

Enseignements programmés des statistiques et organisations de la matière ⁽¹⁾

A. WEILL-FASSINA ET P. VERMERSCH *

Les études habituelles sur l'enseignement programmé des statistiques ont généralement deux buts principaux :

1^o Comparer l'efficacité des différentes techniques (linéaire, à branchements en retour, latéral, etc..., ROE 1962).

2^o Vérifier l'efficacité relative de l'enseignement programmé et de l'enseignement traditionnel (GAVINI et BARRAUD 1965; GRUBB, 1958; REGGI et PAGES, 1968 ; SMITH, 1962) (2).

Les résultats de ces expériences font apparaître peu de différences entre les conditions expérimentales. Souvent seules des différences de temps ou des progrès plus nets pour les sujets de niveau de départ faible, marquent l'avantage de l'enseignement programmé.

Devant de tels résultats, il est à remarquer que dans ces expériences, l'enseignement programmé consiste surtout dans la mise sous forme programmée d'un cours traditionnel. Par ailleurs, « il n'est pas vrai que l'élève aura, à la quantité et à la vitesse près, appris la même chose quelle que soit la structure du programme, et cela paraît certain si on admet qu'apprendre ne se réduit pas à recevoir et à fixer un message

mais signifie surtout qu'on ait assimilé les opérations, au sens large du mot, qui permettent de le reconstituer » (GRECO, 1965). La question est alors de savoir si, dans la construction d'un enseignement programmé, le problème du mode de programmation n'est pas relativement secondaire par rapport à celui de l'organisation de la matière et ne doit pas être résolu après ce dernier.

En effet, contrairement à une opinion couramment admise, les mathématiques n'ont « un aspect linéaire qu'aux yeux du profane, comme le rappelait M. BARBUT en soulignant la structure complexe du réseau de liaisons qui marquent l'interdépendance des notions mathématiques » (GRECO, 1965).

L'existence d'un tel réseau conduit à penser que, plusieurs modes d'organisation du contenu sont possibles. Si tous peuvent être équivalents quant à leur cohérence interne, cette équivalence pourrait bien ne plus se retrouver quant à l'apprentissage par l'élève d'un ensemble de notions ou d'opérations. Cette hypothèse peut, semble-t-il, être transférée sans trop de difficulté à l'enseignement des statistiques. Or, s'il existe différents enseignements programmés de statistiques, aucune comparaison n'a été entreprise.

Le but de l'analyse présentée ici est donc de décrire et de comparer l'organisation de la matière de quelques enseignements programmés des statistiques. Seuls seront pris en compte des enseignements constitués d'un ensemble de thèmes présentant une unité et non pas ceux qui traitent d'un seul thème, tel que, par exemple, l'enseignement du chi carré (OLERON, 1966).

(1) Cet article, ainsi que l'analyse qu'il décrit, a été rédigé dans le cadre du contrat D. G. R. S. T. n° 68.01.160 sur l'Enseignement Programmé des statistiques.

* Laboratoire de Psychologie du Travail, Ecole Pratique des Hautes Etudes, 41, rue Gay Lussac. 75. Paris 5^e.

(2) Il est à remarquer que les statistiques, sans être elles-mêmes le centre de l'expérience, sont quelquefois utilisées comme matériel dans les expériences sur l'enseignement programmé (STOLUROW et WALKER, 1962).

Plus précisément, il ne s'agit pas de comparer les diverses organisations d'une manière expérimentale, mais de dégager différentes variables et différents choix qui semblent être sous-jacents à la construction de ces enseignements programmés.

C'est pourquoi, après une brève description du public et de l'utilisation prévue de ces programmes, nous examinerons les buts visés les niveaux auxquels sont données les informations et les diverses organisations de la matière.

I. — Description des programmes

Les 7 enseignements que nous analyserons ici traitent de statistiques descriptives (GOROW, 1967 ; S. E. M. A., 1967 ; RAMEAU, 1969), d'inférence statistique (VALLERON et LAZAR 1966), de statistique descriptive et inférentielle (T. M. I. GROLIER, 1961), de statistique notionnelle (KINCHLA, 1964) et de statistique descriptive, inférentielle et notionnelle (Mc COLLOUGH et VAN ATTA, 1963) (1).

Le tableau I résume les diverses variables prises en compte pour décrire les programmes.

a) Public et utilisation des programmes.

Les 7 programmes ont pour point commun de s'adresser généralement non pas à un public de statisticiens et de mathématiciens, mais à un public composé de personnes qui ont à *utiliser les statistiques* dans leur métier, tels que psychologues (Mc COLLOUGH, KINCHLA, GOROW), biologistes (VALLERON), administratifs (RAMEAU) contremaîtres (S. E. M. A.). Seul l'E. P. de T. M. I. GROLIER ne semble s'adresser à aucun public particulier.

A cause du public auquel ils s'adressent, les

programmes ont à peu de chose près, *un niveau de départ identique*. Tous supposent en effet un niveau faible en mathématique et en statistique ; certains (S. E. M. A., Mc COLLOUGH, KINCHLA) considèrent en outre que la manipulation des symboles est inhabituelle aux lecteurs visés. Par contre l'enseignement programmé de VALLERON et LAZAR fait exception : dans la mesure où il vise à remplacer des travaux dirigés, il est le complément des cours magistraux ou d'un manuel (SCHWARTZ) et chaque série d'exercices présentée implique la connaissance d'un certain nombre de notions préalablement définies. Cette utilisation d'un enseignement programmé à des fins « travaux dirigés » est assez originale ; les enseignements programmés considérés sont utilisés soit seuls (GOROW, RAMEAU, Mc COLLOUGH) soit comme propédeutique à des cours plus difficiles (S. E. M. A., KINCHLA) soit au contraire comme préparatoire à des discussions et exercices assistés d'un enseignant (GROLIER). Ces diverses utilisations des enseignements programmés ne sont d'ailleurs pas sans relation avec les buts des auteurs et les moyens mis en œuvre pour parvenir à leurs fins.

b) Buts et méthodes de construction des programmes.

Si les niveaux de départ sont à peu de chose près homogènes et faciles à définir, il n'en est plus de même des *niveaux d'arrivée*.

Le champ couvert par les informations fournies aussi bien que les possibilités d'utilisation attendues des élèves en fin de formation peuvent définir respectivement le niveau d'arrivée et le but de l'enseignement.

Le niveau d'arrivée ne peut être défini en statistique que par une liste de notions. En effet, étant donnée l'organisation en réseau des statistiques, on ne peut prendre comme critère de niveau d'arrivée la dernière information fournie par un programme ; celle-ci pourrait fort bien se trouver au début d'un autre programme.

(1) Ces programmes ne constituent pas l'exhaustivité des enseignements programmés existants en statistiques mais semblent assez représentatifs.

Aussi, dans cette perspective, seule la liste exhaustive des notions et leur enchaînement peut définir le niveau d'arrivée.

Nous ne traiterons donc dans cette partie que des buts en fonction des possibilités d'utilisation réservant pour la seconde partie le problème des informations et de leurs organisations.

Les buts que se fixent les auteurs quant aux possibilités d'utilisation par les élèves des informations fournies sont généralement précisés dans les préfaces. Ils peuvent se répartir en 3 catégories.

— *L'apprentissage de notions de base par l'étudiant* : le but est de clarifier un certain nombre de notions de base, de définir les statistiques descriptives essentielles (S. E. M. A., GOROW) ou de permettre « la compréhension d'un très grand nombre d'applications pratiques intégrées dans la gestion d'une entreprise » (RAMEAU).

— *L'apprentissage de raisonnements par l'étudiant* : le but est alors « d'introduire les étudiants aux éléments du raisonnement statistique et à la manière dont cette forme de raisonnement entre dans le processus de la recherche comportementale » (KINCHLA) ; ou bien il s'agit « d'un effort pour clarifier les concepts et suppositions de base qui sous-tendent les procédures statistiques, aussi bien que pour rendre compétents dans les applications pratiques » (T. M. I. GROLIER, Mc COLLOUGH).

— *La vérification par l'étudiant de ses propres connaissances* : « Les exercices doivent permettre à chaque étudiant de se rendre compte à tout moment des imperfections de son savoir, de revenir sur les aspects qui lui auraient échappé et d'aller plus avant dans certains raisonnements » (VALLERON).

Alors que dans le premier cas, le but est uniquement l'acquisition de notions, dans les deux autres cas, il y a appel au transfert de la simple connaissance des notions à leur utilisation.

Par ailleurs, la plupart des auteurs font état d'une *validation*, voire de remaniements de pro-

grammes. On peut donc admettre malgré l'absence de renseignements sur les épreuves, et méthodes de validation, que pour les auteurs, les buts poursuivis ont été atteints. En fait, l'analyse des programmes tend à montrer que les buts ainsi définis s'appliquent peut-être plus au style des informations fournies dans le texte (cadre de référence choisi par l'auteur et au niveau des explications données) qu'aux tests de contrôle présentés dans certains cas à la fin de chaque chapitre ou groupe de chapitres.

En ce qui concerne les *tests de contrôle*, la comparaison entre le type de question posé à l'élève et le but énoncé, fait apparaître un certain décalage. Celui-ci se manifeste moins dans les programmes dont le but est l'apprentissage de notions de base que dans ceux qui se proposent l'apprentissage de raisonnement. Il y a alors autant de cas particuliers que de programmes, ces cas étant d'ailleurs en liaison avec les modes d'utilisation prévus pour les programmes. Ainsi les tests indiqués par KINCHLA et T. M. I. GROLIER sont du type identification ou discrimination ; l'erreur a alors peu de signification du point de vue raisonnement ; il est vrai que « le » T. M. I. GROLIER doit être utilisé préalablement à des discussions et des exercices et c'est peut-être dans ce cadre que doit se faire le transfert au raisonnement.

Par contre, Mc COLLOUGH donne effectivement des problèmes comme contrôle des connaissances ; mais on peut regretter qu'il ne donne que la bonne réponse sans expliciter le ou les raisonnements possibles.

Enfin l'enseignement programmé de VALLE-
RON et LAZAR ne présente pas de tests de contrôle proprement dit puisqu'il est entièrement composé d'exercices d'application dont la résolution est soigneusement guidée : chaque question est suivie d'un triple choix dans lequel on distingue la bonne réponse, deux mauvaises réponses dues l'une à une erreur de raisonnement et l'autre à une erreur de calcul (une étude d'erreurs semble avoir été faite préalablement).

TABLEAU I

Caractéristiques des programmes de statistiques

Caractéristiques	Auteurs						
	GROLIER	MC COLLOUGH	KINCHLA	GOROW	S. E. M. A.	RAMEAU	VALBRON
Statistiques							
descriptives	+	+		+	+	+	
inférentielles	+	+					+
notionnelles		+	+				
Public général	+						
psychologue		+	+	+			
contremaître					+		
administratif						+	
biologiste							+
Utilisés							
discussion post-chapitre	+						
seuls		+		+		+	
propédeutique			+		+		
travaux dirigés							+
Relevé d'erreurs préalable							
Validation	+	+	+	+	+		+
Niveau apprentissage données							
— calculatoire				+	+		
— identif. données	+	+	+		+	+	
— transfert à résol. pb.;	+	+					
Niveau apprentissage résol. pb.							+
Système de référence sous-jacent							
— logique interne aux statis.	+	+				+	
— introduction méth. expér.		+	+				
— exemples							
psycho		+		+			
fabrication					+	+	
biologiques							+
Programme							
linéaire	+	+	+			+	
branché				+	+		+
Nombre de chapitres	20	21	8	19	14	20	7
d'items	1 700	1 633	1 614	187 tot	268 tot	716 tot	82 → 240
d'items/chap.	85	77	208	10	19	36	12 → 35
Temps passation total	20-35 h	27-53 h	25 h	9-10 h	7 h	15 h	7-10

Cet enseignement programmé est le seul dont on puisse dire qu'il entraîne à la résolution de problèmes. Pour tous les autres, l'examen des tests joints à l'analyse des programmes laisse à penser qu'on ne peut parler que d'un apprentissage des données quels que soient par ailleurs les buts avoués des auteurs. Encore, cet apprentissage peut-il se faire à *différents niveaux* :

1. — *Un niveau calculatoire* : on apprend simplement à calculer telle ou telle statistique sans référence aux utilisations (GOROW),

2. — *un niveau identification des données* : les données et leur utilisation sont définies mais aucun entraînement n'est prévu pour leur emploi (KINCHLA, RAMEAU),

3. — *un niveau identification des données et transfert à la résolution de problèmes* : les données et leur utilisation sont définies et un ou plusieurs autres exemples d'application directe sont indiqués (MC COLLOUGH, GROLIER).

Seuls sont dans cette dernière catégorie les enseignements programmés qui couvrent à la fois la statistique descriptive et inférentielle. En outre, qu'il s'agisse d'effort de transfert à la résolution de problèmes ou d'entraînement systématique, les problèmes sont la plupart du temps limités à l'utilisation d'un ensemble de notions statistiques bien définies ; il y a plutôt appel à la reconnaissance qu'à une véritable utilisation des statistiques (choix entre diverses possibilités de tests par exemple) pour résoudre des problèmes du domaine envisagé (psychologie, administration, etc.).

En définitive, les buts poursuivis par les auteurs apparaissent surtout dans le *système de référence* qui est sous-jacent aux informations présentées. Dans les enseignements programmés où le but est seulement l'apprentissage de notions de base, les *exemples* choisis pour illustrer ces notions se réfèrent la plupart du temps à des domaines intéressant le public visé (GOROW S. E. M. A.).

Dans les enseignements programmés où le

but est l'apprentissage du raisonnement, le *système de référence* apparaît plus nettement : T. M. I. GROLIER, dont le public n'est pas nettement défini, fait appel uniquement à une *logique interne aux statistiques* (1). Par contre, MC COLLOUGH et KINCHLA font appel plutôt à une *méthodologie expérimentale*. MC COLLOUGH part de l'idée de l'utilisation de l'inférence statistique, tandis que KINCHLA part plutôt de la description des données observées (2).

c) *Types de programmation.*

Les différentes caractéristiques des programmes se traduisent dans les formes de programmation, le nombre d'items utilisés et le temps de passation (tableau I).

Sans revenir sur la querelle des types de programmation linéaire ou branchée, il semble intéressant de s'interroger brièvement sur les rapports entre les techniques de programmation employées et les buts fixés par les auteurs.

On admet généralement que la programmation branchée est plus particulièrement adaptée aux matières où les erreurs de raisonnement sont possibles. Ceci est probablement vrai surtout si un relevé préalable des erreurs a pu être fait. C'est en ce sens que VALLERON et LAZAR, utilisent un programme branché visant à guider l'élève dans la résolution de problèmes.

Par ailleurs, il paraît plus ou moins admis que la programmation de type linéaire convient plus à l'apprentissage de procédures qu'à l'apprentissage sur les structures qui autorisent plusieurs modalités de raisonnement. Or, dans les cas analysés ici, on peut constater que curieusement, les enseignements programmés visant à apprendre des données ou des modes calculatoires sont de type branché (S. E. M. A.,

(1) Il en est de même pour RAMEAU dont le but était l'identification de données. Les exemples cités par RAMEAU traitent toutefois de la gestion des entreprises.

(2) On peut remarquer qu'à aucun moment, on ne fait explicitement appel à des notions de mathématiques fondamentales.

GOROW) tandis que les enseignements programmés visant à apprendre plutôt des raisonnements sont de type linéaire (GROLIER, MC COLLOUGH, KINCHLA).

Il semble alors que plusieurs ambiguïtés soient à l'origine de cette apparente contradiction : Une première ambiguïté porte sur la notion même de « raisonnement » : l'analyse des buts, les types de programmes utilisés, les contradictions relevées dans cette première partie, conduisent à penser que pour les auteurs le « raisonnement statistique » ne correspond pas à l'idée d'entraîner l'élève à des raisonnements qui lui permettraient de résoudre des problèmes spécifiques à son champ d'intérêt et mettant en jeu comme outil ses connaissances statistiques. Le raisonnement de statistique correspondrait plutôt à l'idée de fournir à l'élève un cadre de référence général dans lequel il puisse replacer les différents concepts définis. En ce sens, et en dehors du problème du choix du cadre de référence, on peut alors se demander si la mise en place d'un cadre général cohérent n'est pas effectivement indispensable et préférable en début de formation à l'utilisation d'une multiplicité de cadres qui correspondrait à des modes de raisonnement différents.

La seconde ambiguïté porte sur la notion d'organisation de la matière : comme nous allons le voir en 2^e partie, l'organisation en réseau des statistiques permet le choix entre plusieurs organisations pédagogiques, celles-ci étant fonction des systèmes de référence choisis. Enfin, pour une organisation pédagogique donnée, la linéarité correspond plus souvent à un mode d'écriture qu'à un enchaînement linéaire des concepts à enseigner.

II. — Concepts enseignés et organisations de la matière

52 Au cours de la première partie, nous avons vu que les niveaux d'arrivée pouvaient se définir

par la liste et l'organisation des concepts enseignés. Nous appellerons ici concepts l'unité notionnelle minimale qui permet de distinguer le découpage de la matière fait par les différents auteurs.

a) *La liste des concepts enseignés.*

Le tableau II, indique l'ensemble des concepts enseignés par les différents programmes de statistiques analysés. *Le nombre de concepts* qui varie de 7 à 33, est fonction du champ traité : les programmes traitant de statistiques descriptives et inférentielles (GROLIER, MC COLLOUGH) présentent évidemment plus de concepts que ceux traitant de statistiques descriptives seulement. En statistique descriptive, il est fonction aussi du niveau d'explication donné. Ceux qui visent à l'identification des données (RAMEAU) ou à un niveau notionnel (KINCHLA) présentent plus de concepts que ceux qui restent à un niveau calculatoire (GOROW).

La nature des concepts varie également même à l'intérieur d'un domaine statistique. Par exemple, en statistique descriptive, les seuls concepts traités par tous les auteurs sont les mesures de tendance centrales et les mesures de dispersion. Si l'on excepte GOROW, les notions traitées par tous les auteurs sont : courbes et graphiques, probabilité, population, échantillon. De même, en statistique inférentielle, seul le chi carré fait l'objet d'un enseignement dans tous les programmes.

Il est peut-être à remarquer que certaines notions telles que groupes indépendants et appariés, tests non paramétriques, schémas d'urne sont peu ou pas évoqués.

L'ordre des concepts varie lui aussi d'un programme à l'autre ; par exemple la notion de fréquence attendue et observée apparaît en 3^e position dans le programme de MC COLLOUGH et en 31^e position dans le programme de GROLIER. Seuls quelques concepts apparaissent toujours groupés dans le même ordre dans les

Enseignements programmés des statistiques

TABLEAU II

Thème abordé dans les programmes de statistiques et ordre des informations

	GROLIER	Mc COLLOUGH	VALLERON	KINCHLA	RAMEAU	S. E. M. A.	GOROW		GROLIER	Mc COLLOUGH	VALLERON	KINCHLA	RAMEAU	S. E. M. A.	GOROW
Données — variables		7		1				Test hypo μ d'1 population	18	23			16		
Valeurs numériques et non numériques		8		2	3			— Distribution z	19	24			17		
Distribution de fréquence	1	9		4	4		3	— Distribution t	20				20		
Courbes et graphiques	2	10		3	5	1		Test hypo μ de 2 populations	21	25					
Distributions cumulées	3	17			6			Transformation z	22	26	16				
Pourcentage	4	18	3					Transformation t	27	27	17				
Quartile, decile	5	19	4					6 Cas des séries appariées	24		14				
Estimation %			6			9		Transformation t	25		15				
Mesure et tendance centrale	6	14		5	7	7	1								
Mesure de dispersion	7	15		6	8	5	2	Test hypo. variance d'1 pop.....	26				18		
Courbe normale	8	21		8		6		Distribution de chi carré/dl.....	27				19		
Corrélation	9							Test hypo variance de 2 pop.....	28		18				
Variance et sigma	10	16		7		8	4	Distribution de F	29		19				
Note Z	11	20		9											
Fonction linéaire		29						Différence entre moyenne de 2 popu. et + anal. de la variance	30	28	2				
Corrélation r	12	30	20				7								
Probabilité	13	4		12	9	10		Test hypo fréq. obs. = fré. attendue 1 population	31	11	10			12	
Schéma d'urne			1					Distribution de chi carré.....	32	12	11			13	
Population	14	1	2	10	1-13	2		Test hypo fréq. obs = fré. attendue	33	13	12			14	
Caractère éventualité					2	3		Cas des séries appariées			13				
Echantillon	15	2		11	14	4									
Définition fréquence attendue et observée		3		14		11		Comparaison % obs. et att. 1 population			7				
Distribution d'échantillonnage	16			13	15			Comparaison % obs. et att. de + d'1 population			8				
Estimation de paramètre				15				Cas des séries appariées			9				
Test hypothèse	17	5		16											
Erreur de type I et II		6	5	17				Test de données dichotomisées		22					
								Distribution Binomiale					10		
								Poisson					11		
								Normale					12		

différents programmes qui en font mention ; par exemple : mesure de tendance centrale et de dispersion, population et échantillon, tests sur les fréquences pour une population et plus d'une population. Ces variations d'ordre dans les concepts sont en fait le reflet de l'organisation plus générale qui sous-tend les différents programmes.

b) L'organisation de quelques enseignements programmés des statistiques.

Les 7 enseignements programmés analysés ont des formes d'organisation assez différentes :

Les enseignements programmés qui traitent uniquement de statistiques descriptives présentent généralement des *organisations linéaires*. La nécessité de la connaissance d'une notion pour aborder la notion suivante détermine l'enchaînement. Le point de départ paraît être dans la question d'origine que semble se poser l'auteur : « Comment synthétiser les groupes de valeurs et mesurer une relation » (GOROW) ? « Que signifient les données représentées généralement graphiquement » (S. E. M. A.) ? « Qu'est-ce que le traitement et la comparaison de données » (KINCHLA) ? « Comment traiter certaines données » ? « Selon quelles lois de probabilités peuvent-elles se répartir » ? « Comment faire des estimations » (RAMEAU) ?

A titre d'illustration d'une *organisation linéaire*, la figure I (cf p. 58) résume l'organisation de l'enseignement programmé de RAMEAU ; outre la linéarité de l'ordre pédagogique, la disposition des notions en 3 colonnes (sur la figure) a pour but de mettre en évidence le parallélisme des différentes notions. On remarquera que les distributions de probabilités enseignées (binomiale, Poisson, normale) ne le sont dans aucun des autres enseignements programmés examinés ici. Mais la fonction de la loi binomiale et de Poisson est surtout d'introduire la loi normale puisque dans la suite de l'enseignement, ces

notions ne sont jamais reprises, même à propos des estimations.

Dans la mesure où l'inférence statistique va devoir s'appuyer sur les connaissances de statistiques descriptives, les enseignements programmés qui traitent à la fois de statistiques descriptives et inférentielles présentent des *organisations complexes en arbre ou en réseau*.

A titre d'illustration d'une *organisation en arbre*, la figure II (cf p. 59) résume l'organisation de l'enseignement programmé de T. M. I. GROLIER. Les informations sont regroupées en fonction de la nature des variables considérées et des grandes catégories de tests (trait d'axe sur la figure). En effet, le premier embranchement est fourni par la notion de variable susceptible de mesure ou de comptage. Toute la première partie présente alors des statistiques descriptives qui répondent à la question : comment synthétiser des variables mesurables ? Aussi cette première partie apparaît-elle globalement comme linéaire ; mais étant organisée en fonction de caractéristiques de distribution de fréquences, certains concepts ne sont pas traités d'un seul bloc, ce qui donne une impression de spirale.

Dans une deuxième étape, pour passer aux problèmes d'inférence statistique toujours sur des variables mesurables, un certain nombre de concepts sont à définir : probabilité, test d'hypothèse, population, distribution d'échantillonnage. Contrairement à RAMEAU, la notion de probabilité n'est introduite que pour faire comprendre les tests d'hypothèses. Par contre, T. M. I. GROLIER insistera beaucoup plus sur les distributions d'échantillonnage (z , t , F , χ^2).

Ces différentes distributions sont présentées dans une troisième partie en fonction des deux grandes catégories de tests possibles sur les variables mesurables : tests sur les moyennes et tests sur les variances (deuxième niveau de ramification). Ces deux catégories se ramifient à leur tour selon qu'il s'agit d'estimer les para-

mètres d'une population ou de comparer deux populations et plus.

Par ailleurs, les variables susceptibles de comptage (qui constituent la deuxième grande branche considérée par GROLIER) conduisent à une troisième catégorie de test d'hypothèse : les tests sur les fréquences. Ces derniers sont eux-mêmes subdivisés selon qu'il s'agit de comparer une fréquence à une norme ou à d'autres fréquences.

En fonction de cette organisation de la matière, dans l'enchaînement pédagogique (trait continu), l'ordre des notions n'est pas l'antériorité logique immédiate. D'où la nécessité de mettre en évidence des relations entre chapitres qui ne se suivent pas directement (trait discontinu).

A titre d'illustration d'une *organisation en réseau*, la figure III (cf p. 60) résume l'organisation de l'enseignement programmé de MC COLLOUGH et VAN ATTA. Tout d'abord le livre semble être construit autour de deux problèmes d'inférence statistique : estimation des paramètres de la population à partir des caractéristiques de l'échantillon et l'estimation des différences entre 2 populations. L'auteur semble alors se demander quelles sont les notions dont la connaissance est nécessaire à l'exécution de ces deux opérations. Cette idée définit le fil directeur qui guide l'ordre pédagogique choisi par l'auteur (traits continus) et explique l'ordre général : statistiques notionnelles, statistiques descriptives, statistiques inférentielles.

Mais par ailleurs, l'auteur semble tenir compte des besoins de l'étudiant en autorisant une certaine souplesse de passage d'un chapitre à l'autre, contrairement à tous les autres auteurs. Le livre présente en fait trois débuts possibles : l'inférence statistique (case 1), la distribution de fréquence (case 6), les fonctions linéaires (case 17). En outre, l'auteur indique précisément les shuntages possibles (traits discontinus), par exemple, les probabilités (case 3 et 4) ne sont pas à apprendre obligatoirement et l'on peut passer

directement de la notion d'échantillon au hasard (case 2) à celle de test d'hypothèse nulle (case 5). Le corollaire est l'indication des chapitres nécessaires à la compréhension d'un chapitre donné ; par exemple courbe normale et probabilités (case 11) et distribution d'échantillonnage (case 13) pour les tests sur les moyennes (case 14).

En résumé, l'utilisation des trois types d'organisation que nous venons de décrire (linéaire, en arbre, en réseau) semble dépendre à la fois :

- du niveau d'explication donné (calculatoire, identification des données),
- du champ traité par les auteurs (statistique descriptive ou inférentielle),
- du système de référence adopté (système uniquement interne aux statistiques ou se référant aux intérêts du public).

III. — Conclusion

A l'issue de cette analyse des caractéristiques et de l'organisation d'enseignements programmés de la statistique, il semble intéressant de s'interroger sur les rapports de l'analyse de la matière, la définition des buts et les organisations pédagogiques des programmes tels qu'ils ont été décrits ici. Il s'agit non plus d'appliquer des normes idéalement définies à la construction de programmes mais de souligner en quoi l'analyse de programmes déjà construits peut nuancer et montrer les insuffisances des normes établies.

1. — Un des premiers aspects de l'enseignement programmé qui frappe l'apprenti-programmeur, concerne le niveau d'exigence de l'*analyse de la matière* à enseigner : la « structure logique » de la matière doit être mise en évidence à un niveau extrêmement fin et rigoureux. Mais d'un point de vue méthodologique, les outils pour réaliser une telle analyse sont rares et souvent peu précis. Un certain nombre de procédés cités dans les manuels (par exemple, la matrice de DAVIES) paraissent avoir une portée assez limitée.

Bien qu'à travers notre analyse de cours déjà programmés, nous n'ayons pu atteindre que l'organisation pédagogique de la matière, la variété même des ordres de présentation des thèmes montrent combien peuvent être différents les résultats d'une analyse logique de la matière. Les divergences d'enchaînement des notions, le choix des points-clefs, le choix des points passés sous silence dans chacun des enseignements est révélateur à ce sujet.

Le problème est alors de savoir quelle organisation de la matière choisir et dans ce domaine essentiel il semble qu'il n'y ait pas de recettes. Certes, l'organisation pédagogique est très liée à la définition préalable des objectifs : on peut rendre compte d'une certaine variabilité par le seul fait que les objectifs peuvent être pour un niveau visé, fonction de la population d'utilisateurs. Pourtant, dans les enseignements analysés, à des niveaux d'objectifs équivalents, des différences importantes d'organisation pédagogique ont été mises en évidence.

On peut alors se demander s'il existe un lien autre qu'empirique entre les différentes étapes de l'élaboration d'un enseignement programmé.

2. — On peut, en outre, se demander si les objectifs finaux sont réellement bien définis. En effet, si les tests finaux (en fin de chapitres ou de programmes) sont construits en fonction d'une définition préalable des buts (en termes de comportement) et si ces tests sont ceux utilisés comme instrument de validation, il est surprenant de pouvoir constater en première partie un décalage entre les buts décrits par les auteurs, et les tests de contrôle proposés. Ce décalage est d'autant plus étonnant qu'il se retrouve entre le raisonnement qui, dans certains cours, permet de passer d'une notion à l'autre et la définition ou la reconnaissance de notions demandées dans les tests de contrôle.

On se demande alors si, pour atteindre un seuil de réussite donné (peut-être les habituels 95 %, mais ce n'est pas précisé), le niveau possible du test de contrôle n'est pas sous-

estimé par rapport au niveau du cours ou si le niveau du cours n'est pas surestimé par rapport au but originel.

Ce décalage met en évidence deux des problèmes qui se posent en enseignement programmé :

— Si la validation est actuellement le « garde-fou » qui garantit l'efficacité de l'enseignement programmé, peut-être le concept de validation des procédures de validation devrait-il être introduit. En particulier, il semble que l'on ne puisse pas se contenter d'une validation interne qui ne tiendra pas compte de l'évaluation de l'enseignement dans le contexte de l'ensemble de la formation.

— En effet, définir les objectifs finaux avec précision et en termes de comportements observables est intéressant par les exigences ainsi introduites ; encore faut-il que l'ensemble de ces buts finaux correspondent à des comportements intégrés. Ainsi, dans les enseignements analysés ici, on atteint plus facilement une collection de réponses justes qu'un comportement adapté dans son ensemble : le calcul, l'identification des données est un but moins lointain que la résolution de problèmes. En outre, dans les cas analysés, la résolution de problèmes, quand elle existe, est plus située à un niveau scolaire qu'intégrée à l'utilisation que peut en faire le lecteur dans son métier.

En conclusion, l'échantillon de cours analysés ici est loin d'être complet ; les statistiques constituent un outil de travail et de compréhension d'usage courant pour des populations assez hétérogènes. Cet éventail démultiplie déjà le nombre de cours susceptibles d'être produits. De plus, l'enseignement programmé n'étant encore qu'une technologie s'appuyant dans le meilleur des cas sur l'expérimentation, l'insuffisance de théories des apprentissages cognitifs pour du matériel complexe justifie également la pluralité des tentatives dans un même domaine. Or les cours déjà existants représen-

tent un coût certain tant en heures de travail qu'en investissement financier. Il semblerait alors peu raisonnable de tenter de nouveaux essais en enseignement programmé des statistiques sans des connaissances précises sur la conception et les résultats des travaux précédents : tout d'abord, l'adaptation et l'expérimentation et (non la traduction) d'un cours déjà

existant ne sont pas des solutions à rejeter *a priori*. Ensuite une documentation, visant non plus seulement à faire connaître l'enseignement programmé, mais aussi et surtout à recueillir avec précision les travaux de recherche, est une nécessité pour ouvrir, à partir des résultats déjà acquis, des nouvelles perspectives plus fondamentales.

BIBLIOGRAPHIE

- GAVINI (G. P.) et BARRAUD (D.), 1965. — Une expérimentation d'enseignement programmé en mathématiques. BINOP. Vol. XXI, n° 1, pp. 27-33.
- GOROW (F. H.), 1967. — Instruzione programmata : Misura Statistiche, Organizzazioni speciali, Firenze, p. 172.
- GRECO (P.), 1965. — Enseignement programmé et mathématiques. Le courrier de la recherche pédagogique d'enseignement, programmé, numéro spécial, janvier pp. 59-71.
- GRUBB (R. E.), 1958. — Learner controlled Statistics. Programmed learning and educational technology, vol. 5, n° 1, pp. 38-42.
- KINCHLA (R. A.), 1964. — Statistics. An unit for introductory psychology. A Behavioral Research Laboratories Program. Addison Wesley. Publishing Company Inc. Reading Massachusetts, Palo Alto London, p. 478.
- Mc COLLOUGH (C.) et VAN ATTA (L.), 1963. — Statistical concepts. A program for self instruction. Mc. Graw Hill Book Company, New York, p. 330.
- OLERON (P.), 1966. — Préparation et essai d'un enseignement programmé dû au niveau Faculté des Lettres et Sciences Humaines. Laboratoire de Psychologie. Ronéotypé.
- RAMEAU (C.), 1969. — Enseignement programmé : les statistiques : un outil de management. Les éditions d'organisation, Collection INSEAD-MANAGEMENT, 5, rue Rousselet, Paris (7^e), 2 vol., pp. 127-147.
- REGGI (C. de) et PAGES (M.), 1968. — Une expérience pédagogique ; l'enseignement programmé des travaux dirigés de mathématiques. BINOP. Vol. XXIV, n° 5, pp. 324-328.
- ROE (E.), 1962. — A comparison of branching methods for programmed learning. The Journal of Educational Research, vol. 55, n° 9, pp. 407-416.
- S. E. M. A. (Service d'Enseignement Programmé, 1967. — Initiation à la pratique des statistiques. Cours programmé, DUNOD, Paris, p. 237.
- SMITH (N. H.), 1962. — The teaching of elementary statistics by the conventional classrom, Method versus the method of programmed instruction. Journal of Educational Research. Vol. 55, n° 9, pp. 417-420.
- STOLUROW (L. M.) et WALKER (C. C.), 1962. — A comparison of overt and covert responses in Programmed learning. The Journal of Educational Research, Vol. 55, n° 9, pp. 421-429.
- T. M. I. GROLIER, 1961. — Self tutoring statistics. Introductory statistics. A descriptive statistics. B. Statistical Inference Albuquerque Teaching Material corporation. A division of GROLIER Incorporated, 575, Lexington Av. New York, 22 N. Y., p. 284.
- SCHWARTZ (D.), 1965. — Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Editions médicales Flammarion, Paris.
- VALLERON (A.) et LAZAR (P.), 1966. — Exercices programmés de statistiques à l'usage des médecins et biologistes. Editions médicales Flammarion, Paris, p. 158.

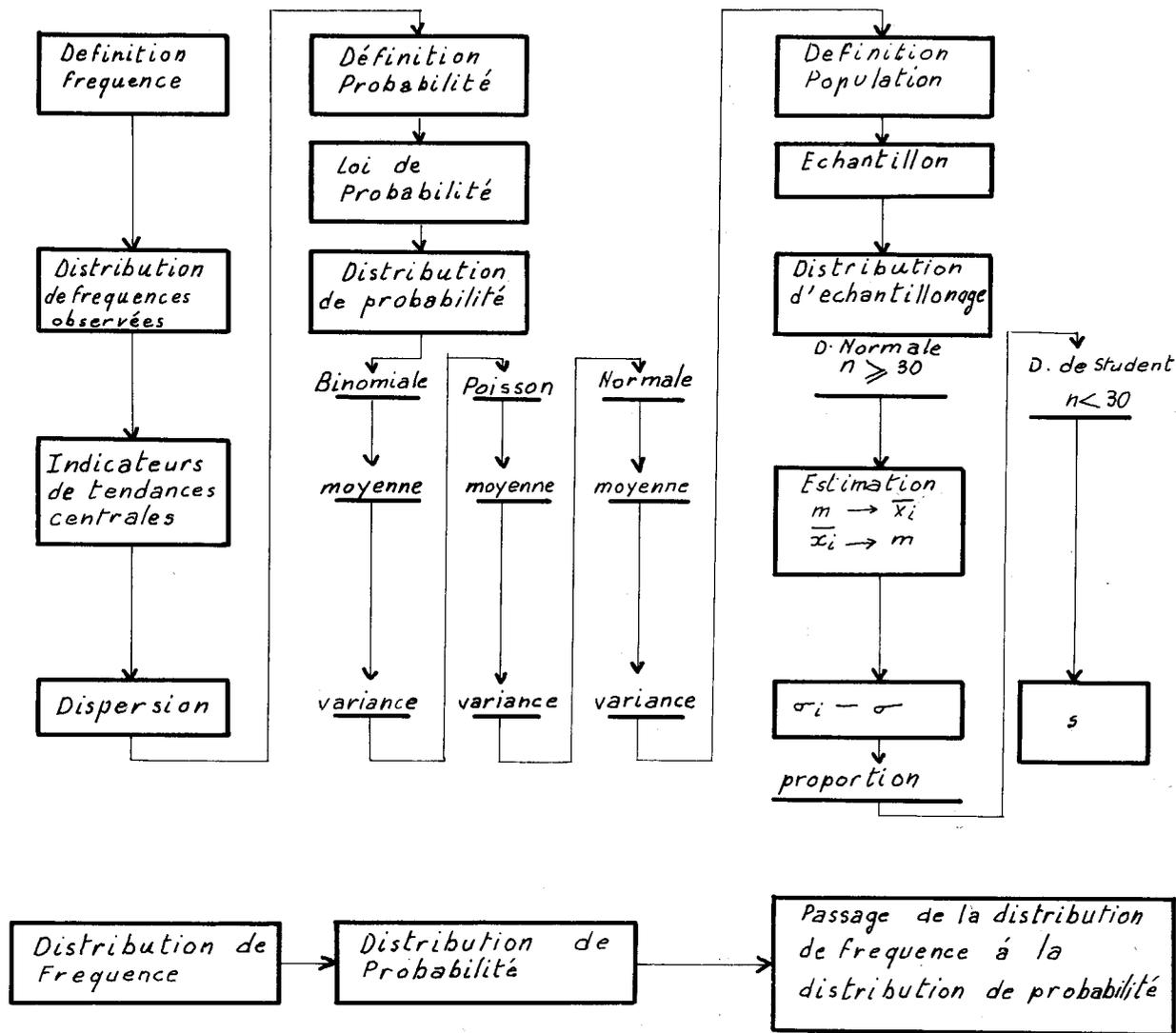


FIG. 1. — Organisation de la matière dans l'enseignement programmé de Rameau.
 — : enchaînement pédagogique.

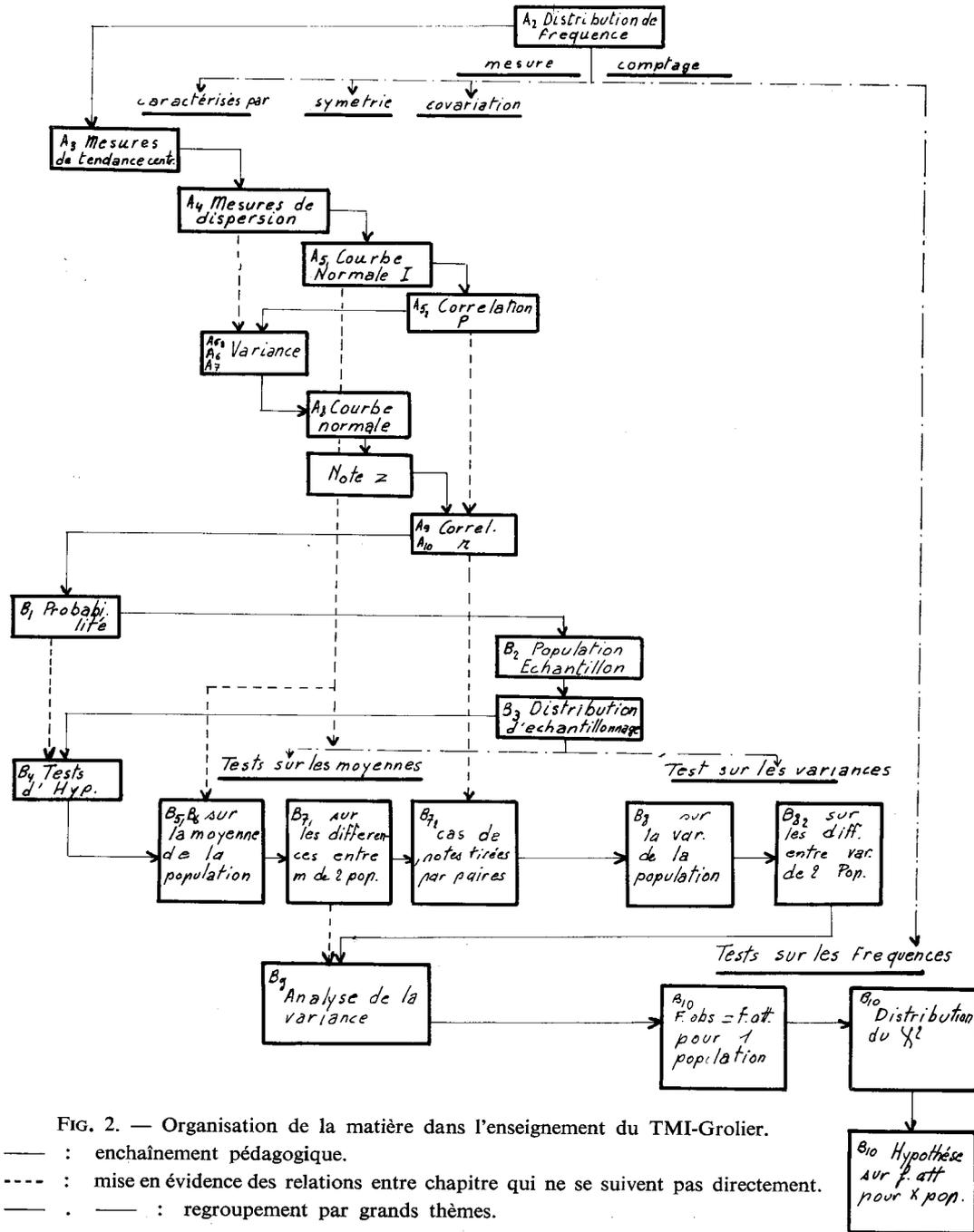


FIG. 2. — Organisation de la matière dans l'enseignement du TMI-Grolier.

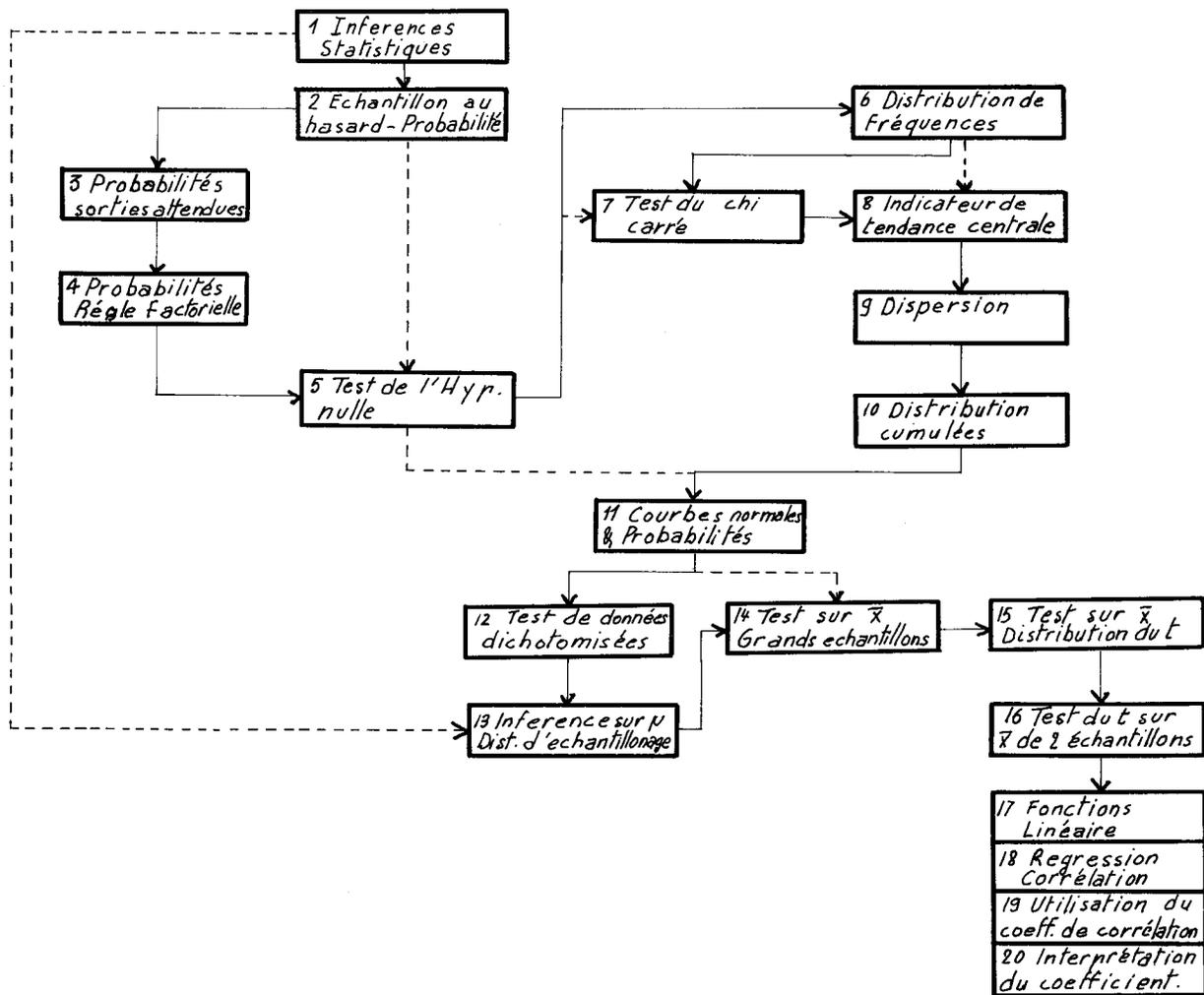


FIG. 3. — Organisation de la matière dans l'enseignement programmé de Mc Collough et Van Atta.
 — : enchaînement pédagogique.
 ---- : shuntage possible.