

# STATISTIQUE ET ANALYSE DES DONNÉES

D. AGRAFIOTIS

J. F. MAILLES

J. P. PAGES

## Compte-rendu d'une recherche

*Statistique et analyse des données*, tome 1, n° 1 (1976), p. 23-35

[http://www.numdam.org/item?id=SAD\\_1976\\_\\_1\\_1\\_23\\_0](http://www.numdam.org/item?id=SAD_1976__1_1_23_0)

© Association pour la statistique et ses utilisations, 1976, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Statistique et analyse des données » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme  
Numérisation de documents anciens mathématiques  
<http://www.numdam.org/>

## A PROPOS DE FORMATION CONTINUE

---

Compte-rendu d'une recherche<sup>\*</sup>

D.AGRAFIOTIS<sup>\*\*</sup>, J.P. MAILLES<sup>\*\*\*</sup>, J.P. PAGES<sup>\*\*</sup>

---

A l'occasion d'une action thématique programmée (A.T.P. n°6) du C.N.R.S. sur le thème "conception (objectifs et méthodes) et contrôle d'un programme de formation pour adultes" une recherche sur l'enseignement de la statistique dans le cadre de la formation permanente a été effectuée au cours des années 74-75. On se proposait dans cette recherche, menée conjointement par le Bureau de Recherche Opérationnelle (I.S.U.P.) et le laboratoire de Statistiques et d'Etudes Economiques et Sociales (C.E.A.), d'une part de préciser les conditions dans lesquelles se faisait la formation des cadres dans une grande entreprise et d'en tirer les conséquences au niveau de l'organisation des actions de formation, et d'autre part de montrer comment il était possible d'envisager pour les cadres une formation à la fois à l'algèbre et à l'analyse des données en utilisant au mieux les moyens informatiques conversationnels.

L'entreprise avec laquelle la recherche fut menée, si elle peut être considérée comme très particulière puisqu'il s'agissait d'une entreprise nationale, avait l'avantage d'avoir un passé important au niveau de la formation des cadres, le service chargé de la formation dans l'entreprise ayant plus de quinze ans d'existence.

Nous développons d'une part quelques réflexions sur la formation permanente en général (§ 1.) et la formation dans le domaine de la mathématique et de la statistique (§ 2) et d'autre part quelques idées sur notre façon de concevoir l'enseignement de l'analyse des données (§ 2).

\* Outre les auteurs du compte-rendu S.BONNEFOUS, J.CONFAIS, F.DENIZOT, D.GUYART et D.MAILLES ont participé à cette recherche au sein du Bureau de Recherche Opérationnelle (ISUP)

\*\* Laboratoire de Statistiques et d'Etudes Economiques et Sociales - Département de Protection (CEA)

\*\*\* Université de Paris I.

## 1. QUELQUES ELEMENTS A PROPOS DE LA FORMATION PERMANENTE.

### 1.1. A propos des objectifs et de la mise en oeuvre

Il ne faut pas oublier que lorsque l'on parle de formation, plusieurs niveaux interviennent auxquels se situent différentes catégories d'acteurs utilisant des discours et poursuivant des objectifs différents :

- . le niveau sociétal ; à ce niveau on attribue à la formation des objectifs tels que les suivants : réduire le chômage, adapter les individus au changement, diminuer les inégalités, rendre les individus autonomes...etc....
- . l'entreprise considérée à la fois comme système de production finalisé et comme institution sociale ; à ce niveau la formation permet d'augmenter la productivité, de se reconverter ou d'innover, facilite la mobilité de l'emploi... etc...
- . le service ou organisme de formation interne ou non à l'entreprise
- . les professeurs ou animateurs qu'ils soient professionnels ou occasionnels
- . les individus susceptibles de participer à une action de formation.

Il semble normal que le responsable d'un programme ou d'une action de formation au sein d'une entreprise soit conscient des finalités de la formation aux différents niveaux précédents ; ainsi il peut comprendre (?) le sens de son action. En ce qui concerne les individus on constate, dans les entreprises où la formation est entrée depuis longtemps dans les moeurs, que les cadres, qui sont souvent sollicités par le service de formation ou par la hiérarchie plutôt que demandeurs de formation, sont amenés à suivre des stages dont le contenu ne correspond pas à des lacunes ayant été ressenties dans ou en dehors de la vie professionnelle. A l'origine d'une "demande" de formation, dans une entreprise où il est facile de suivre des stages, on peut trouver l'isolement ou l'ennui dans le cadre du travail, une mauvaise entente avec la hiérarchie, le désir de rencontrer d'autres cadres...etc...

La réussite pour l'entreprise d'une action de formation dépend autant de la qualité de la formation et de la bonne adéquation entre les objectifs des formateurs et des candidats à la formation , que des conditions concrètes qui permettent l'utilisation du savoir au sein de l'entreprise. Le service de formation traditionnel dispose t-il alors des éléments lui permettant d'assurer la réussite complète d'une action de formation ? un tel service est ici considéré comme composé d'experts en matière de formation, prenant toute décision au niveau des programmes, des contenus, de la sélection, des méthodes et moyens pédagogiques, du contrôle et de l'évaluation , des moyens financiers....etc... quel qu'en soient les moyens un tel service ne peut tenir compte de la "réalité" de l'entreprise, c'est à dire en particulier de l'existence de groupes et de cellules où règnent des conditions particulières (travail - relations) déterminantes pour le bien être des individus et le succès, aussi bien pour l'individu que pour l'entreprise, des actions de formation.

"Rendre les individus autonomes" est l'un des objectifs les plus ambitieux que l'on affecte à la formation ; il exige la prise en charge par les individus eux-mêmes de leur formation. N'est-il pas possible de faire en sorte que les individus participent activement à la formation dans l'entreprise ? On sait depuis longtemps que la meilleure façon d'apprendre est d'enseigner ; tout individu (ici nous parlons des cadres) acquiert au cours de sa vie professionnelle une expérience qu'il est susceptible de transmettre..... A la question "seriez-vous prêt à intervenir à titre d'animateur de stage ou de formateur ?" près de 40 % des cadres interrogés répondent favorablement (plus de 50 % sont prêts à participer à l'organisation de la formation).

Une des manières d'envisager la participation des cadres à la formation a été expérimentée au Commissariat à l'Energie Atomique, où une équipe de statisticiens a reçu en stage dans ses locaux (le stage était payant) des cadres provenant d'une autre entreprise. Il y a eu "formation" mais sans locaux spéciaux, sans professionnels de la formation, sans méthodes ou moyens pédagogiques sophistiqués sauf les moyens informatiques que l'on trouve à l'heure actuelle dans les entreprises à la pointe ; les stagiaires considérés comme des apprentis, pour lesquels il est vrai, on avait bien des égards, ont simplement vécu au

sein de l'équipe une douzaine de jours avec leurs tâches et leurs problèmes.

### 1.2. Position par rapport à la formation et vie des cadres dans l'entreprise

Une enquête a été réalisée auprès des cadres de l'entreprise nationale étudiée ; cette enquête a permis de préciser pour cette entreprise :

- . la position des cadres vis à vis de la formation en générale et sur son organisation actuelle au sein de l'entreprise considérée
- . les souhaits en matière de formation
- . les besoins dans le domaine des mathématiques appliquées (il ne faut pas oublier que le projet de recherche concernait en particulier l'enseignement des mathématiques et de la statistique)
- . la vie au travail : relations avec la hiérarchie, intérêt pour les tâches à effectuer, type d'information circulante...etc...

Dans le rapport qui a été remis au C.N.R.S. on trouvera les résultats détaillés de cette enquête : même s'ils accordent à l'objectif "développer les connaissances générales" une place prépondérante, les cadres reconnaissent de l'intérêt à la formation permanente dans la mesure où elle est en rapport avec leur travail et qu'elle peut faciliter la promotion ; les objectifs tels qu'ils sont énoncés par les hommes politiques les dépassent et ils ne s'intéressent guère à la formation permanente en tant qu'outil stratégique pour l'entreprise.

Dans l'entreprise nationale considérée, où rappelons le un gros effort a été entrepris pour le perfectionnement des cadres depuis plus de quinze ans, les deux problèmes principaux semblent concerner les processus de sélection et d'information. Nombreux sont les cadres qui sont prêts à participer à l'organisation de la formation et à la formation elle-même ; cette volonté va de pair avec le désir que l'on tienne compte des efforts qu'ils peuvent faire dans cette direction. Enfin si on donne au cadre toute liberté pour choisir son programme de formation on constate que ses choix sont en rapport étroit avec ses préoccupations professionnelles ou en accord avec les normes en vigueur.

### 1.3. A propos d'évaluation

Quand on veut mesurer l'efficacité de la formation ou d'une action de formation, il faut se placer aux différents niveaux (cf.1.1.) auxquels correspondent les objectifs retenus. Les instruments classiques d'évaluation - examens, tests, moyens d'auto-évaluation.... - sont des outils permettant de juger de l'acquisition de connaissances ; ces outils s'ils permettent dans certains cas à l'individu de se situer au formateur et au service de formation de contrôler l'acquisition de connaissances techniques, et même théoriquement avec les tests de contrôler l'évolution de comportements, au planificateur de raisonner en nombres de diplômés....etc... ne sauraient en aucune façon être considérés comme des moyens pour évaluer l'efficacité de la formation relativement aux objectifs - besoins de l'individu ou aux objectifs d'une entreprise cherchant à augmenter sa productivité, à enrichir les tâches, à se développer....etc... L'évaluation des stages proposés aux cadres se réduit la plupart du temps à un bilan réalisé en groupe au cours ou à la fin de l'action de formation ; on a procédé à de tels bilans aux stages organisés à l'ISUP par le Bureau de Recherche Opérationnelle et dans l'entreprise considérée.

Pour un organisme externe à l'entreprise comme le Bureau de Recherche Opérationnelle qui participe au marché de la formation, le succès d'une action de formation (nombre d'inscrits par exemple) est révélateur de son efficacité ; il est normal que ce type d'organisme de formation s'arrête là au niveau de l'évaluation de son action. Le service de formation interne à l'entreprise peut donner la possibilité aux cadres des autres entreprises de participer à certaines des actions qu'il organise ; cette façon de faire, si elle fournit des éléments pour évaluer l'efficacité de l'action, présente bien sur d'autres avantages. Pour évaluer l'impact de la formation, au niveau de l'entreprise certains ont proposé d'utiliser des indicateurs de résultat liés aux salaires versés. On considère que la formation améliore la productivité et que l'augmentation du profit qui en résulte implique une augmentation des salaires.

Dans les grandes entreprises nationales gain est synonyme de carrière : les salaires reçus tout au long de la vie professionnelle correspondent à une évolution au cours des années dans la grille des rémunérations qui suit en gros, l'ancienneté intervenant, l'évolution des niveaux associés aux postes successifs occupés dans l'entreprise. On s'est interrogé dans l'entreprise nationale étudiée sur l'évolution des carrières : quels sont les facteurs expliquant la réussite professionnelle ? Y-a-t-il une liaison entre réussite professionnelle et les efforts faits au niveau de la formation ? L'étude qui a été réalisée a montré clairement que les carrières se jouaient dans les cinq premières années : tout se passe comme si dans les cinq premières années on affectait aux agents de l'entreprise un taux de croissance dans la grille des rémunérations qui en gros ne bougera plus alors jusqu'à la fin de la carrière (nous sommes ici dans une entreprise nationale, des résultats récents fournis par Levy-Carboua montrent que les choses sont bien différentes en général, les salaires connaissant un plafond à la force de l'âge (cf. / 5 / ).

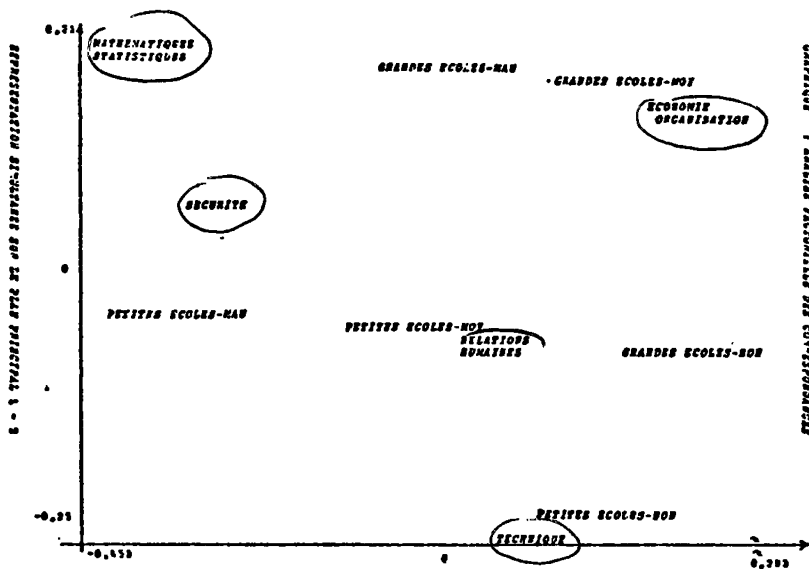
L'écart entre les carrières médiocres et les carrières brillantes se creusent donc avec le temps ; la formation reçue à l'entrée est liée à la fois à la position initiale dans la grille et au taux de croissance.

Quel est alors le rôle de la formation continue au niveau de la carrière ?

Nous avons étudié les fréquentations aux stages rangés en cinq classes (A - relations humaines, expression orale, langues - B - économie organisation - C - mathématique, statistique, informatique - D - technique - E - sécurité) de six catégories de cadres définies à partir du diplôme à l'entrée (grande école - petite école) et de la réussite professionnelle (carrière brillante, moyenne, médiocre) ; les résultats sont significatifs :

a) plus la carrière est médiocre plus on fréquente les stages de formation

b) le type de formation choisi est lié à la réussite professionnelle.



Le petit graphique ci-contre (plan principal obtenu dans une analyse factorielle des correspondances) doit être considéré comme un élément de discours destiné à éclairer le point b.

L'interprétation de ces résultats est loin d'être évidente, bien des facteurs pouvant expliquer cette liaison entre carrières et formation ; quant à nous nous pensons qu'elle n'est pas due directement aux cadres eux-mêmes et qu'elle reflète les normes en vigueur dans l'entreprise à propos de la formation.

Les carrières donc les salaires, apparaissant comme étant en partie à l'origine des choix en matière de formation, il paraît aberrant dans l'entreprise considérée d'évaluer la formation en mesurant son impact sur l'évolution des salaires des agents.

## 2. UNE EXPERIENCE DE FORMATION

Jouons le jeu, soyons "rationnels" et essayons de préciser les objectifs de notre enseignement de l'algèbre et de l'analyse des données comme si cet enseignement ne résultait pas uniquement d'une envie de s'exprimer sur un sujet sur lequel nous avons peiné depuis des années.

Pour l'analyse de données le titre éloquent suffit; on peut supposer que la façon d'aborder à l'heure actuelle en France des données est habile (elle sera toujours imparfaite car nous touchons là au "je pense" et la critique relève en partie de l'épistémologie) ; cette façon résulte pour une bonne part de la révolte menée par J.P. BENYECRI contre la pratique ancienne et anglo-saxonne et rejoint en partie une contestation d'outre-atlantique menée par des spécialistes d'analyse numérique, de reconnaissance des formes, puis de psychométrie (nous pensons en particulier à l'oeuvre réalisée par les disciples de R.N. SHEPARD, à la Bell-téléphone notamment) qui ont cherché à exploiter au mieux pour analyser des données les ressources offertes par les



moyens informatiques. Donc l'enseignement de l'analyse de données, de ses techniques et de ses pratiques, est globalement justifié au niveau d'une entreprise nationale où nombreux sont les cadres qui ont effectivement à manipuler et à résumer des données souvent nombreuses et à en tirer les faits essentiels pour l'action.

Et la façon d'introduire et de développer l'algèbre linéaire répond-elle à des objectifs précis ? il n'est pas suffisant de dire : "l'algèbre développée est au service de l'analyse des données et trouve là sa justification". En effet, un choix a été fait au niveau de la façon d'introduire et de présenter les techniques d'analyse de données. Ce choix réside en une utilisation constante des notions de projecteur et d'applications  $M$ -symétriques et surtout en l'introduction d'un instrument de langage géométrique efficace "le schéma de dualité" qui permet l'ayant assimilé, de présenter très clairement, en montrant d'un seul jet différentes façons de les introduire, toutes les techniques qui relèvent de l'algèbre linéaire ; élément d'un métalangage, le schéma de dualité est une façon élégante de présenter les données, donc les hypothèses, du problème que sont le tableau de données et les métriques associées qui permettent de juger des proximités entre lignes ou entre colonnes ; avec le schéma de dualité on passe aisément de la "notion d'axe à celle de composante ; ayant trouvé les équations des facteurs on en déduit aisément celles des composantes ...etc...

Cette coquetterie au niveau de la présentation des techniques d'analyse "linéaire" était-elle bien nécessaire ? est-elle importante au niveau de la compréhension des techniques, au niveau de leur pratique ? nous répondons "oui" car nous avons l'impression que la compréhension géométrique est la plus profonde. Mais ceci n'est qu'une affirmation partielle jouant en notre faveur qui repose sur l'hypothèse d'une "pensée géométrique".

Il est intéressant à plus d'un titre d'analyser succinctement, car nous aurions pu y trouver une réponse à notre question à propos de l'enseignement de l'algèbre linéaire, l'ample argumentation développée par les promoteurs et les détracteurs de la réforme de l'enseignement de la mathématique dans le secondaire. Rappelons que cette réforme n'avait rien de révolutionnaire : la "mathématique moderne"

telle qu'elle était ressentie par nos mathématiciens réformistes, dont le chef de file était A.LICHNEROWICZ, étant une mathématique qui ne peut même pas être qualifiée de contemporaine, la révolution informatique et les conséquences qu'elle implique sur la pratique mathématique n'étant pas prise en compte dans la réforme. Tous les arguments que l'on relève dans les déclarations pour ou contre la réforme ( cf. / 1/, / 4 /, / 6 /, / 7 /, / 9 /) sont des arguments d'"autorité" qui ne s'appuient sur aucune recherche de nature scientifique visant à préciser les effets de tel ou tel type d'enseignement (une telle recherche est-elle possible ?). De même, il est bon de dénoncer le flou et le conventionnel des "instructions d'ordre général" du ministère de l'éducation nationale quand il s'agit de proposer à propos de la mathématique des objectifs voulant dépasser le cadre restreint d'une mathématique au service immédiat des sciences exactes.

On ne peut échapper au modèle culturel, aux normes sociales en vigueur, quand on s'efforce d'attribuer à la mathématique des finalités autres qu'utilitaires : la mathématique noble, celle du raisonnement logique, a toujours été depuis les grecs un instrument de ségrégation sociale ; réservée à l'élite elle est aujourd'hui le premier instrument de sélection. A l'heure actuelle la mathématique est largement présente dans les techniques nouvelles derrière lesquelles s'abritent les technocrates à l'assaut du pouvoir ; ces techniques s'appellent rationalisation des choix, recherche opérationnelle, statistiques..... si elle n'apparaît pas explicitement dans les actes de la vie quotidienne de la plupart des gens qui n'utilisent pas d'outils mathématiques, ce n'est pas suffisant pour affirmer que ces gens manient moins bien le raisonnement logique : comment faire la part de ce qui revient au raisonnement dans une action soumise aux règles sociales ?

Aussi, est-il vain d'affubler l'enseignement de la mathématique, et en particulier notre enseignement de l'algèbre linéaire parallèle à celui de l'analyse des données, de vertus indémontrables (formation au raisonnement ? non, formation à des techniques de raisonnement? peut-être) qui peuvent et doivent être les vertus de tout enseignement. Plus que des objectifs flous vers lesquels on ne sait tendre, il est préférable de choisir des principes cohérents donnant des indications sur la façon d'envisager l'enseignement ; on trouve de tels principes dans un livre édité par l'UNESCO / 8 / :

1. enseigner une mathématique d'aujourd'hui comprenant en particulier une initiation à la probabilité et à la statistique, ainsi que des mathématiques numériques.

Dans notre enseignement (cf. graphe 1) la mathématique enseignée est d'aujourd'hui : les techniques d'analyse de données sont nouvelles ; avec la langage APL et les consoles reliés par téléphone à l'ordinateur, qui permettent effectivement de pratiquer l'analyse de données en cours de stage, les moyens informatiques sont présents.

2. enseigner la mathématique comme une discipline unifiée par la présence de concepts clés généraux et de structures fondamentales.

Le programme d'algèbre linéaire retenu obéit à ce principe.

3. Viser l'apprentissage autant d'une mathématique conceptuelle et significative que de techniques de calcul efficace.

Une place égale est réservée à la théorie des espaces euclidiens et à l'analyse de données dans notre enseignement.

4. présenter à la fois la mathématique comme une discipline abstraite autonome et comme un outil autonome et utilitaire

L'algèbre linéaire est présentée à la fois comme une discipline abstraite et comme un outil efficace à la base des techniques d'analyse des données.

5. présenter la mathématique comme une science ouverte, toujours en expansion.

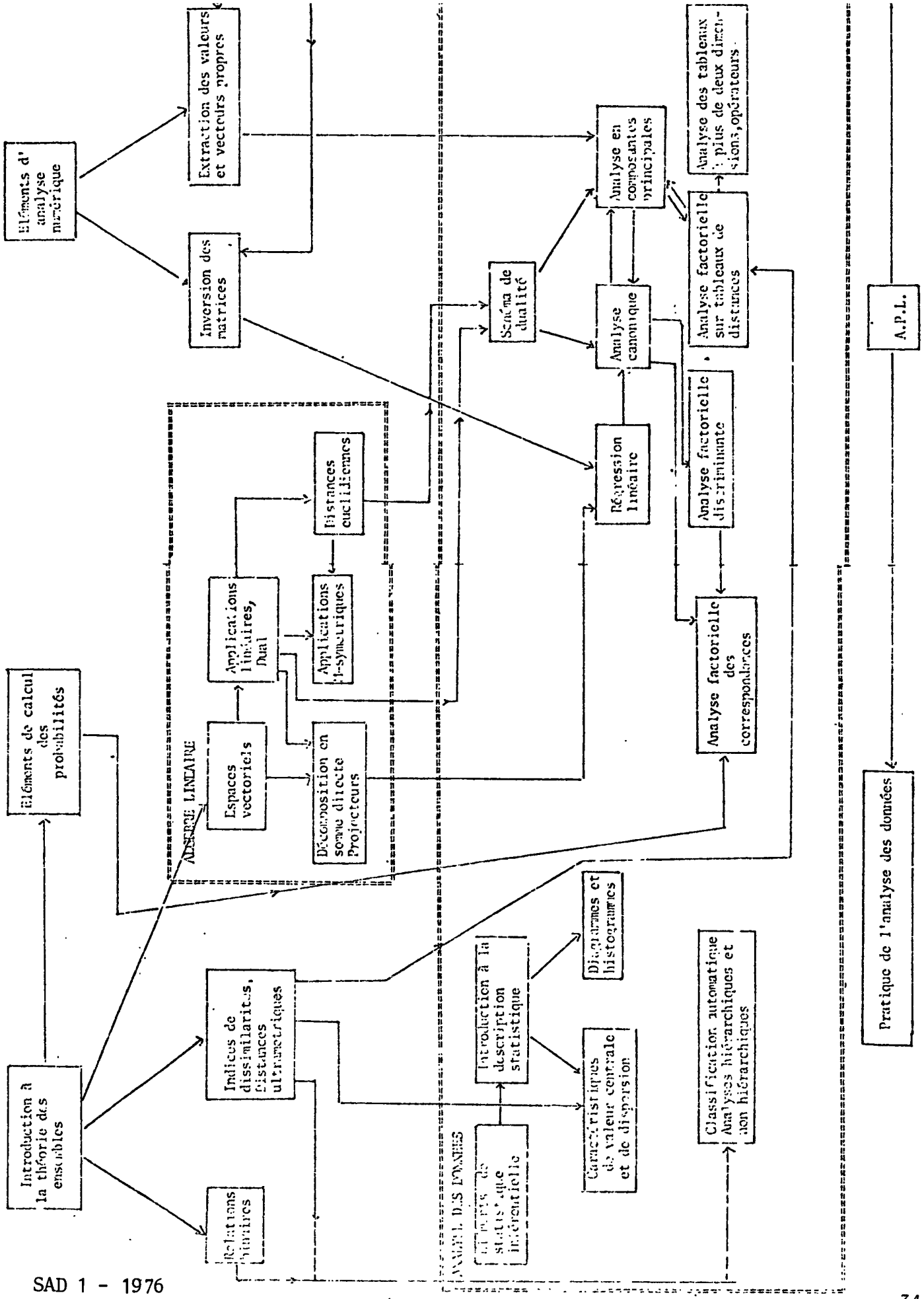
L'analyse de données est présentée comme un domaine en pleine évolution.

6. chercher à faire mieux connaître et comprendre la méthodologie propre à l'activité mathématique.

Les démarches utilisées lors de l'élaboration d'une technique sont décrites.

7. accorder plus de soin au développement chez les élèves de motivations et d'attitudes positives envers la mathématique.

L'analyse de données est un prétexte formidable pour une introduction concrète de l'algèbre linéaire.



GRAPHE 1

- [ 1 ] "A propos de mathématique (s) moderne (s)"  
Journal de l'Union Nationale inter-universitaire - numéro spécial
- [ 2 ] CAILLIEZ F. et coll  
Analyse des données multidimensionnelles - éditée par le Centre d'Etudes Economiques d'Entreprises (1972)
- [ 3 ] K.E. IVERSON "A programming language" - Wiley, New-York, 1962
- [ 4 ] A.KASTLER "A propos de l'enseignement mathématique dans le second degré" - Communication à l'Académie des Sciences - 24 Janvier 1972
- [ 5 ] L.LEVY-GARBOUA - "Recherche sur les rendements de l'éducation en France" A.T.P. n° 1, collection des actions thématiques Programmées, Ed. du CNRS, 1973
- [ 6 ] A.LICHNEROWICZ - Communication à l'Académie des Sciences 10 Janvier 1972
- [ 7 ] Table ronde de Caen  
"Finalités de l'enseignement mathématique"  
Association des professeurs de mathématiques et de l'enseignement public (A.P.M.E.P.) Mai 1972
- [ 8 ] U.N.E.S.C.O.  
"Tendances nouvelles de l'enseignement de la mathématique"  
Volume III 1972 - UNESCO, Paris 1973
- [ 9 ] "Voeu du comité secret de l'académie des sciences"  
Extrait des comptes-rendus des séances de l'académie des sciences 13 mars 1972