le temps d'occupation.
 - (3) Le nombre d'appels enregistrés sur chaque ligne, à interpréter comme suit : pendant le temps d'occupation de n lignes, il y a eu x appels.
 - (4) Nombre total d'appels pendant la simulation. Ce renseignement permet d'exercer un premier contrôle sur la valeur de la simulation, car ce nombre doit être voisin de 1054 pour les 1000 minutes ($10,54 \times 100$).
 - (5) Nombre d'appels refusés (éventuellement).
 - (6) A = dernier nombre aléatoire utilisé.
- c. Certaines précautions sont prises pour assurer, sans discussion, la validité de la simulation :
- (1) Le nombre aléatoire de départ diffère à chaque simulation de 1000 minutes, il est obtenu en procédant, à vide, à plusieurs opérations constitutives de la série.
 - (2) La simulation réelle ne démarre qu'après plusieurs tranches de 10 minutes pour éliminer les phénomènes transitoires.
 - (3) Dans une première phase comportant trois essais de 1000 minutes, le nombre de lignes supposées existantes entre les terminaux A et B a été pris suffisamment élevé pour n'avoir à enregistrer aucun refus.
 - (4) Une fois obtenus les résultats des essais, ceux-ci sont soumis à un test non paramétrique de KRUSKAL et WALLIS afin de contrôler l'homogénéité des populations et rejeter, éventuellement, les échantillons non conformes.

3. Présentation des résultats.

Le tableau V fournit les résultats relatifs aux appels.

La moyenne des lignes occupées est 6,68 avec un écart type de 2,74.

Après calcul des fréquences relatives cumulées, nous constatons que 90 % des appels ($\gamma_c = 0,9103$) se concentrent sur l'occupation de 10 lignes, qui est le nombre que nous nous proposons de trouver. Remarquons cependant que la ligne 10 enregistre 163 appels, pour un temps d'occupation de 83,02 minutes, soit en moyenne 0,51 minutes ce qui est très faible par rapport à la durée moyenne des communications qui est de 5,1 minutes. Nous déduisons de ce fait que peu de temps après le début d'une conversation sur la 10^{me} ligne,

TABLEAU V

Distribution des appels

Ligne	f	fc	γ_c
1	31	31	0,0097
2	93	124	0,0387
3	215	339	0,1059
4	348	687	0,2146
5	455	1142	0,3568
6	468	1610	0,5030
7	455	2065	0,6451
8	403	2468	0,7710
9	283	2751	0,8594
10	163	2914	0,9103
11	117	3031	0,9469
12	75	3106	0,9703
13	50	3156	0,9859
14	18	3174	0,9916
15	12	3186	0,9953
16	9	3195	0,9981
17	2	3197	0,9988
18	3	3200	0,9997
19	1	3201	1

$$m = 6,68$$

$$\sigma^2 = 7,48$$

$$\sigma = 2,74$$

f = fréquences observées

fc = fréquences cumulées

γ_c = fréquences relatives cumulées.

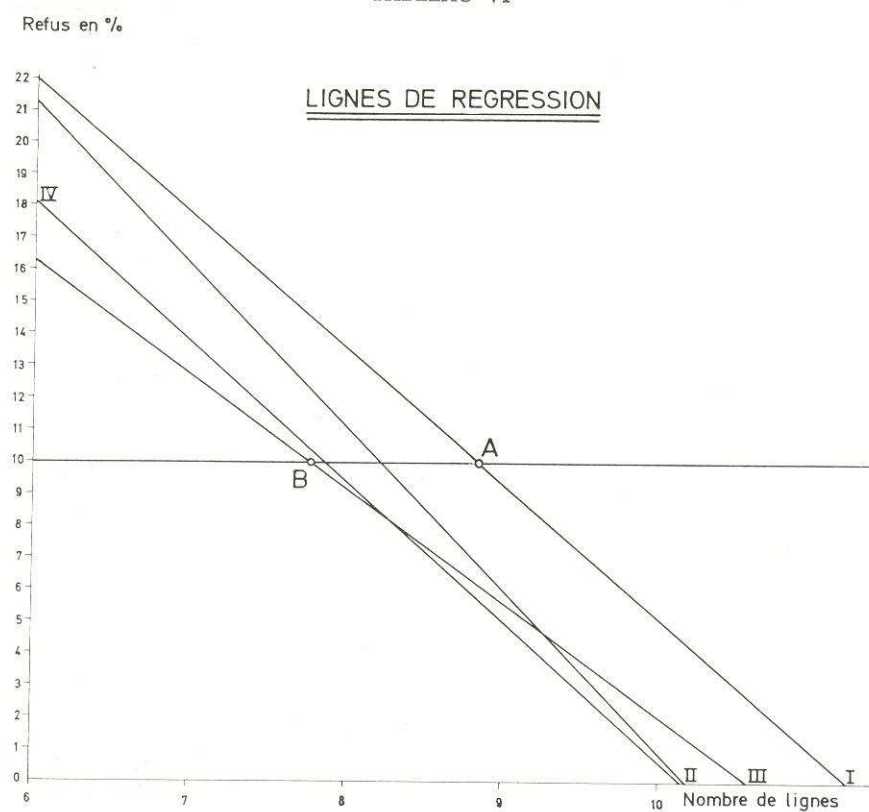
et à fortiori sur les suivantes, il y a libération d'un circuit par fin de communication. Si l'abonné appelant trouve tous les circuits occupés, il aura intérêt à rappeler après un court délai. Nous allons examiner ce phénomène plus en détail.

4. Limitation des circuits et introduction de la patience des abonnés.

Nous allons maintenant recommencer la simulation en limitant le nombre de voies entre A et B successivement à 10, 9, 8, 7 et 6 lignes et en enregistrant le pourcentage des refus. Nous supposons tout d'abord que l'abonné ne rappelle pas si tous les circuits sont occupés, ensuite nous admettons qu'il rappelle après 0,5, 1 et 1,5 minutes.

Ces opérations sont recommencées plusieurs fois et nous calculons ensuite les lignes de régression correspondant à chacun des cas envisagés. Le tableau VI résume les résultats obtenus.

TABLEAU VI



Nous en concluons :

- a. que la simple limitation du nombre de lignes répartit mieux le trafic et sans introduire la patience des abonnés on peut réduire le nombre de voies à 9 entre A et B ;
- b. que les rappels font encore gagner un circuit si la patience de l'abonné est fixée à 1 minute. En deçà et au-delà la situation n'est pas aussi bonne, comme le montrent les droites II et IV au niveau 10 %. Dans l'exemple considéré la moyenne des appels est 10,54 en 10 minutes, soit environ 1 par minute. Il y a vraisemblablement une relation entre ce fait et la durée optimale du temps de patience.

Une étude de l'occupation moyenne des lignes, fournit le tableau ci-dessous qui donne une idée du rendement de la liaison :

Nombre de lignes	Temps d'occupation en %
19	28,52
10 (sans rappel)	51,29
9 (sans rappel)	55,80
8 (avec rappel après 1')	62,50

Section III. — Etude d'un réseau hiérarchisé.

1. Généralités.

En utilisant la méthode décrite ci-dessus, nous pouvons étudier un réseau hiérarchisé, en le décomposant en tronçons et en procédant sur chacun de ceux-ci aux opérations de simulation. De proche en proche, nous déterminons ainsi le nombre optimal de circuits à prévoir entre centraux. Le cas du réseau maillé est sensiblement plus compliqué et fait l'objet de la Section IV.

2. Les données.

La figure 5 donne la constitution du réseau soumis à l'examen. Les chiffres romains servent à identifier le tronçon et les chiffres arabes indiquent le nombre de lignes existantes.

Pour chacune des liaisons, nous avons observé :

- a. le nombre des appels survenant pendant 10' ou 30' ; cette expérience est répétée entre 100 et 250 fois, selon les possibilités. Les périodes de surveillance sont prises au hasard ;

- b. les durées des communications téléphoniques, épreuves aléatoires relevées un nombre suffisant de fois, suivant tirage au sort.

3. La simulation.

Suivant la méthode exposée dans la section précédente, nous exécutons, pour chaque tronçon des simulations d'une durée de 1000 minutes.

RESEAU TELEPHONIQUE HIERARCHISE

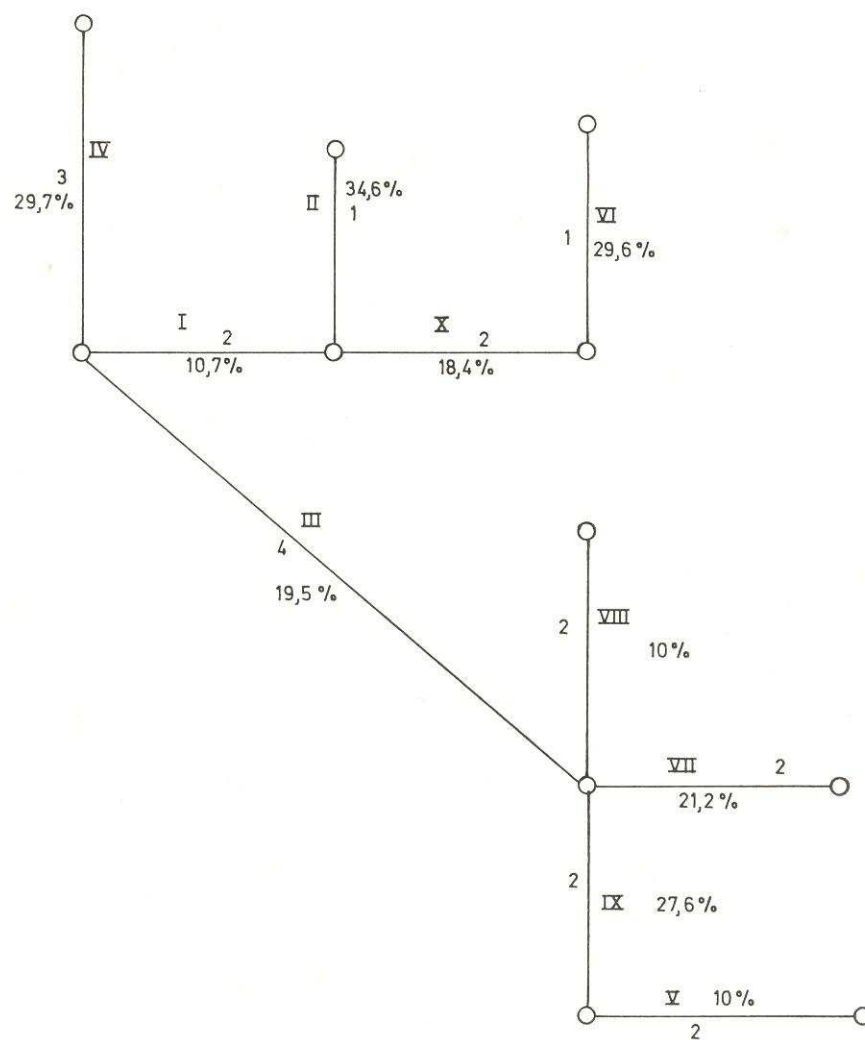


Fig 5.

L'ordinateur, après calcul, fournit :

- la longueur des étapes (10' ou 30') ;
- les durées d'occupations des lignes ;
- le nombre d'appels sur chaque ligne ;
- le nombre total des appels.

Au moyen des résultats ainsi obtenus :

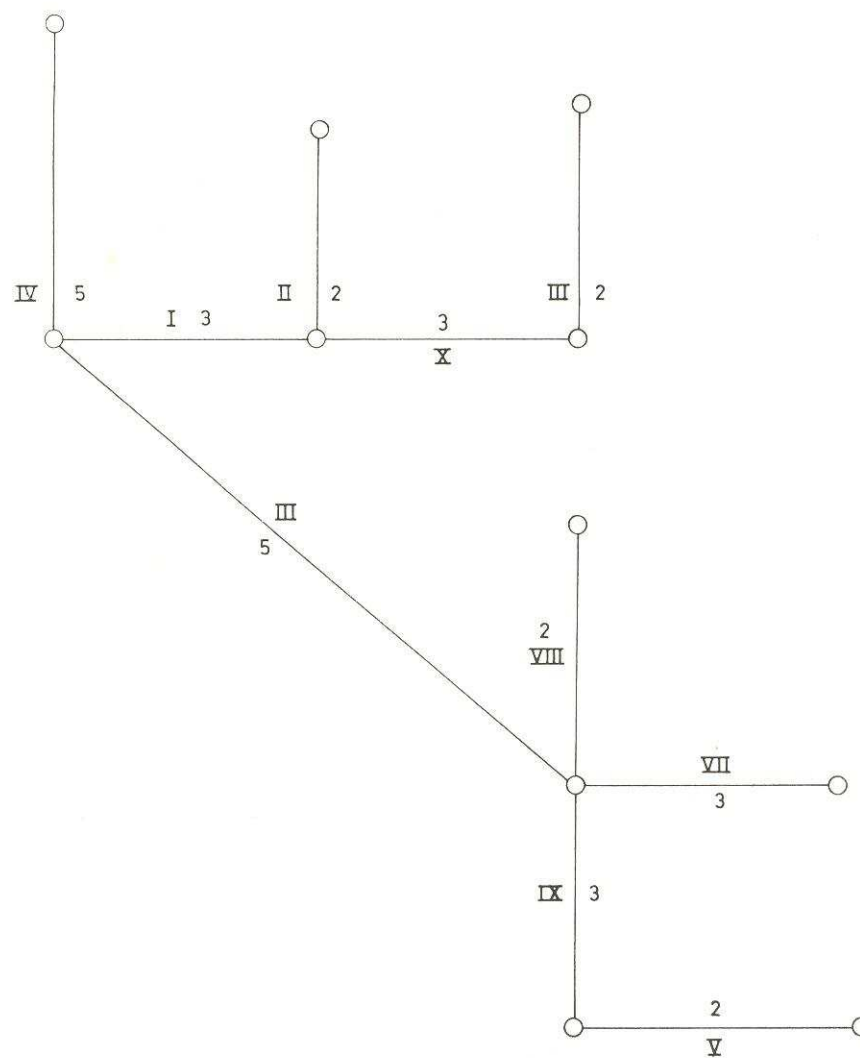


Fig. 6.

- a. Nous calculons les pourcentages de refus auxquels il faut s'attendre sur un réseau composé comme à la figure 5. Ceux-ci sont indiqués sur chaque tronçon.
- b. Nous traçons le nouveau réseau en limitant les refus à 10 %. Nous obtenons ainsi la figure 6.

4. Régression linéaire.

Nous pouvons nous demander s'il n'existe pas une relation fonctionnelle entre l'intensité du trafic ψ et le nombre de circuits à prévoir dans chaque tronçon. Nous constatons, calculs effectués, qu'il y a régression linéaire.

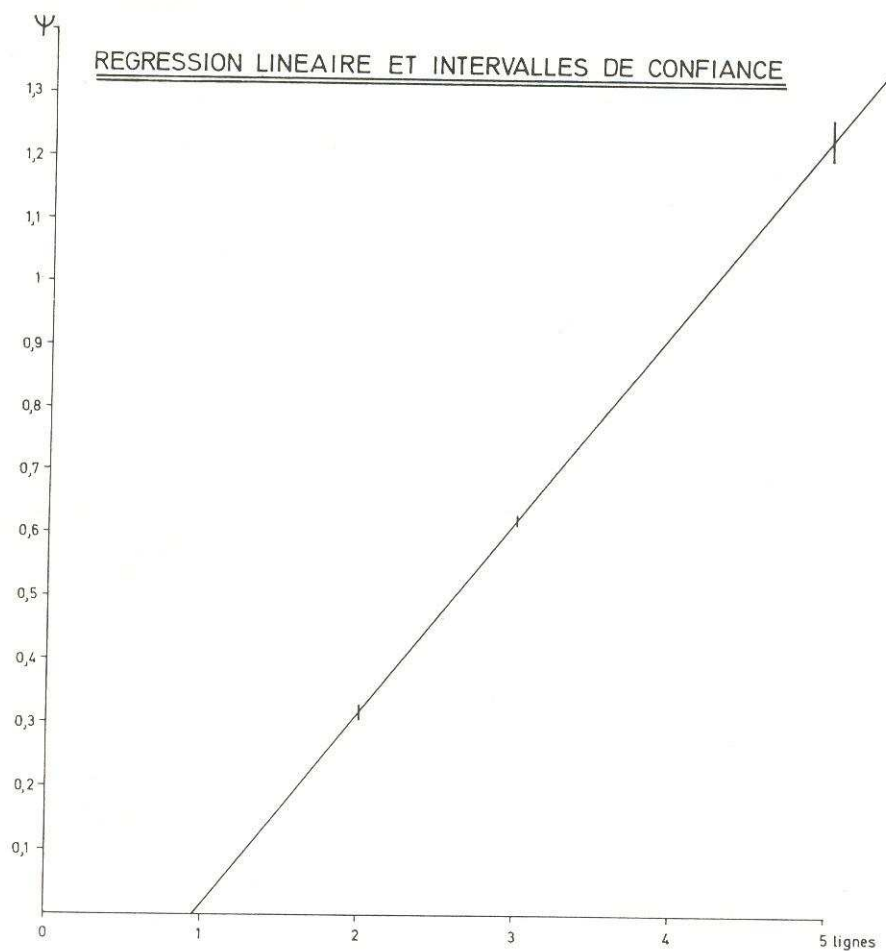


Fig. 7.

L'équation de la droite est :

$$y = 0,304 x - 0,29$$

La figure 7 représente la droite de régression, avec les intervalles de confiance aux niveaux 2, 3 et 5 lignes. Pour rappel, les intervalles de confiance indiquent la dispersion probable des ordonnées de part et d'autre de chaque point représentatif de la droite.

Section IV. — Etude d'un réseau maillé.

1. Position du problème.

- a. Afin de fixer les idées nous allons étudier le réseau maillé représenté par la figure 8.

Les cercles sont des centraux téléphoniques qui reçoivent et émettent des appels suivant des distributions observables. Nous les appellerons terminaux actifs. Les carrés, au contraire, constituent des « plaques tournantes » du réseau. Ils sont passifs et leur rôle est la commutation, c'est-à-dire l'aiguillage des communications téléphoniques vers leur destination finale, qui est toujours un cercle. Afin d'éviter toute confusion, les terminaux actifs sont numérotés tandis que les stations passives sont identifiées par une lettre majuscule.

- b. Par convention, les lignes aboutissant à un cercle seront appelées « lignes d'abonnés », par opposition aux voies entre les stations passives qui seront dénommées « lignes inter ».
- c. Nous allons formuler deux hypothèses simplificatrices pour rendre plus aisée la solution du problème, sans entamer sa rigueur.

- (1) Comme chaque source active est reliée, tout au plus, à deux stations passives, et ce uniquement au moyen de lignes d'abonnés, nous pouvons la supposer reportée identiquement aux stations passives auxquelles elle se rapporte, en répartissant les appels entre les deux stations passives, là où cela sera nécessaire.

Exemples : Les points 1, 2 et 19 peuvent être reportés identiquement en A, par contre les points 5 et 6 ne peuvent être reportés que partiellement, suivant une loi à déterminer.

Remarque : Les points 17, 18, 19 et 20 représentent des sources qui se répètent au-dessus et en-dessous de la figure 7.

- (2) Une conséquence directe du paragraphe précédent est de ne pas limiter le nombre de circuits des « lignes d'abonnés ».

Comme cette hypothèse est peu réaliste, on peut la corriger en admettant, aux stations passives intéressées, l'existence d'une source fictive qui absorberait les appels normalement refusés.

- d. En résumé, chaque station passive sera la source fictive émettrice ou réceptrice d'appels ayant une distribution aléatoire composite fonction des sources réelles qu'elles remplacent. Il en sera de même pour les durées de conversations.

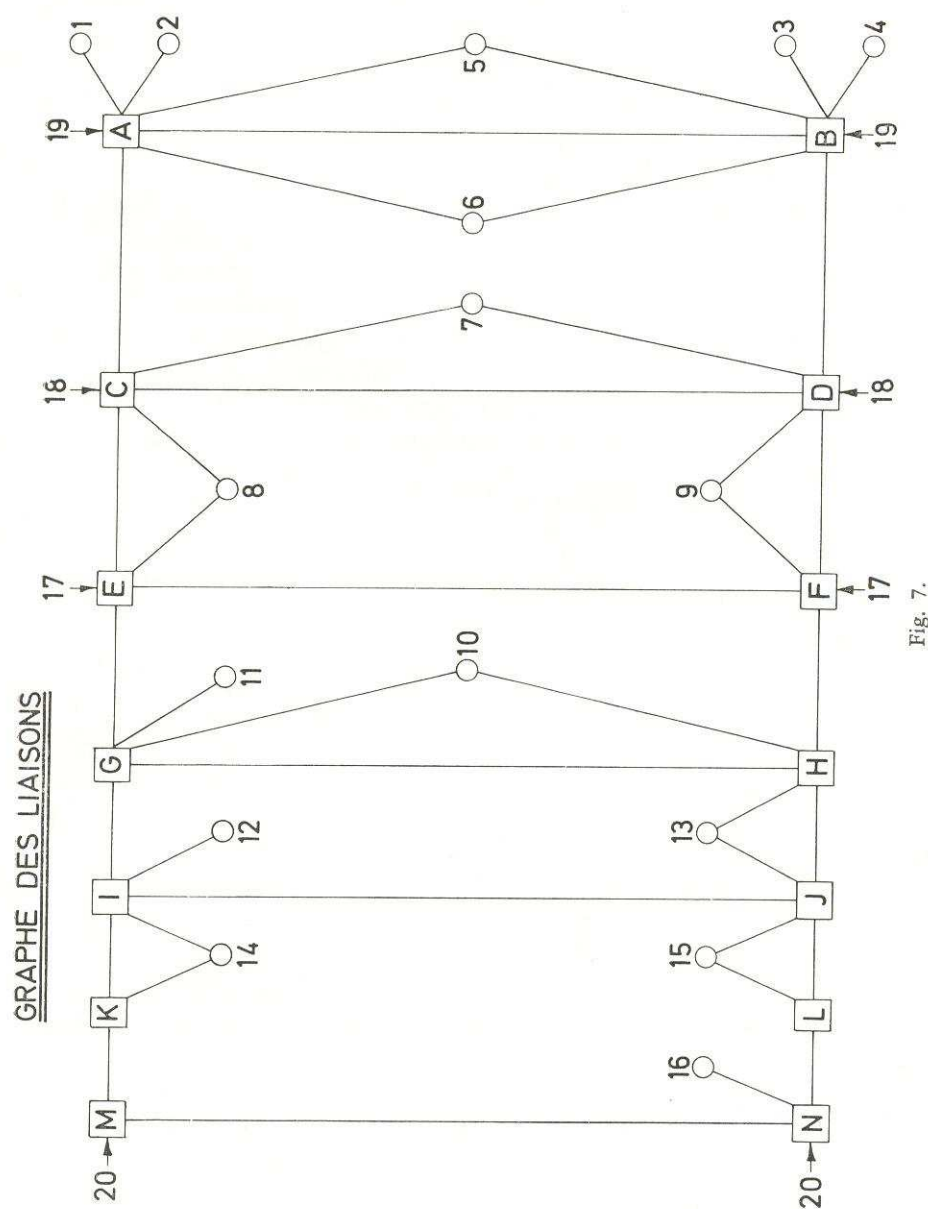


Fig. 7.

- f. Un procédé de simulation sera utilisé, en prenant comme base les distributions des lignes I à X de la Section précédente.

La liaison étudiée à la Section II sera, par convention appelée « liaison O ».

2. Les contraintes imposées par la réalité.

- a. La résolution du problème suppose :
- (1) la connaissance du graphe des liaisons ;
 - (2) la détermination des lois composites auxquelles obéissent les sources aléatoires ;
 - (3) la fixation des lois de refus aux sources fictives.
- b. Les lois de refus sont connues et ne présentent pas de difficultés.
- c. L'occupation d'une série de circuits entre deux correspondants est indépendante de l'identité des abonnés appelant. De plus toute station terminale peut entrer en liaison avec chacune des autres du graphe selon des règles expérimentales à déterminer. Les appels de chaque source obéissent néanmoins à des lois extraites de distributions aléatoires données.
- d. Nous pouvons, pour représenter la répartition spatiale des appels dans le réseau, établir une matrice carrée de dimension $n \times n$ ayant les caractéristiques ci-après :
- (1) sa diagonale principale est nulle $A_{ii} = 0$ (n équations) ;
 - (2) elle est symétrique $A_{ij} = A_{ji}$ [$\frac{n(n-1)}{2}$ équations] ;
 - (3) elle comporte n^2 éléments entre lesquels il y a $\frac{n(n+1)}{2}$ relations à satisfaire, correspondant aux équations des (1) et (2) ci-dessus.
- e. Par l'observation, nous constatons qu'il existe des relations préférentielles entre abonnés, mais que, en moyenne, pour une source donnée, le nombre des appels entrant et sortant tend à se concentrer autour d'une constante si la période T d'observation est assez longue, ce qui autorise à écrire n relations supplémentaires, à savoir :

$$\sum_{j=1}^n A_{ij} = \text{Constante}$$

Pour constituer la matrice, il faut expliciter le fait des relations préférentielles entre certains abonnés, en fonction des lois de distributions que nous connaissons par l'expérience. Considérons par exemple le nombre total d'appels C_i relatifs à une station i pendant le temps T ; si x_{ij} % de ces appels aboutissent à la station j , on peut écrire qu'il y correspond x_{ji} % du total des C_j appels de l'abonné j . On aura donc la relation :

$$x_{ij} C_i = x_{ji} C_j \quad (1),$$

qui est d'ailleurs une autre façon d'écrire la symétrie de la matrice. En lisant successivement tous les x_{ij} C_i , on possède la répartition des appels vers les autres stations du réseau.

- g. En résumé, nous sommes en présence de n sources aléatoires soumises aux contraintes ci-après :

$$(1) \quad A_{ij} = A_{ji} \quad \text{et} \quad A_{ii} = 0 \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, n \\ j = 1, 2, \dots, n \end{matrix}$$

A_{ij} = nombre d'appels de i vers j

Ces relations sont au nombre de $\frac{n(n+1)}{2}$

- (2) Les répartitions des appels d'une station vers les autres donnent lieu aux relations suivantes, valables pour un temps T assez long pour atteindre le phénomène de régularité statistique :

$$\sum_{j=1}^n A_{ij} = C_i \quad i = 1, 2, \dots, n$$

soient n relations, imposées par les distributions aléatoires.

- (3) La matrice des appels ayant n^2 éléments, il reste

$$n^2 - \frac{n(n+1)}{2} - n = \frac{n^2 - 3n}{2} \text{ degrés de liberté,}$$

qui mesurent les limites dans lesquelles on peut assurer les acheminements préférentiels des communications, en tenant compte de l'expérience.

3. Détermination de la matrice des appels (Fig. 9).

La figure 9 représente le réseau étudié. Le nombre de sources actives est de 20 et il y a 14 stations passives (de A à N). La durée d'observations T pendant laquelle le réseau sera simulé correspond au temps de passage de 4000 appels de la liaison 0.

Pendant cette période T, les nombres moyens d'appels sur les liaisons des types I à X correspondront au tableau ci-dessous :

Type de liaison	Moyenne des distributions statistiques Nbres appels/ 10 minutes	Nombres moyens d'appels sur T
0	10,54	4000
I	0,612	232
II	0,408	155
III	2,8	1068
IV	3,93	1500
V	0,87	330
VI	0,59	226
VII	1,7	646
VIII	1,14	432
IX	2,67	1019
X	1,75	665

En fait, ces nombres moyens d'appels sur la période T sont les constantes C que l'on avait introduit précédemment lorsqu'on avait imposé les lois de distribution aux « sources ».

Les liaisons types I et II ne seront pas utilisées, l'expérience ayant montré leur peu de vraisemblance pour le graphe de la figure 1. Les types de liaisons utilisés sont indiqués en bas de la figure 9.

4. Recherche d'une solution dans le cas où il n'y a pas de limitation sur les lignes inter.

- a. Si nous insérons un système de commutations automatiques dans le réseau, la réalisation d'une liaison entre deux abonnés se fera par un chemin non déterminable à priori, mais qui sera le plus court, trouvé libre, dans le temps. En formulant l'hypothèse du nombre de lignes inter non limité, à priori, nous introduisons comme conséquence directe d'avoir tous les chemins libres à tout moment. Pour fixer les idées, nous supposerons de plus

REPARTITION SPATIALE DU NOMBRE D'APPELS DANS LE RESEAU

DEPART ARRIVEE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	45	15	15	15	1350	15	15	30	7	8	67	67	67	67	67	67	350	349		
2	45	3%	15	1%	3375%	0.375%	2.3%	0.75%	2.25%	0.5%										
3	15	1%	15	1%	3375%	0.375%	4.6%	0.375%	2.25%	0.5%										
4	15	1%	45	3%	0.375%	3375%	2.3%	0.75%	2.25%	0.5%										
5	1350	1350	15	1%	0.375%	3375%	4.6%	0.375%	2.25%	0.5%									216	
6	15	1%	1350	90%	3.75%	150	65	800	20	20									216	
7	15	3%	30	2%	1.6%	65	388	5	30	2%									50%	5
8	30	1%	15	1%	20%	800	388		220	300	67	67	67	67	67	67	350	349		0.8%
9	7	2%	8	2%	20%	20	5	220	66.5%	10	5	3	3	3	3	3	81%	81%		45%
10	8	0.5%	7	0.5%	0.5%	20	30	300	10	75	75	150	150	150	150	150	82	83		0.8%
11		0.5%		0.5%	0.5%	0.5%	4.6%	67	5	75	11.3%	10%	10%	10%	10%	22.5%	10%	19%		15%
12								67	1.5%	15	1%	1%	1%	1%	1%	57.5%	1%			75
13								67	1.675%	3	15	106	171	13	13	900	900			11.3%
14								67	1.675%	3	15	106	171	13	13	171	171			75
15								67	1.675%	3	15	106	171	13	13	171	171			10
16								67	1.675%	3	15	106	171	13	13	171	171			10
17								350	1.675%	82										1.5%
18								349	8.75%	83										
19					216	5.4%														
20					216	5.4%	5	300	7.5%	100	75	75	75	10	10	10	10			
Type de liaison	IV	IV	IV	IV	0	0	VII	0	V	IV	X	IV	IV	IV	X	IV	VIII	VIII	VIII	X
Nombre d'appels total sur T	1500	1500	1500	1500	4000	4000	646	4000	330	1500	665	1500	1500	1500	665	1500	432	432	432	665

Période considérée : celle pendant laquelle on aura en moyenne 4.000 appels dans une liaison du type 0

Fig. 9.

TABLEAU VII (suite)

TABLEAU DES CHEMINS SUIVIS PAR LES APPELS
(suite)
LORS DES LIAISONS ENTRE STATIONS TERMINALES

Liaisons	Chemins suivis	Nombre lignes inter	Liaisons	Chemins suivis	Nombre lignes inter
7-9	7-D-9	0	11-12	11-G-I-12	1
7-10	7-D-F-H-10	2	11-13	11-G-H-13	1
7-11	7-C-E-G-11	2	11-14	11-G-I-14	1
7-12	7-C-E-G-I-12	3	11-15	11-G-I-J-15	2
7-13	7-D-F-H-13	2	11-16	11-G-I-J-L-N-16	4
7-14	7-C-E-G-I-14	3	11-17	11-G-E-17	1
7-15	7-D-F-H-J-15	3	11-18	11-G-E-C-18	2
7-16	7-D-F-H-J-L-N-16	5	11-19	11-G-E-C-A-19	3
7-17	7-C-E-17	1	11-20	11-G-I-K-M-20	3
7-18	7-D-18	0	12-13	12-I-J-13	1
7-19	7-D-B-19	1	12-14	12-I-14	0
7-20	7-C-E-G-I-K-M-20	5	12-15	12-I-J-15	1
8-9	8-C-D-9	1	12-16	12-I-K-M-N-16	3
8-10	8-E-G-10	1	12-17	12-I-G-E-17	2
8-11	8-E-G-11	1	12-18	12-I-G-E-C-18	3
8-12	8-E-G-I-12	2	12-19	12-I-G-E-C-A-19	4
8-13	8-E-G-H-13	2	12-20	12-I-K-M-20	2
8-14	8-E-G-I-14	2	13-14	13-J-I-14	1
8-15	8-E-G-I-J-15	3	13-15	13-J-15	0
8-16	8-E-G-I-J-L-N-16	5	13-16	13-J-L-N-16	2
8-17	8-E-17	0	13-17	13-H-F-17	1
8-18	8-C-18	0	13-18	13-H-F-D-18	2
8-19	8-C-A-19	1	13-19	13-H-F-D-B-19	3
8-20	8-E-G-I-K-M-20	4	13-20	13-J-L-N-20	2
9-10	9-F-H-10	1	14-15	14-I-J-15	1
9-11	9-E-E-G-11	2	14-16	14-K-M-N-16	2
9-12	9-F-H-G-I-12	3	14-17	14-I-G-E-17	2
9-13	9-F-H-13	1	14-18	14-I-G-E-C-18	3
9-14	9-F-H-J-I-14	3	14-19	14-I-G-E-C-A-19	4
9-15	9-F-H-J-15	2	14-20	14-K-M-20	1
9-16	9-F-H-J-L-N-16	4	15-16	15-L-N-16	1
9-17	9-F-17	0	15-17	15-J-H-F-17	2
9-18	9-D-18	0	15-18	15-J-H-F-D-18	3
9-19	9-D-B-19	1	15-19	15-J-H-F-D-B-19	4
9-20	9-F-H-J-L-N-20	4	15-20	15-L-N-20	1
10-11	10-G-11	0	16-17	16-N-L-J-H-F-17	4
10-12	10-G-I-12	1	16-18	16-N-L-J-H-F-D-18	5
10-13	10-H-13	0	16-19	16-E-L-J-H-F-D-B-19	6
10-14	10-G-I-14	1	16-20	16-N-20	0
10-15	10-H-J-15	1	17-18	17-F-D-18	1
10-16	10-H-J-L-N-16	3	17-19	17-E-C-A-19	2
10-17	10-H-F-17	1	17-20	17-F-H-J-L-N-20	4
10-18	10-G-E-C-18	2	18-19	18-C-A-19	1
10-19	10-N-F-D-B-19	3	18-20	18-D-F-H-J-L-N-20	5
10-20	10-G-I-K-M-20	3	19-20	19-A-C-E-G-I-K-M-20	6

que les chemins les plus courts dans le temps sont ceux qui passent par le minimum de stations passives. Si malgré cette seconde hypothèse plusieurs chemins sont encore possibles, le choix se fera arbitrairement.

- b. *Remarque* : Ces hypothèses constituent un point de départ de solution. Dans une seconde étape, nous changerons ces hypothèses et nous étudierons la sensibilité de la solution à ces modifications.
- c. Les chemins supposés suivis sont repris au tableau VII.
- d. *SCHEMA GENERAL DE RESOLUTION.*
 - (1) La limitation du nombre de positions de mémoires de l'ordinateur IBM 1620 ne permet pas de résoudre le problème en une seule étape. Nous scinderons donc la résolution en parties compatibles avec les possibilités de la machine.
 - (2) La période T sera parcourue par étapes ou « pas » Δt de dix minutes.
 - (3) Pour chaque étape de 10 minutes et pour chaque station terminale :
 - (i) nous tirons :
 - un nombre d'appels ;
 - au hasard, le temps de début t de chaque appel ;
 - une durée d'appel D que l'on associe à un début ;
 - le destinataire de l'appel d (éventuellement un refus) ;
 - (ii) pour chaque appel, nous imprimons t , D, d et nous perforons la carte correspondante.
 - (4) Après le nombre d'étapes voulues pour couvrir le temps T, nous possédons une carte par appel pour chaque station, qui fournit t , D, d ; de plus, nous comptons les appels dans chaque direction et le nombre total d'appels.
 - (5) Nous nous intéressons, dans une deuxième partie, à chacun des tronçons inter. Pour chacun d'eux, nous appelons tour à tour les communications et nous examinons si elles passent ou non par le tronçon inter soumis à l'étude. Dans l'affirmative, nous enregistrons le début et la durée. Nous répétons cette opération jusqu'à épuisement de toutes les communications de toutes les sources pendant T. Nous imprimons le nombre de voies utilisées, comme dans les chapitres précédents. Le tronçon suivant est appelé, et nous recommençons le processus indiqué ci-dessus, jusqu'à ce que nous ayons terminé l'examen de tous les tronçons inter.

5. Exploitation des résultats.

- a. Nous supposons les tronçons inter sans limitation. La simulation porte sur 4000 minutes.

- b. Les lignes inter du réseau constituent des voies d'acheminement des communications disposées de manière à présenter plusieurs chemins entre deux correspondants. Il ne faudrait pas limiter cette mesure de sécurité en réduisant le nombre de voies entre les stations. La probabilité de trouver un circuit libre doit être suffisamment élevée pour permettre la réalisation de toutes les liaisons avec une certitude pratique. La valeur de cette probabilité peut être fixée à 99 % par tronçon, à priori, sans tomber dans un excès d'optimisme.

Le tableau VIII, donne pour chaque tronçon, les probabilités d'occupation de 0, 1 ———— voies. La limitation du nombre de celles-ci est soulignée par un trait plein dans chaque colonne, et est obtenue en cumulant les probabilités à partir du bas et en s'arrêtant au dernier total inférieur ou égal à 1. On peut ainsi réduire le nombre de voies et exécuter à l'ordinateur des simulations en enregistrant les refus.

6. Etude de la sensibilité.

- a. Comment varie le nombre de lignes inter de chaque tronçon, si une ou plusieurs stations passives sont hors d'état de fonctionner ?
- b. Envisageons le non fonctionnement de la station C. Les liaisons AC, CD et CE sont donc supprimées et un nouveau routage doit être établi. Il figure au tableau IX, qui ne reprend plus les liaisons correspondant à une case blanche de la matrice (figure 8).
- c. Compte tenu des données modifiées, on procède à une simulation, comme indiqué au par. 4.d. (5).
- d. Le tableau X résume l'état du réseau, après destruction de la station C, en donnant les probabilités d'occupation des tronçons en %.
- Si nous acceptons un risque de 1 % de non réalisation d'une liaison par tronçon, on peut limiter le nombre de lignes inter entre stations passives comme il a été indiqué au tableau VIII et au paragraphe 5.
- La mise hors service de la station C n'affecte pratiquement que les tronçons AB, BD, DF, EF et HF, c'est-à-dire les chemins de contournement de C.
- e. Supposons une deuxième station hors service et poursuivons l'étude des modifications apportées au nombre de voies de chaque tronçon. Choisissons la station H et examinons, en premier lieu, les nouveaux chemins suivis par les appels compte tenu de cette hypothèse (Tableau XI). Nous procédons à une simulation à l'ordinateur et nous obtenons les résultats consignés dans le tableau XII sous réserve des hypothèses formulées au paragraphe précédent.

TABLEAU VIII

[illegible]

TABLEAU IX

TABLEAU DES CHEMINS SUIVIS PAR LES APPELS
LORS DES LIAISONS ENTRE STATIONS TERMINALES

NE : Les liaisons omises
sont en fait, inutilisées

STATION C DETRUITE
=====

Liaisons	Chemins suivis	Nombres de lignes inter	Liaisons	Chemins suivis	Nombres de lignes inter
1-2	1-A-2	0	8-11	8-E-G-11	1
1-3	1-A-B-3	1	8-12	8-E-G-I-12	2
1-4	1-A-B-4	1	8-13	8-E-G-H-13	2
1-5	1-A-5	0	8-14	8-E-G-J-14	2
1-6	1-A-6	0	8-15	8-E-G-I-J-15	3
1-7	1-A-B-D-7	2	8-16	8-E-G-I-J-L-N-16	5
1-8	1-A-B-D-F-E-8	4	8-17	8-E-17	0
1-9	1-A-B-D-9	2	8-18	8-E-F-D-18	2
1-10	1-A-B-D-F-H-10	4	8-20	8-E-G-I-K-M-20	4
2-3	2-A-B-3	1	9-10	9-F-H-10	1
2-4	2-A-B-4	1	9-11	9-F-E-G-11	2
2-5	2-A-5	0	9-12	9-F-H-G-I-12	3
2-6	2-A-6	0	9-13	9-F-H-13	1
2-7	2-A-B-D-7	2	9-14	9-F-H-J-I-14	3
2-8	2-A-B-D-F-E-8	4	9-15	9-F-H-J-15	2
2-9	2-A-B-D-9	2	9-16	9-F-H-J-L-N-16	4
2-10	2-A-B-D-F-H-10	4	9-20	9-F-H-J-L-N-20	4
3-4	3-B-4	0	10-11	10-G-11	0
3-5	3-B-5	0	10-12	10-G-I-12	1
3-6	3-B-6	0	10-13	10-H-13	0
3-7	3-B-D-7	1	10-14	10-G-I-14	1
3-8	3-B-D-F-E-8	3	10-15	10-H-J-15	1
3-9	3-B-D-9	1	10-16	10-H-J-L-N-16	3
3-10	3-B-D-F-H-10	3	10-17	10-H-F-17	1
4-5	4-B-5	0	10-18	10-H-F-D-18	2
4-6	4-B-6	0	10-20	10-G-I-K-M-20	3
4-7	4-B-D-7	1	11-12	11-G-I-12	1
4-8	4-B-D-F-E-8	3	11-13	11-G-H-13	1
4-9	4-B-D-9	1	11-14	11-G-I-14	1
4-10	4-B-D-F-H-10	3	11-15	11-G-I-J-15	2
5-6	5-A-6	0	11-16	11-G-I-J-L-N-16	4
5-7	5-B-D-7	1	11-20	11-G-I-K-M-20	3
5-8	5-B-D-F-E-8	3	12-13	12-I-J-13	1
5-9	5-B-D-9	1	12-14	12-I-14	0
5-10	5-B-D-F-H-10	3	12-15	12-I-J-15	1
5-19	5-A-19	0	12-16	12-I-K-M-N-16	3
6-7	6-B-D-7	1	12-20	12-I-K-M-20	2
6-8	6-B-D-F-E-8	3	13-14	13-J-I-14	1
6-9	6-B-D-9	1	13-15	13-J-15	0
6-10	6-B-D-F-H-10	3	13-16	13-J-L-N-16	2
6-19	6-A-19	0	13-20	13-J-L-N-20	2
7-8	7-D-F-E-8	2	14-15	14-I-J-15	1
7-9	7-D-9	0	14-16	14-K-M-N-16	2
7-10	7-D-F-H-10	2	14-20	14-K-M-20	1
7-20	7-D-F-H-J-L-N-20	5	15-16	15-L-N-16	1
8-9	8-E-F-9	1	15-20	15-L-N-20	1
8-10	8-E-G-10	1			

TABLEAU XI

TABLEAU DES CHEMINS SUIVIS PAR LES APPELS

LORS DES LIAISONS ENTRE STATIONS TERMINALES

NB : Les liaisons omises
sont en fait, inutiliséesSTATIONS C ET H DETRUITES
=====

Liaisons	Chemins suivis	Nombres de lignes inter	Liaisons	Chemins suivis	Nombres de lignes inter
1-2	1-A-2	0	8-12	8-E-G-I-12	2
1-3	1-A-B-3	1	8-13	8-E-G-I-J-13	3
1-4	1-A-B-4	1	8-14	8-E-G-I-14	2
1-5	1-A-5	0	8-15	8-E-G-I-J-15	3
1-6	1-A-6	0	8-16	8-E-G-I-J-L-N-16	5
1-7	1-A-B-D-7	2	8-17	8-E-17	0
1-8	1-A-B-D-F-E-8	4	8-18	8-E-F-D-18	2
1-9	1-A-B-D-9	2	8-20	8-E-G-I-K-M-20	4
1-10	1-A-B-D-F-E-G-10	5	9-10	9-F-E-G-10	2
2-3	2-A-B-3	1	9-11	9-F-E-G-11	2
2-4	2-A-B-4	1	9-12	9-F-E-G-I-12	3
2-5	2-A-5	0	9-13	9-F-E-G-I-J-13	4
2-6	2-A-6	0	9-14	9-F-E-G-I-14	3
2-7	2-A-B-D-7	2	9-15	9-F-E-G-I-5-15	4
2-8	2-A-B-D-F-E-8	4	9-16	9-F-E-G-I-J-L-N-16	6
2-9	2-A-B-D-9	2	9-20	9-F-E-G-I-K-M-20	5
2-10	2-A-B-D-F-E-G-10	5	10-11	10-G-11	0
3-4	3-B-4	0	10-12	10-G-I-12	1
3-5	3-B-5	0	10-13	10-G-I-J-13	2
3-6	3-B-6	0	10-14	10-G-I-14	1
3-7	3-B-D-7	1	10-15	10-G-I-J-15	2
3-8	3-B-D-F-E-8	3	10-16	10-G-I-J-L-N-16	4
3-9	3-B-D-9	1	10-17	10-G-E-17	1
3-10	3-B-D-F-E-G-10	4	10-18	10-G-E-F-D-18	3
4-5	4-B-5	0	10-20	10-G-I-K-M-20	3
4-6	4-B-6	0	11-12	11-G-I-12	1
4-7	4-B-D-7	1	11-13	11-G-I-J-13	2
4-8	4-B-D-F-E-8	3	11-14	11-G-I-14	1
4-9	4-B-D-9	1	11-15	11-G-I-J-15	2
4-10	4-B-D-F-E-G-10	4	11-16	11-G-I-J-L-N-16	4
5-6	5-A-6	0	11-20	11-G-I-K-M-20	3
5-7	5-B-D-7	1	12-13	12-I-J-13	1
5-8	5-B-D-F-E-8	3	12-14	12-I-14	0
5-9	5-B-D-9	1	12-15	12-I-J-15	1
5-10	5-B-D-F-E-G-10	4	12-16	12-I-K-M-N-16	3
5-19	5-A-19	0	12-20	12-I-K-M-20	2
6-7	6-B-D-7	1	13-14	13-J-I-14	1
6-8	6-B-D-F-E-8	3	13-15	13-J-15	0
6-9	6-B-D-9	1	13-16	13-J-L-N-16	2
6-10	6-B-D-F-E-G-10	4	13-20	13-J-L-N-20	2
6-19	6-A-19	0	14-15	14-I-J-15	1
7-8	7-D-F-E-8	2	14-16	14-K-M-N-16	2
7-9	7-D-9	0	14-20	14-K-M-20	1
7-10	7-D-F-E-G-10	3	15-16	15-L-N-16	1
7-20	7-D-F-E-G-I-K-M-20	6	15-20	15-L-N-20	1
8-9	8-E-F-9	1			
8-10	8-E-G-10	1			
8-11	8-E-G-11	1			

TABLEAU XII

[illegible]

7. Regression.

L'ordinateur nous fournit les renseignements ci-après concernant la valeur de l'intensité de trafic

Tronçon	Intensité de trafic ψ		
	Toutes les stations en service	C hors service	C et H hors service
AB	0,054	0,159	0,159
AC	2,363	—	—
BD	0,282	2,65	2,65
CD	0,325	—	—
CE	0,111	—	—
DF	0,068	3,17	3,21
EF	—	3,27	3,50
GE	1,396	1,283	1,55
HF	0,154	0,265	—
GH	0,091	0,091	—
GI	1,667	1,66	2,21
JH	0,280	0,288	—
IJ	1,510	1,51	2,04
KI	1,424	1,42	1,425
MK	1,612	1,61	1,62
LJ	0,462	0,47	0,46
NL	0,495	0,502	0,493
MN	0,947	0,945	0,945

Si on veut représenter la variation du nombre de lignes en fonction de ψ on constate que les points représentatifs se placent sensiblement sur un arc de parabole d'équation :

$$y = 0,03 x^2 + 0,137 x - 0,115$$

ce qui nous donne un moyen simple de déterminer le nombre de voies connaissant l'intensité du trafic.

PUBLICATIONS REÇUES

ONTVANGEN PUBLICATIES

- 1) Annales de Sciences Economiques Appliquées, N° 1, mars 1968.
- 2) Operational Research Quaterly, London, Vol. 19, Special conference Issue Decision - making, et Vol. 19, N° 2.
- 3) Revue IBN (Institut Belge de Normalisation), N°s 3 & 4, 1968.
BIN Revue (Belgisch Instituut voor Normalisatie), N°s 3 & 4, 1968.
- 4) Operationele Research Mededelingen, 's Gravenhage, N°s 3 & 4, maart & april 1968.
- 5) Revue Suisse pour l'Organisation Industrielle (Institut d'Organisation Industrielle de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich), N°s 3, 4 & 5, 1968.
- 6) QF (Qualité et Fiabilité) Bulletin trimestriel de l'AFCIQ, Paris, Vol. IV, N° 1, 1968.
- 7) SAIT Electronics Review, Winter 1967/1968.
- 8) The General Electric Forum, Washington, Vol. X, N° 4, Winter 1967/1968.
- 9) Trabajos de Estadística y de Investigación Operativa, Madrid, Vol. XVIII, Cuadernos II y III, 1967.
- 10) Revue Française d'Informatique et de Recherche Opérationnelle, AFIRO, Paris, Novembre-décembre 1967.
- 11) Revue de Statistique Appliquée, Vol. 16, N° 1, 1968.
- 12) Revue de l'Institut international de Statistique, La Haye, Vol. 36, N° 1.
- 13) Economisch en Social Tijdschrift, Antwerpen, 22^e Jaargang, N° 2, 1968.

NOS ECHOS**ALLERLEI**

Le Secrétariat de la Sogesci a reçu
l'information suivante :

Het Secretariaat van het Sogesci
heeft de volgende mededeling ont-
vangen :

Une nouvelle section intitulée «ECONOMIE D'ENTREPRISE» a été constituée, à Bruxelles, au sein de la Société Belge pour l'Application des Méthodes Scientifiques de Gestion (SOGESCI). Cette section se propose d'étudier les problèmes suivants :

- 1) Finalité des entreprises.
- 2) Facteurs (actuels et potentiels) disponibles pour la réalisation des finalités - Politiques concernant ces facteurs.
- 3) La Direction de l'entreprise - sa fonction - sa structure et ses instruments.

Les personnes intéressées par les travaux de cette section peuvent obtenir des détails complémentaires en s'adressant au Secrétariat de la SOGESCI, 66, rue de Neufchâtel à Bruxelles 6. Tél. 02/37.19.76.