



**HAL**  
open science

# Contribution à la documentation automatique dans le domaine des mathématiques appliquées

Agnès Verdillon

► **To cite this version:**

Agnès Verdillon. Contribution à la documentation automatique dans le domaine des mathématiques appliquées. Modélisation et simulation. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 1962. Français. NNT: . tel-00278543

**HAL Id: tel-00278543**

**<https://theses.hal.science/tel-00278543>**

Submitted on 13 May 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

N° d'ordre

T H E S E

présentée à la Faculté des Sciences  
de l'Université de Grenoble

pour obtenir

Le titre de Docteur de Troisième Cycle

" Mathématiques Appliquées "

par

Agnès V E R D I L L O N

CONTRIBUTION A LA DOCUMENTATION AUTOMATIQUE DANS LE

DOMAINE DES MATHEMATIQUES APPLIQUEES

-----

Thèse soutenue le 22 Juin 1962 devant la Commission d'Examen :

MM. KUNTZMANN

VAUQUOIS

GASTINEL



N° d'ordre

T H E S E

présentée à la Faculté des Sciences  
de l'Université de Grenoble

pour obtenir

Le titre de Docteur de Troisième Cycle

" Mathématiques Appliquées "

par

Agnès V E R D I L L O N

CONTRIBUTION A LA DOCUMENTATION AUTOMATIQUE DANS LE  
DOMAINE DES MATHEMATIQUES APPLIQUEES

-----

Thèse soutenue le 22 Juin 1962 devant la Commission d'Examen :

MM. KUNTZMANN  
VAUQUOIS  
GASTINEL



FACULTE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE GRENOBLE

---

Doyens honoraires :

M. FORTRAT P.  
M. MORET L., Membre de l'Institut

Doyen :

M. WEIL L.

Professeurs :

MM. NEEL L., Membre de l'Institut - Physique expérimentale  
MOREL L. - Géologie et minéralogie  
WOLFERS F. - Physique  
DORIER A. - Zoologie  
HEILMANN R. - Chimie organique  
KRAVTCHENKO J. - Mécanique rationnelle  
PARDE M. - Potamologie  
BENOIT J. - Radioélectricité  
CHENE M. - Chimie papetière  
NOBECOURT P. - Micrographie papetière  
BESSON J. - Chimie  
WEIL L. - Thermodynamique  
FELICI N. - Electrostatique  
KUNTZMANN J. - Mathématiques appliquées  
BARBIER R. - Géologie appliquée  
SANTON L. - Mécanique des fluides  
CHABAUTY C. - Calcul différentiel et intégral  
OZENDA P. - Botanique  
FALLOT M. - Physique industrielle  
GOLVANI O. - Mathématiques  
MOUSSA A. - Chimie nucléaire et radioactivité  
TRAYNARD P. - Chimie générale  
CRAYA A. - Hydrodynamique  
SOUTIF M. - Physique générale  
REEB G. - Statistiques mathématiques  
REULOS R. - Théorie des champs  
AYANT Y. - Physique approfondie  
GALLISSOT F. - Mathématiques pures  
Mlle LUTZ E. - Mathématiques générales  
MM. BLAMBERT M. - Mathématiques  
BOUCHEZ R. - Physique nucléaire  
LLIBOUTRY L. - Géophysique  
MICHEL R. - Géologie et minéralogie  
BONNIER E. - Electrochimie

Professeurs sans chaire :

MM. SILBER R. - Mécanique des fluides  
DESSAUX G. - Physiologie animale  
MOUSSIEGT J. - Electronique  
PILLET E. - Electrotechnique  
BARBIER J.C. - Physique  
BUYLE-BODIN M. - Electronique  
PAUTHENET R. - Electrotechnique  
Mme KOFLER L. - Botanique

Maîtres de Conférences :

MM. VAILLANT F. - Zoologie et hydrobiologie  
DREYFUS B. - Thermodynamique  
Mlle NAIM L. - Mathématiques  
MM. PERRET R. - Servomécanisme  
ARNAUD P. - Chimie  
Mme BARBIER M.J. - Electrochimie  
MM. BRISSONNEAU P. - Physique  
COHEN J. - Physique  
DEBELMAS J. - Géologie et minéralogie  
Mme SOUTIF J. - Physique  
MM. VAUQUOIS B. - Mathématiques appliquées  
DEPASSEL R. - Mécanique des fluides  
GERBER R. - Mathématiques  
ROBERT A. - Chimie papetière  
ANGLES d'AURIAC - Mécanique des fluides  
BIAREZ - Mécanique physique  
COUMES A. - Electronique  
DODU J. - Mécanique des fluides  
DUCROS P. - Minéralogie et cristallographie  
GIDON P. - Géologie et minéralogie  
GLENAT R. - Chimie  
HACQUES G. - Calcul numérique  
LANCIA R. - Physique automatique  
PEBAY-PEROULA - Physique  
GASTINEL - Chargé d'enseignement - Mathématiques appliquées  
LACAZE A. - Chargé d'enseignement - Thermodynamique.

En présentant ce travail je tiens à remercier Messieurs Kuntzmann et Vauquois qui m'ont guidée et encouragée tout au long de cette étude.

J'adresse mes remerciements à Monsieur Gardin qui m'a accueillie et initiée à ses recherches.

Je remercie tous les membres du laboratoire qui ont facilité mon travail.

Je suis également reconnaissante à Monsieur Gastinel qui a bien voulu accepter de faire partie du jury.





C O N T R I B U T I O N à la D O C U M E N T A T I O N

A U T O M A T I Q U E dans le D O M A I N E des

M A T H É M A T I Q U E S A P P L I Q U E E S



## CHAPITRE - I -

### DEFINITIONS

Le but que nous nous proposons est de retrouver, pratiquement dans le domaine des mathématiques appliquées, les documents qui répondent à une question posée.

Exemple - Erreur par pas dans la méthode de Runge-Kutta.  
- Méthodes itératives de calcul des valeurs propres.

On veut donc pouvoir détecter et rassembler rapidement dans la grande masse des documents ceux qui répondent à des questions de ce genre.

Nous voyons tout de suite que la recherche consiste à se faire rencontrer une demande et une offre; la demande c'est la question posée, l'offre c'est l'ensemble des documents qui ont été répertoriés.

Voilà l'idée fondamentale qui sera toujours présente à l'esprit en élaborant un "système de Recherche".

### I - Système de Recherche -

Par "système de recherche" nous entendons l'ensemble des opérations qui permettent la sélection et la production de l'information répondant à une question posée.

Un tel système repose sur deux domaines distincts.

#### 1° - L'enregistrement des documents.

Enregistrement qui doit être fait en vue d'une recherche; il faut donc spécifier les documents dans un langage qui permettra, au moment de la recherche, d'amener une concordance avec les questions posées (dans ce même langage).

D'où la nécessité de définir et de construire un langage documentaire, qui tiendra compte dans son élaboration de critères imposés par les utilisateurs.

Par exemple; une grande finesse, une hiérarchie des notions etc..

L'enregistrement des documents est l'opération clé en vue de la recherche documentaire et elle conditionne toutes les autres opérations du système de recherche.

## 2° - Recherche proprement dite.

La méthode de recherche de documents consiste à effectuer la comparaison entre les éléments associés aux documents et à la question posée.

Elle nécessite donc;

- La formulation de la question dans le même langage documentaire.
- La définition d'une stratégie de recherche pour comparer les termes de la question avec ceux de tous les documents enregistrés.

Cette stratégie doit permettre une grande souplesse dans l'interprétation de la question posée.

## II - Composantes fondamentales.

Le problème de la recherche documentaire étant ainsi posé, comme nous avons pour but une réalisation pratique sur l'ensemble des documents utiles au laboratoire de calcul, pour construire ce système de recherche il faut tenir compte des composantes fondamentales suivantes;

- a - ensemble des documents.
- b - clientèle.
- c - langage documentaire.
- d - matériel utilisé.

On peut considérer que les composantes a et b sont données et que les composantes c et d sont à choisir en fonction des précédentes.

On peut schématiser ces liaisons;

|                |        |                      |        |                            |
|----------------|--------|----------------------|--------|----------------------------|
| documents<br>+ | —————> | langage documentaire | —————> | matériel et<br>utilisation |
| clientèle      |        |                      |        |                            |

Ceci nous donne la **marche** à suivre pour la construction de ce système de recherche particulier.

### Les documents.

Les documents que nous voulons prendre en charge couvrent les domaines relatifs aux mathématiques appliquées. C'est à dire certaines parties des mathématiques pures, les méthodes numériques, la programmation, la structure des machines, la recherche opérationnelle, les mathématiques des servomécanismes, la traduction automatique, le calcul des probabilités, les statistiques mathématiques, ..

Remarquons tout de suite que ces différentes parties étant relativement indépendantes, il sera possible de procéder par étape spécialisée pour étudier petit à petit le domaine . C'est ainsi que l'étude qui suivra portera seulement sur "l'analyse numérique".

### La clientèle.

On peut considérer que les demandeurs désirent quatre sortes d'informations.

1° - Le chercheur a besoin au cours de son travail d'information spécifique une méthode, un théorème, une équation.

EX; méthode de Relaxation.

2° - Le chercheur a besoin de connaître ce que les autres savants font actuellement dans le domaine spécifique où il travaille, et aussi dans un domaine plus large tout autour.

Ex; Ce qui paraît sur les fractions continues.

3° - Une autre sorte d'information, différente mais tout aussi importante, c'est le besoin de trouver toutes les informations concernant un sujet donné; ce sujet pouvant être assez général.

Ex; Ce qui a trait aux fonctions de plusieurs variables.

4° - Enfin on peut penser à d'autres questions beaucoup plus spéciales comme l'existence (ou la non existence) d'une connexion entre deux notions.

Cette liste ne peut être exhaustive, car entière liberté est laissée au chercheur quant à l'information demandée.

### III - Langage documentaire.

Le problème consiste à construire un langage documentaire aussi efficace que possible pour permettre une comparaison étroite entre les questions posées et les caractéristiques des documents. Il faut minimiser les oublis dans la recherche des documents intéressants, tout en évitant de fournir des documents qui ne le sont pas.

#### Conditions imposées au langage documentaire.

Le langage ordinaire et le langage documentaire<sup>ne</sup> visent pas à satisfaire les mêmes besoins. Le langage ordinaire doit permettre d'exprimer de façon très souple des nuances parfois très fines; pour une même idée il dispose souvent de plusieurs tournures. Un langage documentaire au contraire doit être univoque; il lui arrivera même d'exprimer sous une forme unique des idées légèrement distinctes dont la différence importe peu aux usagers.

A la place de l'immense variété des mots utilisés dans les documents, on introduit un vocabulaire contrôlé pour le lexique du langage documentaire, et ceci pour trois raisons;

Pour réduire le nombre de symboles distincts qui doivent être enregistrés dans la liste des mots-clés.

Pour permettre de standardiser la description des documents et des questions, de telle façon que leurs énoncés d'un même sujet soient susceptibles de coïncider et rendre leur comparaison purement mécanique.

Pour augmenter la probabilité de fournir des documents intéressants en diminuant celle de fournir ceux qui ne le sont pas.

#### Principes de construction.

Il n'existe pas de principes fixes pour la construction d'un langage documentaire. Elle nécessite le contrôle de deux domaines différents; le vocabulaire et la grammaire.

#### Le vocabulaire.

Le contrôle du vocabulaire peut être effectué soit par le moyen simple de la liste arrêtée de mots-clés, soit par l'élaboration d'un ensemble de règles gouvernant l'introduction des nouveaux mots - clés dans la liste.

Le vocabulaire fixe est adopté seulement dans les systèmes où le nombre de mots-clés est strictement limité par la forme physique de cette liste. C'est le cas de quelques systèmes à cartes perforées où un nombre limité de positions est possible, chacune d'elles étant allouées à un mot-clé. Un tel vocabulaire n'est pas satisfaisant.



- Contrôle des termes.

La plupart des systèmes de recherche ne limitent pas le vocabulaire de mots-clés, mais imposent des règles pour son accroissement.

Ces règles peuvent être plus ou moins exigeantes, mais le minimum qu'elles puissent faire est de;

- Prohiber l'introduction des synonymes.

comme monogramme et abaque.

- Combiner les mots ayant même racine.

ainsi déterminer et détermination.

- Contrôler les liaisons hiérarchiques entre les mots. La partie la plus délicate est bien de réaliser cet enchaînement des mots-clés, mais elle est nécessaire pour donner des réponses complètes et de la souplesse au système.

La grammaire.

Nous venons de regarder les mots en tant qu'unité linguistique, mais dans une description de documents faite avec ces mots-clés, nous voyons que le sens du texte dépend aussi de la combinaison des différents mots-clés présents.

On peut exhiber les relations qui unissent les mots-clés; elles sont couramment appelées relations "syntaxiques". Leur présence entre les différents mots-clés caractérisants un document, schématise la structure grammaticale de la phrase du langage ordinaire.

#### IV - Organisation du système.

Pour le moment nous allons imaginer que le problème linguistique est résolu, qu'à chaque document on a associé une analyse en langage documentaire et essayer alors de voir ce qu'il reste à faire pour édifier un système de recherche.

##### Les fichiers.

Etant donné un document nous avons besoin de deux sortes de renseignements à son sujet;

- renseignements bibliographiques.
- renseignements sur son contenu = l'analyse.

##### Fichier bibliographique.

Nous relevons pour chaque document les caractéristiques suivantes.

- auteur ; nom et prénoms.
- titre
- année de parution.
- éditeur ou référence de la revue de publication
- langue ; Français, Anglais, Allemand, Russe,.....

##### Fichier d'analyse.

Nous nous intéressons, ici plus particulièrement au classement de l'analyse du document faite en langage documentaire.

La description associée à un document est constituée d'un ensemble de termes (termes désignant à la fois mots-clés et relations) Le jeu des liens entre termes et documents peut être représenté par une matrice.

T E R M E S

|   |     | A | B | C | D | E | F | ..... |
|---|-----|---|---|---|---|---|---|-------|
| D<br>O<br>C<br>U<br>M<br>E<br>N<br>T<br>S | I   | x |   | x |   |   |   |       |
|   | II  |   | x |   | x | x | x |       |
|   | III | x | x |   |   | x |   |       |
|   | IV  |   |   | x | x |   |   |       |

Mais vu la dimension que peut prendre une telle matrice il n'est pas question de la garder sous cette forme; elle peut s'écrire de plusieurs manières.

- (1) écriture par terme                    A → I, III, ...
- (2) écriture par document            III → A, B, E, ...
- (3) écriture unitaire                 A → I, D → II, ...

Si parmi les termes nous distinguons les mots-clés des relations le nombre de combinaisons possibles augmente. La solution choisie sera en fonction d'une mécanisation facile du système.

La recherche.

Nous avons vu que la méthode de recherche consiste à effectuer l'intersection logique entre les éléments des documents et de la question posée (tout étant exprimé à l'aide du langage documentaire). C'est un procédé de "tout-ou-rien" qui manque de souplesse pour remplacer une recherche humaine.

En effet l'exploration humaine est beaucoup plus nuancée le chercheur gette les synonymes, les autres mots ou symboles représentant l'idée qu'il cherche. Ensuite il a en tête non seulement un mot particulier mais aussi des mots représentant des concepts plus spécifiques ou plus génériques.

Il est important que ces démarches soient encore présentes dans le système de recherche.

Nous allons voir quelques moyens de nuancer la recherche.

1° Adjonction de termes supplémentaires.

Ceci pour compléter la formulation de la question du demandeur afin qu'elle ait les directives précises pour trouver le bon chemin dans l'ensemble des documents.

2° Opérations logiques.

Une combinaison bien étudiée des opérations, somme, produit, complément logique peut rendre de grandes nuances.

3° Chaîne inclusive à suivre.

Si des relations hiérarchiques entre mots-clés sont prises en charge au moment de la construction du vocabulaire du langage documentaire, c'est maintenant que l'on peut l'utiliser en indiquant dans quel sens et quelle direction on peut évoluer dans ces chaînes d'inclusion.

4° Enfin on peut se demander s'il ne serait pas possible en fonction de l'utilisateur, qu'un système se prête à des recherches à des niveaux différents.

## V - Mécanisation.

Il n'est pas besoin de dire longuement l'intérêt de la mécanisation d'un système de recherche. Deux avantages principaux se présentent dans l'enregistrement et la recherche des informations.

1° Des opérations actuellement réalisées à la main peuvent l'être automatiquement avec une économie de temps et de main-d'oeuvre.

2° Devant le volume considérable des documents il devient impossible de faire des recherches étendues.

En sorte qu'une information plus précise serait fournie, très rapidement.

Nous allons plutôt montrer qu'elles sont les opérations qu'il est possible de mécaniser.

Nous avons déjà fait une distinction entre les deux sortes de renseignements donnés par un document.

- renseignements bibliographiques.

- analyse du contenu.

Elle réapparaît ici car la mécanisation du fichier que ce soit à l'aide de cartes perforées ou de bande magnétique, ne pose aucun problème technique particulier. Le volume et la rapidité de recherche étant les seuls paramètres.

Nous allons donc regarder le problème posé par l'enregistrement et la recherche des documents.

#### Enregistrement.

Nous avons vu la nécessité d'exprimer les analyses au moyen d'un langage documentaire. L'automatisation de cette opération revient donc à un problème de traduction automatique.

Passage du langage ordinaire au langage documentaire. Le problème est donc de taille et à l'heure actuelle il ne peut être résolu.

#### Exploitation.

La recherche est une opération qui admet une mécanisation assez évidente, car l'idée directrice est une comparaison entre les différents éléments associés aux analyses et aux questions. Ce sont des opérations purement logiques qui cadrent très bien avec les possibilités des machines.

Suivant la complexité du langage documentaire et le volume des documents on peut envisager soit une solution sur cartes perforées avec trieuse et interclasseuse, soit l'emploi d'un matériel plus puissant et où l'on puisse stocker la masse des données sur bandes magnétiques.



## CHAPITRE - II -

### EXEMPLES de LANGAGE DOCUMENTAIRE.

Nous allons dans ce chapitre étudier trois langages documentaires existants.

- I.B.M. - S<sup>t</sup> Gobain.
- Syntol.
- Western Reserve University.

Ils ont été choisis car chacun d'eux traite d'une manière très personnelle et dans des optiques différentes le problème proposé.

Pour étudier ces langages documentaires, nous examinerons successivement les quatre points suivants;

a - Le vocabulaire.

Les mots étant à la base du langage documentaire nous regarderons.

- les domaines auxquels ils s'appliquent.
- les règles de construction du vocabulaire.
- la manière dont on tient compte des rapports existants entre les mots.  
= relations d'équivalence, d'inclusion, de subordination, de coordination.

b - La grammaire.

C'est à dire les possibilités offertes pour exprimer les relations syntaxiques entre les mots.

c - L'emploi du langage.

De quelle manière utilise-t-on les éléments précédents pour représenter l'information des documents et pour formuler l'énoncé des questions.



d-- Les règles de pertinence.

Permettant de décréter si un document donné répond à une question posée.

I Langege I.B.M - S<sup>t</sup> Gobain.

Le vocabulaire.

Les mots concernent la chimie. Une liste de mots-clés est établie mais elle peut être enrichie constamment, des précautions sont prises pour éviter l'introduction de mots faisant double emploi.

On ne tient compte que d'un nombre très restreint de relations hiérarchiques. Ainsi

halogène  $\supset$  chlore, brome, iode.

La grammaire.

On n'introduit aucune relation syntaxique

L'emploi.

L'analyse d'un document est composée d'une succession de mots-clés indépendants, l'ordre n'ayant aucune importance.

La question est formulée de manière analogue, mais les mots-clés sont classés par ordre d'importance; de plus on peut utiliser pour préciser la question les opérations logiques ET, OU, SAUF.

Règles de pertinence.

Un document est pertinent si tous les mots-clés de la question se trouvent dans l'analyse du document.

Il y a possibilité de donner des réponses intermédiaires, correspondant aux mots-clés les plus importants.

## II Langage Syntol

### Le vocabulaire.

Les domaines couverts se rapportent à la psycho-physiologie, la physiologie, la psychologie-sociale et la sociologie.

Une liste a été établie mais elle est enrichissable.

Le vocabulaire comprend trois sortes de catégories de notions;

- les entités = notions indépendantes, sujet d'étude.

Ex; langue, personnalité.

- les fonctions où l'on distingue deux cas;

. les actions traduisant une action dynamique.

Ex; corruption, augmentation.

. les états traduisant une propriété passive.

Ex; dégénérescence, représentation.

- les prédicats = notions que l'on applique à d'autres pour en marquer la qualité.

L'organisation du vocabulaire est très poussée en vue de rendre compte des rapports d'équivalence et de voisinage entre les mots. Ainsi on associe à chaque mot, le mot générique immédiatement supérieur.

Le fait important n'est pas d'avoir les mots enchaînés de telle manière, mais l'existence d'une organisation des mots .

### La grammaire.

Pour exprimer les idées, il existe quatre relations syntaxiques permettant de combiner les mots du vocabulaire.

Deux mots liés par une relation forment ce que l'on appellera par la suite un syntagme.

(A) ——— /i/ ———> (B)

- /i/ (i = 1, 2, 3, 4,) ; type de relation syntaxique.
- (A) et (B) ; mots du vocabulaire.
- ———> ; ordre dans lequel ces mots interviennent.

La relation /1/ dite prédicative.

L'un des mots au moins est un prédicat. La flèche va toujours du mot (A) qualifié, vers le prédicat (B) qualifiant.

(A) ——— /1/ ———> (B)  
langue française

La relation /2/ dite associative.

La notion de l'un implique ou concerne celle de l'autre et par conséquent dont l'occurrence est associative.

nutrition ——— /2/ ———> cellule  
( de, dans, pour )

La relation /3/ dite consécutive.

Quand la présence ou l'action de l'un (A) modifie la présence ou l'action de l'autre (B).

(A) ——— /3/ ———> (B)  
acide muqueuse

(action d'un acide sur la muqueuse)

Relation /4/ dite coordinative.

Elle dénote seulement un rapprochement; identité, complémentarité, comparaison. Relation synétrique.

Langue ——— /4/ ——— Culture  
(et)

Il y a également des opérateurs syntaxiques; prédicats particuliers qui précisent le rôle des mots dans leur contexte, lorsque dans un syntagme le rôle d'un mot (M) risque de prêter à confusion. On ajoute à ce syntagme;

(M) ——— /1/ ———> Opérateur syntaxique.

" correspondant à la relation associative, il y a la possibilité de préciser les rôles suivants; Instrumental, locatif, but, signe.

Pour la relation consécutif c'est un apport d'information quand un pôle du syntagme n'est pas spécifié. On utilise un terme spécial intitulé " lexique ".

Lexique ——— /3/ ———> X facteur (non spécifié) de X.

Enfin on peut spécifier dans la relation coordinative, la nature de ce rapprochement; comparaison, identification, différenciation.

foie ——— /1/ ———> op. comparaison <—— /1/ —— pancréas

L'emploi.

Les renseignements contenus dans le document sont exprimés à deux niveaux.

- Le niveau thématique donne des informations générales relatives à l'objet du document. Ces mots ne forment pas des syntagmes.

- Le niveau syntagmatique permet d'expliciter de façon détaillée le contenu du document.

L'analyse se présente comme un ensemble de syntagmes qui par leur combinaisons, forment un graphe dont les sommets sont les mots et dont les arcs figurent les relations syntaxiques.

Pour l'enregistrement, on retient d'une manière séquentielle les différents arcs = syntagmes.

La formulation de la question est identique à celle des documents.

#### Règles de pertinence.

Un document sera accepté si;

- le thème de la question et celui du document coïncident.
- tous les syntagmes figurant dans la question se retrouvent dans l'analyse du document.

On peut faire correspondre à la question posée, des questions voisines obtenues en appliquant une ou plusieurs "modulations" suivantes.

#### Défocalisation.

On supprime simplement le thème de la question.

#### Généralisation.

On substitue à un mot, les mots situés 1, 2,.... rangs plus haut dans l'organisation du vocabulaire.

#### Partition.

On supprime une relation entre deux mots, ou des mots.

#### Altération.

On substitue à une relation, une autre relation.

### Médiation.

On cherche si entre deux mots d'un même syntagme, il peut exister à la place de la relation marquée, une chaîne de relations.

### III - Le langage W.R.U.

#### Le vocabulaire.

Il se rapporte à la chimie et à la métallurgie. Son élaboration repose sur une analyse sémantique (et parfois étymologique), qui dégage le ou les concepts indiqués par chaque mot.

Les mots sont alors constitués par;

- une ou plusieurs racines (= facteurs sémantiques)
- un infixé associé à chaque facteur sémantique.
- un suffixe éventuel associé à chaque facteur sémantique
- un **suffixe** éventuel affecté à l'ensemble du mot, quand il comporte plusieurs facteurs sémantiques.

Le facteur sémantique qui en est la base, représente un concept très général, leur nombre n'est pas arrêté. Nous verrons par la suite le rôle des infixes et des suffixes.

L'organisation du vocabulaire tient compte de deux idées.

1° - Des relations analytiques traduites par des infixes. Par là, on veut traduire le fait que le mot étudié appartient à la classe, est inclus dans, est produit par...le facteur sémantique auquel il correspond.

Jusqu'à présent il a été relevé nécessaire 11 infixes différents.

2° Des relations de voisinage traduites par les suffixes.

Les concepts voisins représentés par un même facteur sémantique, infixé par la même relation analytique sont distingués par un suffixe.

D'autre part les concepts voisins représentés par un même groupement de facteurs sémantiques, munis du même suffixe sont distingués par un chiffre, n'ayant aucune signification par lui-même.

Un exemple donnera une idée de cette construction.

B W F L . 5 X . N U B T 001 antihémorragie.  
est composé, des facteurs sémantiques.

B - FL = fluide produit par les êtres vivants.

N - BT = processus comprenant et provoquant l'inhibition.  
; des infixes.

W = produit par, agit sur, supporte le facteur sémantique.

U = produit, est utilisé par ou pour.  
; du suffixe.

5(X signifie que le suffixe 5 se rapporte seulement au facteur sémantique; tandis que 0 0 1 qualifie l'ensemble du mot pour le différencier).

### La grammaire.

Les relations syntaxiques sont de deux sortes;

- des signes de ponctuation traduisant la ségmentation de la description.

- des indications de rôle indiquant le rôle des mots dans le contexte.

1° - La structure des phrases du langage est définie une fois pour toute. Il existe quatre types de phrases décrivant des propriétés, des produits, des propriétés étudiées, des machines ou dispositifs.

Ces phrases sont composées de locutions (ou propositions), de structure également déterminée; ainsi il y en a six types pour décrire les propriétés étudiées.

Une locution est elle-même faite de la combinaison des mots sémantiques avec leurs rôles indiqués par les "indicateurs de rôle".

Des signes de ponctuation permettent de limiter ces différentes composantes.

2. Les indicateurs de rôle marquent le rôle du mot sémantique. Ils sont classés en cinq catégories suivant qu'ils sont utilisés pour désigner des relations concernant des matériaux, des propriétés, des processus, des conditions, et autres.

Regardons un exemple;

KOV . KEJ . MAPR . 097.

Nous trouvons successivement les indicateurs de rôle;

KOV ; propriété attribué à

KEJ ; matière objet du processus.

et le mot sémantique MAPR.097 ; Copeaux.

ce qui veut dire que l'objet de l'expérience est sous forme de copeaux

### L'emploi.

L'analyse d'un document se compose alors d'une ou plusieurs phrases. Les propositions sont rangées dans l'ordre définie par le type de la proposition. A l'intérieur on place les mots sémantiques (avec indicateurs de rôle en tête); dans les mots les facteurs sémantiques sont rangés dans l'ordre alphabétique.

Pour les questions nous retrouvons la même structure, mais elles comprennent en outre des opérations logiques agissant sur les éléments de n'importe quel niveau.



### Règles de pertinence.

Un document sera décrété pertinent si ses éléments d'uncertain niveau sont convenablement composés des éléments du précédent niveau, précisés dans la question.

### IV - Remarques.

Les exemples de langage documentaire, que nous venons de voir sont particulièrement intéressants, car ils illustrent des réalisations différentes pour un système de recherche.

Il ne peut être question de les comparer, ni de les juger, nous nous proposons seulement d'en relever les caractéristiques; et plus particulièrement celles qui intéressent notre objectif.

### I.B.M - S<sup>t</sup> Gobain.

Dans ce système nous trouvons un langage très élémentaire puisqu'il ne tient pas compte des relations syntaxiques et que les mots-clés choisis pour caractériser un document sont ainsi complètement indépendants entre eux. On peut regretter que les relations hiérarchiques soient pratiquement inexistantes, que ce soit dans l'organisation du vocabulaire ou au moment de la recherche.

Le champ de la chimie auquel il s'applique est un facteur important pour la bonne marche d'un tel système, le vocabulaire ayant une signification très forte et rarement bivalente. Nous espérons pouvoir profiter d'un atout identique dans le champ des mathématiques appliquées.

### Syntol.

Ce langage est à l'opposé du précédent par la complexité et la précision, mais il a une ambition beaucoup plus grande puisqu'il veut répondre à tous les besoins documentaires dans le domaine scientifique quelque soit la clientèle.

L'expérience faite actuellement dans le domaine des sciences humaines n'en limite pas la possibilité pour les autres champs; et même à cet effet il est prévu tout un ensemble de "variations" permettant d'adapter les principes du langage Syntol à des vocabulaires beaucoup plus rigoureux, ou à une clientèle moins exigeante.

Ainsi il est prévu cinq états de complexité croissante, par exemple "l'état 4" ne différencie pas les relations existant entre deux mots.

Devant la rigueur et la logique d'un tel langage nous ne pouvons qu'être séduit, malheureusement son application pose des problèmes délicats.

Le passage du texte du document à l'analyse en langage syntol nécessite actuellement un opérateur humain qui a une connaissance personnelle du domaine; alors comment savoir si il n'y aura pas de fausses interprétations.?..

A l'état actuel des recherches il y a une disproportion choquante entre le langage et son utilisation.

### W.R.U.

Le système de la "Western Reserve University" fait penser à un magnifique jeu de construction, très compliqué et très artificiel.

Le langage ordinaire doit passer dans des moules très stricts= chaque mot est codé en raison de certains concepts qu'il représente, sa fonction est marquée d'une manière très stricte par les indicateurs de rôle, enfin il doit rentrer dans un schéma de phrase fixé, choisi parmi une liste limitée.

Le passage du langage ordinaire à ce langage revient donc à une formulation rigoureuse du sens des mots, de leurs rôles, de leurs combinaisons.

Malgré la complexité d'un tel arrangement, on ne voit pas d'ici si ce n'est l'abandon, pour toutes les nuances et particularités qui ne peuvent se couler dans de tels armatures.

En conséquence, quelque soit l'ambition de ces langages; donner un outil acceptable à un champ particulier, comme celui d'I.B.M. S<sup>t</sup> Gobain ou W.R.U., ou construire un langage documentaire idéal répondant à tous les besoins, comme Syntol, on est actuellement arrêté par la traduction rigoureuse du langage ordinaire en langage documentaire.

L'esprit humain qui se charge de ce passage peut donner une bonne traduction, mais pour l'exactitude du système on demande plus. En effet on ne peut pas être sûr d'obtenir une traduction identique pour des textes semblables si elle n'est pas faite par la même personne ou à peu d'intervalle. Et ce point est particulièrement important pour avoir une recherche sûre et complète.

Le gros avantage d'un passage fait automatiquement, c'est qu'une machine a une connaissance bornée des deux langages. Devant deux cas semblables elle donnera toujours qu'une seule solution

## CHAPITRE - III -

### REALISATION d'un SYSTEME PARTICULIER.

Au cours des deux premiers chapitres nous avons pu nous rendre compte des problèmes et des difficultés soulevés par la documentation et son automatisation.

Les exemples étudiés montrent que les solutions peuvent être très différentes.

Profitant de ces expériences, nous allons dégager les idées maîtresses et les raisons qui nous ont dirigé vers l'essai de dépouillement et de recherche automatique qui suit ;

#### I - Orientation.

Il n'est pas question de faire une théorie sur le système de documentation automatique idéal pour le domaine des mathématiques appliquées, mais de dégager les possibilités actuelles offertes pour donner une solution à ce problème.

Un examen du langage employé dans la littérature mathématiques donne des résultats optimistes. En effet nous profitons d'une très grande spécification des termes. Les concepts utilisés ont pratiquement toujours une définition rigoureuse, et quelque soit le contexte, ou les personnes tout le monde entend la même chose quand l'on parle d'"inversion", d'"existence", de "valeur propre",.....

Remarques.

Ceci est vrai en tenant compte cependant de deux points.

1° Certains mots admettent une certaine évolution de sens dans le temps.

Par exemple les noms de nouvelles méthodes ont, au moment de leur apparition, un certain flottement avant que tous les savants les reconnaissent et l'utilisent.

2° Les définitions des mots sont uniques si l'on reste dans un champ particulier assez réduit.

C'est ainsi que le mot "inversion" aura une interprétation différente suivant que l'on parle d'"inversion géométrique" ou d'"inversion d'une matrice".

Bien sûr comme dans tout langage parlé, il y a les impropriétés du vocabulaire; Polysémies et synonymes, que nous retrouvons. Ainsi on parle indifféremment de la résolution ou de la détermination d'une équation, mais, ce sont de fait des impropriétés indépendantes du langage mathématiques proprement dit, et qui demandent une étude particulière en dehors de tout domaine.

L'idée première a été d'exploiter la simplicité et la rigueur du langage employé en mathématique, en essayant et expérimentant un langage documentaire très élémentaire de mots-clés indépendants.

Il n'y a donc pas de grande philosophie à faire sur ce langage; nous verrons au paragraphe suivant quels sont les critères qui permettent de déterminer le choix des mots-clés.

Le choix étant arrêté sur ce langage des plus simples, il nous a paru possible de tenter un dépouillement et un enregistrement automatique des documents. Faisons tout de suite remarquer que notre ambition n'est pas de faire une traduction du langage ordinaire en langage de mots-clés, mais simplement de détecter la présence ou l'absence de certains mots dans un résumé, préalablement fait, des documents qui nous intéressent.

Nous examinerons plus loin les problèmes qui se posent quand l'on veut passer automatiquement du langage ordinaire au langage de mots-clés.

Une fois le stockage des informations fait en machine nous pourrions examiner au cours d'essais de recherche qu'elles sont les démarches qui augmentent la qualité des réponses.

La recherche automatique pose seulement des questions de détails techniques, qui sont facilement résolubles puisque les comparaisons qu'elle nécessite sont des opérations purement logiques. Il y a beaucoup plus à faire dans l'organisation de la masse des informations pour accélérer le temps de recherche.

La marche du travail ayant été ainsi définie, voyons quels sont les objectifs plus particuliers que nous avons voulu atteindre.

## II - Objectifs.

Pour pouvoir travailler en français il a été décidé de prendre comme base de travail le bulletin signalétique du C.N.R.S. section 1, les subdivisions qui sont proposées donnent une partition acceptable et pratique.

L'essai qui a été fait porte uniquement sur le chapitre "analyse numérique" pour les années 1960 et 1961; ce qui donne 640 analyses.

Le but de l'expérience était donc de sélectionner d'une manière purement mécanique les mots-clés caractéristiques de l'analyse de ces documents, et ceci pour les trois raisons suivantes;

- 1) Obtenir le vocabulaire des mots-clés couvrant le champ des documents qui intéressent.
- 2) Construire un fichier de cartes, 1 mot-clé par carte.
- 3) Utiliser ce qui précède pour;
  - étudier le vocabulaire
  - faire des essais de recherche

#### Le vocabulaire de mot-clé.

Nous entendons par mots-clés, tous les mots essentiels représentant une notion élémentaire rencontrée dans les analyses et qui par leurs sens propres caractérisent le contenu du document ou en partie.

Les mots-clés appartiennent à n'importe quelle catégorie grammaticale.

Noms ; équation, matrice,  
verbes ; inverser, intégrer,  
noms - verbaux ; inversion, approximation,  
adjectifs; linéaire, indépendant,  
adverbe ; linéairement,

Un certain nombre de concepts mathématiques sont représentés par des mots-composés, pour les sélectionner sous cette forme on peut utiliser les deux critères suivants.

1° Une expression composée sera séparée en ses composantes quand cela n'entraîne pas une perte de sens spécial.

Ainsi l'expression "valeurs initiales" est divisée en deux mots-clés valeur et initiale, tandis que valeur absolue ou valeur propre ne le sont pas.

2° Les expressions seront conservées si les termes séparés sont susceptibles d'être sélectionnés séparément pour eux-mêmes.

Par exemple "valeur propre" sera conservé pour ne pas être amené à sélectionner le terme "valeur" au cours d'une recherche n'ayant pas trait à "valeur" U "propre".

Remarque.

En voulant résoudre automatiquement ce problème, il apparaît tout de suite des difficultés venant de la rédaction des analyses. On trouve couramment des expressions de la forme;

- Etude des valeurs et colonnes propres.

à partir de laquelle il faut sélectionner les mots-clés;

- valeur propre

- colonne propre

Fichier 1 mot-clé par carte.

A partir d'un document dont on a sélectionné un certain nombre de mots-clés qui caractérisent son contenu, on veut construire un fichier de cartes très maniable pour pouvoir faire diverses expériences.



Les cartes de ce fichier ont un seul mot-clé par carte ainsi que le numéro de référence du document où celui-ci se trouve. Ce fichier est une base fondamentale pour le travail d'étude et de recherche.

Utilisation.

- Contrôle du vocabulaire.

On imagine tout de suite qu'un vocabulaire obtenu automatiquement à partir des analyses, même si celles-ci sont rédigées dans un style télégraphique, donnera une très grande variété d'expressions synonymes et de formes équivalentes.

C'est à partir de l'ensemble des mots-clés que l'on pourra faire des regroupements, des références en renvoi, etc .... pour organiser ce vocabulaire.

D'autre part le fichier de 1 mot-clé par carte, donnera des renseignements particulièrement intéressants quant à la fréquence d'apparition dans les analyses des différents mots-clés. En effet certains mots-clés sont utilisés plus fréquemment que d'autres, ils auront donc un pouvoir sélectif plus ou moins grand au moment de la recherche.

Un mot-clé qui est apparu souvent sélectionnera donc des documents mais avec un facteur de bruit important; tandis que le mot-clé apparaissant peu souvent donnera un résultat moins important en nombre mais avec moins de solutions inexactes.

C'est à partir de ces renseignements que l'on pourra organiser au mieux le vocabulaire de mots-clés.

- Essai de recherche.

A partir du fichier d'un mot-clé par carte, qu'il est facile de trier suivant les mots-clés identiques, c'est à dire que toutes les cartes ayant le même mot-clé sont réunies, on pourra faire un essai de recherche très élémentaire.

Cette recherche portant uniquement sur les mots-clés, entre lesquels nous pouvons combiner les opérations logiques.

### III - Matériel.

#### Fichier documents.

Dans le bulletin signalétique du C.N.R.S. pour chaque document nous avons les indications suivantes, en plus des renseignements bibliographiques.

- 1° Une traduction française du titre si besoin est.
- 2° Un court commentaire sur le contenu du document.

Pour chaque document ainsi analysé on perfore trois sortes de fichiers.

- Fichier bibliographique, donnant les renseignements extérieurs au sujet du document.
- Fichier titre; on perfore sur ses cartes les titres des documents analysés, dans leur traduction française.
- Fichier commentaire; c'est l'analyse du texte qui n'a en général pas plus de dix lignes.

Note; la réunion des deux derniers fichiers donne ce que l'on appelle par la suite "Fichier documents".

Il y a en moyenne six cartes par documents (titre + commentaire).

Pour la construction du modèle de carte de ces fichiers, nous avons tenu compte de deux impératifs.

- limitation du volume des fichiers.
- exploitation sur Gamma E.T.

C'est pourquoi les renseignements bibliographiques, le titre et le commentaire sont respectivement perforés en séquence sur les cartes des différents fichiers.

Sur une carte standard 80 colonnes Bull on trouve des colonnes 9 à 20 des numéros de repère pour marquer; le fichier, le volume du Bulletin, le numéro du document; et des colonnes 21 à 80 les renseignements particuliers dépendant du fichier.

Remarque importante; A la perforation on ne peut demander aucune modification du texte imprimé dans le bulletin.

#### Gamma E.T.

Le premier essai a été effectué sur Gamma E.T; nous ne relevons à ce sujet que quelques détails qui ont influencé le programme de dépouillement.

- L'introduction alphabétique se faisant sur deux mémoires différentes avec séparation des Poids forts et des Poids faibles du code alphabétique Bull, la première opération a été de les regrouper sur deux positions contigües, lettre par lettre. Opération indispensable pour réduire les comparaisons au moment de l'exploitation.
- La longueur fixe du mot machine, est cause d'une grande perte de place quand l'on enregistre un vocabulaire dont les mots sont de longueurs variables. Ainsi l'on ne peut pratiquement stocker en machine que le dictionnaire de mots-clés; en cours d'exploitation les cartes du fichier sont simplement lues et étudiées au fur et à mesure.

#### IV - Méthode.

Le problème est donc de repérer<sup>et</sup> de sélectionner les mots-clés du titre et du commentaire qui sont composés d'une succession de phrases du langage ordinaire.

Le processus général consiste à comparer tous les mots du texte perforé en séquence sur les cartes du fichier documents à un certain vocabulaire préalablement introduit en machine.

Deux méthodes sont possibles;

1° - On peut rentrer en machine tous les mots vulgaires, c'est à dire tous les noms, verbes, adjectifs, prépositions, ... qui dans le texte servent uniquement à la rédaction des idées exprimées dans le document.

Cette solution qui a l'avantage d'avoir un vocabulaire vulgaire à entrer pratiquement fixe pour les différents chapitres du champ à explorer, se heurte au volume considérable de ce dictionnaire qui dépasse très vite la place disponible en machine.

En effet comme la machine ne fait que comparer des mots-clés, c'est à dire des symboles, elle n'a aucune connaissance morphologique de ces mots.

Il faut donc retenir toutes les formes des verbes, aux différents temps et personnes possibles, un grand nombre d'adverbes, de prépositions, Etc.....

Très vite un tel vocabulaire devient inacceptable.

#### Remarque.

Si la machine était capable de faire une étude morphologique cette méthode serait sûrement plus compétitive.

2° - On rentre en machine le vocabulaire de mots-clés. C'est cette solution qui a été adoptée.

Pour débiter nous avons pris comme vocabulaire de mots-clés à entrer, 150 mots-clés sélectionnés à partir d'une recherche manuelle dans 50 documents. Nous comparons alors à ce vocabulaire une partie du fichier documents.

Pour cette comparaison la machine ne fait que lire les mots perforés en séquence sur les cartes, et les compare un à un au vocabulaire enregistré. Elle ne garde pas en réserve le texte des documents qui ne fait qu'être lu par la machine.

Nous demandons à la machine d'imprimer tous les mots du texte avec leurs numéros de référence aux documents d'où ils sont extraits et aux cartes où ils ont été perforés.

Quand la comparaison avec le vocabulaire est positive, c'est à dire que ce même mot se trouve dans le dictionnaire de mots-clés enregistré, l'imprimante mettra un signe distinctif à côté du mot ainsi sélectionné, et au moyen de la P.C. (poinçonneuse connectée) une carte sera perforée avec le mot-clé et son numéro de référence = formation du fichier d'un mot-clé par carte.

Une étude manuelle sur la feuille fournie par l'imprimante permet de sélectionner les mots qui doivent également faire partie du vocabulaire de mots-clés. On les ajoute alors au dictionnaire enregistré.

Avec ce vocabulaire de mots-clés agrandi, on refait le même travail sur une autre partie du fichier documents.

Ainsi; petit à petit le vocabulaire de mots-clés ira s'agrandissant de tous les termes des documents qui doivent en faire partie. On espère ainsi arriver pour un chapitre déterminé, à un vocabulaire de mots-clés stable.

V - Remarques sur les mots-clés.

Pour ne pas augmenter inconsidérément le dictionnaire de mots-clés, nous ne retenons que les noms au singulier et les adjectifs au masculin singulier.

Mais au cours de la recherche il faut que la machine puisse trouver la coïncidence, par exemple entre les mots tels que.

"équation" du dictionnaire et "équations" du texte.

"Euclidien"

"Euclidienne"

Cas du pluriel.

Avant de faire la comparaison il faut effacer la dernière lettre des mots se terminant par "S" ou par "x".

Cas du féminin.

Dans ce cas il faut effacer le "e" terminal, mais aussi les consonnes l, t, n, s, si elles précèdent cet e de la fin, car ces consonnes ont été doublées devant l'e du féminin.

Exemple.

nul                    nulle

booléen                booléenne

Il y a aussi le cas du "v" précédent le e terminal qui doit être remplacé par un "f".

C'est ainsi que nous avons;

itératif

itérative

Remarques.

Pour les cas d'exception, aussi bien ceux du pluriel que du féminin les différentes formes sont retenues dans le dictionnaire.

C'est pourquoi on a sélectionné;

égal et égaux  
minimum et minima

Réalisation pratique.

On trouvera à la page suivante l'organigramme des tests successifs qui permettent de réduire les pluriels et les féminins.

La machine n'ayant aucune connaissance des mots qu'elle compare, les tests s'appliqueront indifféremment sur toutes les suites de symboles qu'elle rencontrera dans le texte.

Ainsi les tests pour les adjectifs féminins avec doublement de la consonne, agiront également sur des noms comme colonne, intervalle.

Le test du pluriel tronquera des mots comme trois, pas et beaucoup de noms propres se terminant par s.

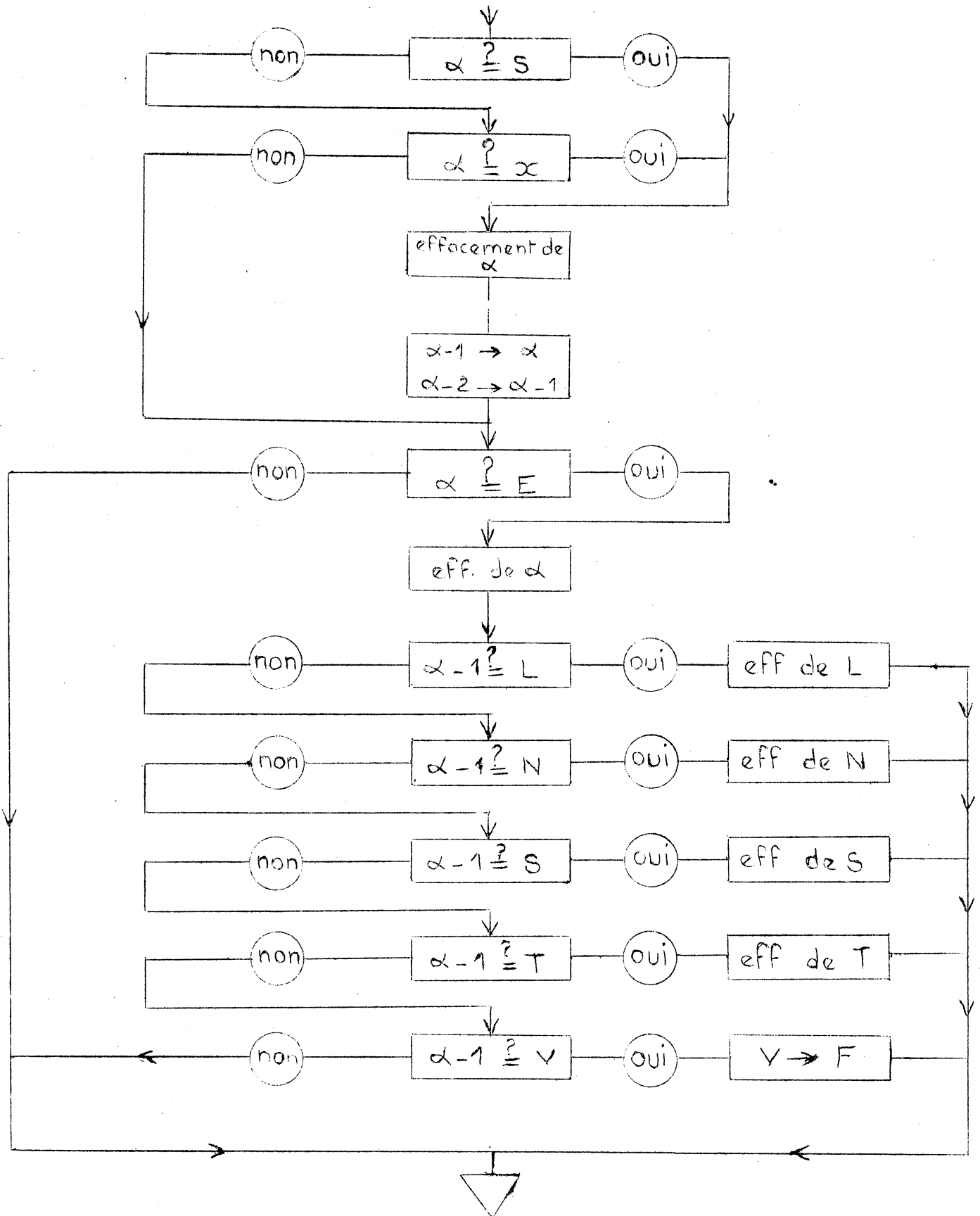
Pour obtenir une correspondance au moment de la comparaison on a été amené à appliquer cette suite de tests aux mots-clés du dictionnaire au moment de son introduction en machine.

Ainsi en traitant les mots du vocabulaire et les mots des textes par les mêmes tests est-on sûr d'obtenir une identification correcte et exacte par la machine.

Ces procédés n'est qu'un subterfuge pas très élégant, mais pratique, car il permet de faire des comparaisons globales des mots sans découpage des terminaisons. C'est une raison très appréciée sur le Gamm E.T., mais pour une autre machine où toutes les positions sont adressables directement la méthode avec découpage sera employée.

Organigramme.

Nous désignons par  $\alpha$  la position de la dernière lettre d'un mot à étudier pour la suite des tests suivants.



Suite du programme



## VI - Paramètres d'exploitation.

Le programme permettant l'enregistrement du dictionnaire de mots-clés et le dépouillement, ne présente pas grand intérêt car trop spécialisé pour la programmation sur Gamma E.T. Nous regarderons ici seulement les paramètres d'exécution de cet essai.

### Les temps d'exécution.

#### - Temps de perforation du fichier documents.

Nous avons vu que le fichier documents qui comprend le fichier titre et le fichier commentaire avait en moyenne six cartes par document; la perforation et la vérification demande environ trois minutes et demi par document.

Ce temps est bien sûr très long, mais il faudra quelque soit le système et la machine en passer par là. En effet quelque soit la machine aussi perfectionnée que possible, on ne peut lui donner des informations que sous la forme de trous, pour le moment.

#### - Temps d'exploitation sur machine.

Le dictionnaire de mots-clés étant en machine, le programme consiste à lire et à comparer les mots du dictionnaire et du texte, à imprimer tous les mots du document et enfin à perforer si il le faut les cartes du fichier de 1 mot-clé par carte.

La moyenne du temps pris pour ces opérations est de une minute et demi par document.

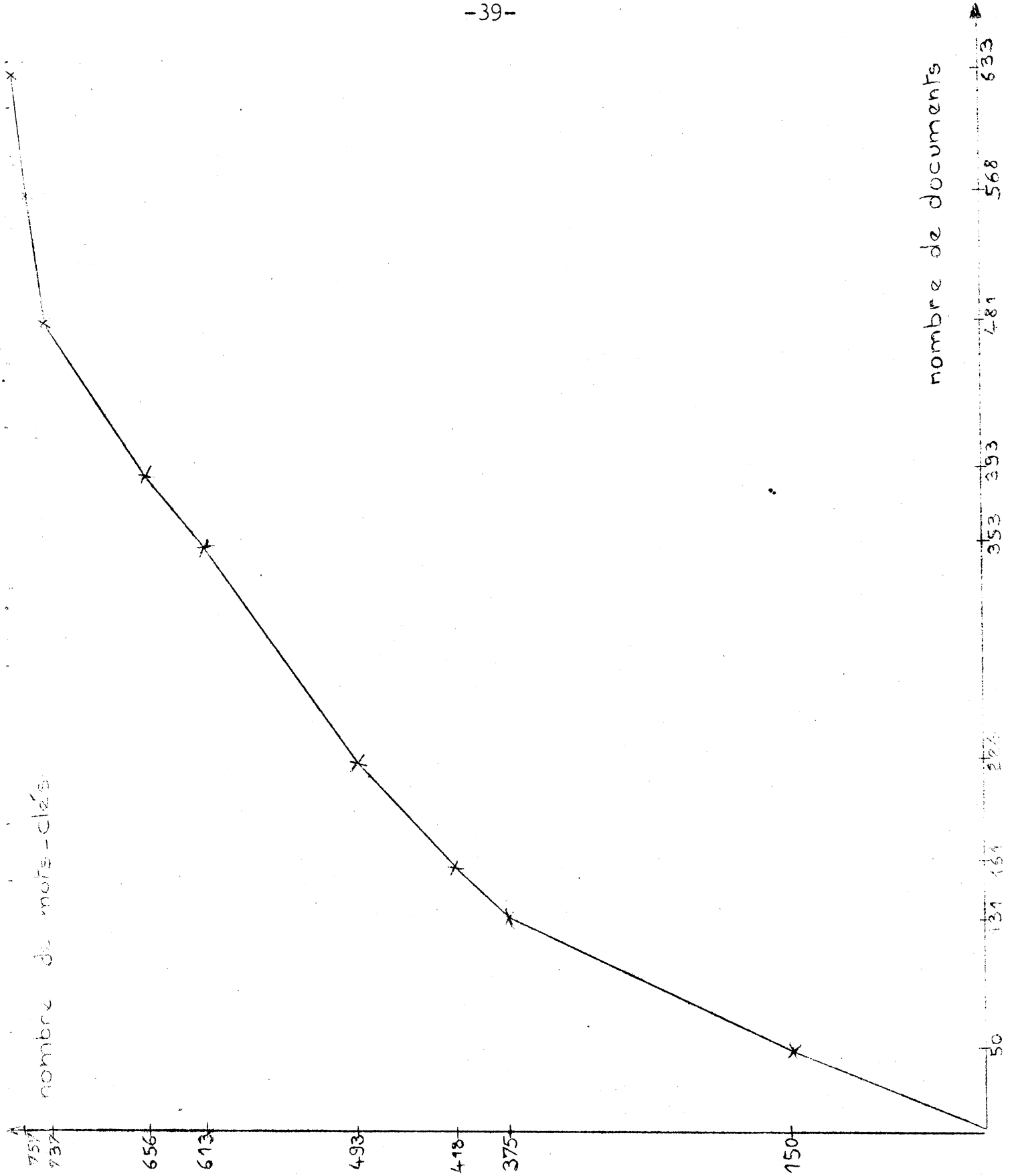
Remarque.

Chaque mot du texte n'est comparé qu'aux mots-clés enregistrés commençant par la même lettre. Un adressage plus fin dans le dictionnaire réduirait le temps pris pour la comparaison.

Progression du vocabulaire.

Nous avons vu que le dictionnaire de mots-clés s'agrandissait au fur et à mesure du dépôt de nouveaux documents. Le graphique de la page suivante montre qu'elle est cette progression.

Nous remarquons qu'en fin d'expérience, la pente de la courbe n'est pas rigoureusement nulle, il faudrait continuer encore longtemps pour savoir si cette limite est atteinte.



## VII - Recherche automatique.

A cet effet nous avons simplement utilisé du matériel mécano-graphique très simple; à savoir une trieuse  $D_3$  et une interclasseuse.

### Organisation du fichier.

Au cours du dépouillement automatique nous avons vu la construction, au moyen de la poinçonneuse connectée, du fichier d'un mot-clé par carte. Pour pouvoir l'exploiter commodément, il a fallu le trier de façon à grouper ensemble toutes les cartes ayant un même mot-clé.

A remarquer qu'en fin d'opération nous obtenons d'une manière évidente la fréquence d'apparition des différents mots-clés.

Pour chaque mot-clé nous avons un certain nombre de cartes; cartes qui se différencient par le numéro de référence des documents auxquels elles se rapportent.

Il est facile d'ordonner ces cartes d'après un ordre croissant de ces numéros de référence.

### Recherche proprement dite.

Nous faisons une recherche d'information de la manière suivante: Une question étant posée nous l'avons transformée manuellement en une succession de mots-clés (cette opération est faisable mécaniquement en appliquant à la question le traitement de dépouillement automatique des textes eux-mêmes) que nous pouvons combiner au moyen des opérations logiques pour traduire les différentes parties et nuances.

$M_1, M_2, M_3, M_4$ , étant des mots-clés une telle question peut se présenter sous la forme suivante.

$$(M_1 \cup M_2) \cap M_3 \bar{M}_4$$

Toutes ces opérations sont faisables sur une interclasseuse, en fusionnant, sélectionnant les différents paquets de cartes correspondants aux mots-clés intéressés.

En cours de recherche on peut déjà donner des résultats partiels, par exemple indiquer les documents correspondants à;

$$(M_1 \cup M_2)$$

ou  $(M_1 \cup M_2) \cap M_3$

Pour donner une réponse présentable, il faut faire une sélection dans les fichiers bibliographiques et de titre, des documents proposés comme réponse.

Cette recherche très élémentaire a simplement permis de faire quelques constatations, c'est un procédé très lourd et pas du tout pratique.

RESULTATS de L'EXPERIENCE.

Malgré la grande simplicité du procédé et les dimensions réduites de l'expérience ( seulement 600 documents ) on a pu obtenir un ensemble de renseignements assez concluants et faire des constatations qui donnent une vue optimiste des possibilités offertes dans cette voie.

I - Résultats

Elaboration du vocabulaire.

Ce procédé de formation du dictionnaire de mots-clés a le grand avantage de relever systématiquement tous les mots possibles dans le champ ainsi exploité.

Nous remarquons que la courbe donnant l'augmentation du vocabulaire en fonction des documents étudiés, n'a pas en fin de course une pente rigoureusement nulle. Ceci revient à dire que de nouveaux mots-clés vont encore apparaître au cours d'une exploitation postérieure. Mais heureusement l'expérience a montré que ce sont des mots, tels que des noms propres ou des notions non encore rencontrées; nous verrons quelles sont les précautions à prendre pour faire cette adjonction.

Pour le champ limité de l'analyse numérique le vocabulaire de mot-clé ainsi élaboré a atteint près de 700 termes différents. Nous verrons au moment de l'étude de ce vocabulaire comment on peut le réduire.

Une fois les mots-clés sélectionnés et retirés du texte résumé des documents, il reste un certain nombre de mots-non-clés il a paru intéressant d'étudier ce vocabulaire. La richesse d'un tel vocabulaire est très grande et son volume important; c'est ainsi qu'après l'analyse de 400 documents nous avons déjà obtenu presque 700 mots différents et que le point de saturation semble encore loin. Nous verrons en appendice quelques remarques intéressantes sur ce vocabulaire.

#### Analyse des documents.

Pour se rendre compte des résultats obtenus par ce dépouillement automatique nous donnerons deux exemples. Ils ont été choisis de manière à montrer que les analyses faites de cette façon, tout en n'étant pas toujours excellentes, donnent des résultats acceptables et sans ambiguïté.

#### 1<sup>er</sup> Exemple.

Nous avons dans le bulletin signalétique du C.N.R.S. le texte suivant;

Pour le titre " Solutions numériques pour l'équation de Van -der-Pol"

Pour le commentaire " Solutions numériques obtenues par intégration numérique à partir de la méthode de Runge - Kutta en utilisant un calculateur électronique ".

L'analyse faite donne;

calculateur, électronique, équation, intégration, méthode, Runge - Kutta, solution, Van - der - pol.

Nous remarquerons qu'une étude manuelle aurait pratiquement donné le même résultat.

2° Exemple.

Titre; Procédé de Macmillan; modification des procédés de Gausschio pour l'évaluation des déterminants.

Commentaire; Il est montré que le procédé de Macmillan n'est qu'une variante du procédé de Gausschio et qu'il exige plus d'opérations.

Nous obtenons;

Déterminant, évaluation, Gausschio, Macmillan, opération, plus, procédé.

Cette analyse est complète, mais presque trop, puisque les mots plus et opération ne seraient pas sélectionnés par une recherche humaine. Cependant ces mots par leur présence ne gênent aucunement.

D'une manière générale, les analyses ainsi faites, et ceci d'après le principe lui-même, seront complètes et tous les renseignements utiles seront sélectionnés; mais il pourra y avoir en plus des mots-clés superflus.

Ils encombrent et augmentent sans raisons les analyses mais ne sont pas sujet d'erreurs.

Recherche.

C'est seulement quand on arrive à cette phase du travail que l'on peut se rendre compte si un système est acceptable ou non; mais aussi trouver quelles sont les améliorations possibles.



Une question étant posée et le système ayant proposé comme solution un certain nombre de documents, il faut pouvoir étudier cette réponse.

- Parmi ces documents il y a ceux qui ne conviennent pas; ils peuvent être repérés immédiatement par le questionneur, mais ce qui nous intéresse ici c'est de chercher pourquoi ils sont à rejeter, ou si l'on aime mieux pourquoi ils ont été sélectionnés à tort.

Il faut reconnaître qu'avec ce système de mots-clés indépendants, une grande source d'erreur vient de mauvaises combinaisons des mots-clés, c'est à dire à un manque de syntaxe.

Citons l'exemple de la recherche des documents relatifs à " Erreur de Calcul " c'est à dire que nous avons sélectionné les documents ayant à la fois " Erreur " et " calcul " ( Erreur U calcul). Cette recherche nous a fait trouvé tous les documents parlant de; calcul d'erreur, calcul de... et erreur,...

Nous verrons au paragraphe suivant un moyen détourné pour amener une amélioration.

- Mais le problème le plus important est l'oubli de documents qui sont une réponse valable à une question. Il faut améliorer ce point, car par là suite il n'y a aucun moyen de contrôle.

1 ° Les mots-clés employés par la question ne sont pas sur le même plan de généralité que ceux des documents oubliés.

Par exemple en cherchant une méthode de résolution approchée d'une équation différentielle, il faut sélectionner les documents parlant d'une méthode particulière qui souvent à un nom spécial.

D'où le besoin d'une organisation hiérarchique pour le vocabulaire.

2° Question et documents emploient des mots ou des expressions synonymes.

Ainsi en cherchant " approximation d'une courbe ", on veut aussi " ajustement ou lissage d'une courbe ".

Seulement ces deux points montrent la nécessité d'organiser au mieux le dictionnaire de mots-clés pour arriver à une réponse complète et exacte.

## II - Etude du vocabulaire.

Au cours de ce qui précède nous avons, à plusieurs reprises, éprouvé le besoin d'étudier le vocabulaire de mots-clés pour l'organiser de telle et telle manière. Cette étude en est la réalisation, elle porte sur trois points.

### Réduction du vocabulaire.

Etant donné l'optique choisie pour le dépouillement des documents et la construction automatique des analyses, il ne peut être question de réduire le nombre lui-même des mots-clés, par exemple en ne retenant qu'un seul mot-clé par notion indépendante rencontrée dans les documents sous plusieurs formes différentes.

Ainsi les termes;

abaque  
monogramme  
monographie  
monographique  
monographisation

qui pour nous représentent une même notion, doivent obligatoirement se trouver dans le dictionnaire de mots-clés, mais nous pouvons les référer à un même code qui sera seul à marquer cette notion.

La réduction ne se fait donc pas sur le volume du dictionnaire de mots-clés, mais sur le nombre de notions codées indépendantes. C'est ainsi que l'on pourra réunir;

- les synonymes comme;

calculateur et machine (à calculer)

- les différentes formes d'un même mot.

réduire - réduction - réduit

trois - troisième

rectangle - rectangulaire

- les différentes orthographes des noms - propres.

En effet les noms - propres étrangers sont très souvent orthographiés de manières différentes suivant la traduction. C'est ainsi que nous avons trouvé sept manières d'écrire; Tchebyscheff.

Il est cependant possible de réduire un peu le volume lui même du dictionnaire en supprimant certains mots-clés qui sont trop ou pas assez sélectifs.

Ce point est très délicat à juger, mais la fréquence d'apparition des mots-clés est un atout précieux.

L'expérience faite est encore trop réduite pour avoir des résultats vraiment significatifs, mais l'on peut dès maintenant rayer des mots-clés qui sont apparus trop souvent comme " méthode " dans 290 documents sur 600. C'est beaucoup plus pour les mots-clés de faible fréquence qu'il faut attendre, afin de se rendre bien compte si ils sont vraiment trop rares; et même dans ces conditions il y aura peut être intérêt à les réunir si c'est possible à une notion ou voisine ou plus générale.

Mots - composés.

Nous avons vu, au moment de la recherche, que de fausses combinaisons entraînent la sélection à tort d'un certain nombre de documents, mais nous avons aussi parlé d'une introduction possible de mot-composé.

Le principe même de l'introduction de mots-composés dans le dictionnaire de mots-clés ne pose en lui-même pas de problème, si les critères sont bien définis à cet effet, comme nous l'avons vu au chapitre III.

Ainsi on peut ajouter " Erreur de calcul ", mais tout en conservant " Erreur " et " calcul " comme mots-clés. Ce n'est pas toujours comme cela, puisque si l'on introduit " valeur propre " on garde le mot-clé " valeur " mais on supprime " propre " qui ne veut en lui-même marquer aucune notion mathématique propre.

Les problèmes qui se posent avec des mots composés dans le vocabulaire, ce sont les condensations et les inversions possibles que l'on peut rencontrer dans la rédaction des textes des documents.

Nous avons donné l'exemple de " valeurs et colonnes propres "; pour ce cas particulier on trouve une solution acceptable sans analyse complète de la phrase en introduisant par exemple dans le dictionnaire les mots-clés " valeur propre " et " colonne propre " avec référence à un même code qui les réunit.

Ce sont maints petits détails de ce genre qu'il faut examiner rigoureusement, en introduisant ces nouveaux mots-composés dans le dictionnaire.

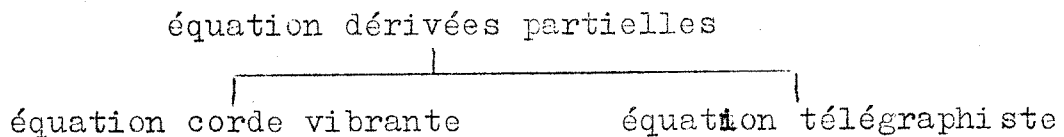
Hiérarchie - Organisation.

Quand on parle d'organisation du vocabulaire on pense tout de suite aux relations hiérarchiques qui existent entre certains mots-clés. C'est bien sûr un point important et délicat mais ce n'est pas le seul.

Et même, dans une certaine mesure, les relations hiérarchiques prises strictement entre deux mots-clés sont pratiquement inexistantes dans le domaine étudié.

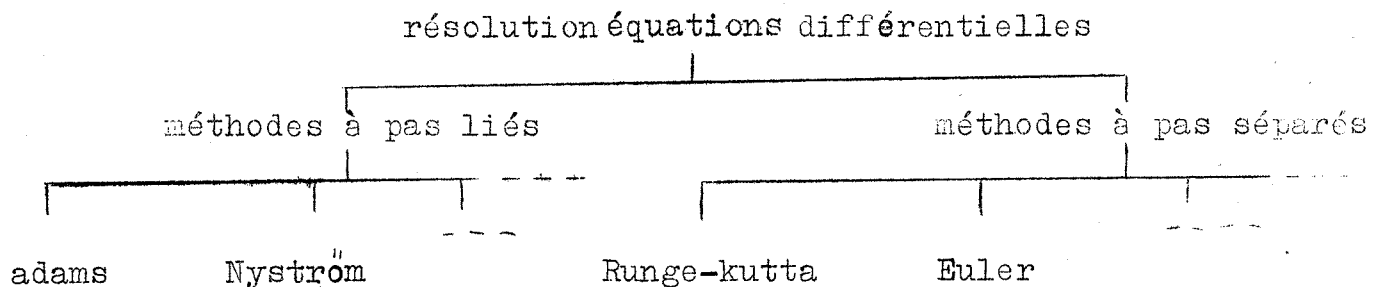
Des mots comme; équation, fonction, gradient,.... n'ont entre eux, ou avec d'autres, aucune liaison qui puisse être posée une fois pour toute et admise par tout le monde.

Par contre, on peut élaborer des arbres entre des combinaisons de mots-clés. Ainsi



Ce point est particulièrement important pour ordonner et sélectionner toutes les méthodes de calcul qui du fait des différents paramètres dont elles dépendent donnent une organisation en arbre évidente.

Citons un exemple simple.



On doit être amené à faire un grand nombre d'arbres, indépendants, plus ou moins importants.

Pour améliorer la réponse, il faut également relever les expressions équivalentes du fait de la combinaison de plusieurs mots-clés particuliers.

Ainsi il faut tenir pour équivalentes au moment de la recherche les expressions suivantes;

approximation U courbe - ajustement U courbe - lissage U courbe, car on ne peut pas considérer que les mots-clés simples;

ajustement - approximation - lissage, sont équivalents dans n'importe quel contexte, il faut pour cela leur réunion avec " courbe ".

Cette partie de l'étude du vocabulaire est la plus minutieuse, mais la précision que l'on y mettra, comptera beaucoup dans l'exactitude des réponses donc dans le bon fonctionnement du système.

### III - Conclusions.

Il est bien sûr présomptueux de vouloir tirer des conclusions catégoriques et définitives avec une étude élémentaire, mais nous nous proposons tout de même de regarder les possibilités ainsi offertes.

Remarquons tout de suite que l'étude faite seulement sur 600 documents, même pour le champ réduit de l'analyse numérique, n'est pas assez fournie.

Le nombre de 5000 documents serait sans doute suffisant pour pouvoir étudier et relever avec certitude toutes les anomalies et toutes les possibilités de liaisons entre mots-clés et expressions de mots-clés.

L'expérience de dépouillement automatique et l'étude du vocabulaire permettent de prévoir que l'on peut obtenir des résultats très valables et satisfaisants dans ce sens.

C'est à dire que;

- 1° Un système de mots-clés indépendants traduit pratiquement sans ambiguïté toutes les informations contenues dans les documents de la littérature mathématique.
- 2° L'automatisation de l'analyse ne pose alors aucun problème technique si l'on utilise une machine pouvant enregistrer et stocker une grande quantité d'information; à savoir, le dictionnaire de mots-clés et les analyses faites en comparant à ceux-ci, tous les textes du résumé des documents intéressants.
- 3° La recherche faite avec des questions complétées au moyen des liaisons hiérarchiques et des expressions équivalentes de mots-clés donnera des réponses satisfaisantes.

L'opération qui consistera à passer de la question formulée par le questionneur, en une expression complète de tous les mots-clés qu'il faut chercher, peut également s'automatiser sans difficultés spéciales.

Pour terminer remarquons que cette solution est limitée et à courte vue, car dès maintenant on peut penser à des solutions beaucoup plus satisfaisantes, dont le Syntol est le meilleur exemple. Malheureusement le temps qui sépare le Syntol théorique du Syntol pratique est loin d'être terminé, surtout quand on désire un système automatisé aussi bien pour l'enregistrement que pour la recherche.

Mais en attendant, comme nous pensons qu'un système de recherche documentaire automatique, même très simple, doit rendre d'énormes services dans le domaine des mathématiques appliquées, cette étude montre les possibilités offertes dans cet esprit.

## CHAPITRE - V -

### PROJET D'EXPLOITATION.

Pour terminer nous allons donner une vue générale de l'ensemble des opérations proposées pour résoudre le problème, avec certains détails d'exécution sur une grosse machine telle que I.B.M. 1 401. Nous envisagerons également la manière de compléter le dictionnaire de mots-clés.

#### I - Ensemble du processus.

L'organigramme de la page suivante donne l'enchaînement et les liens unissant les différents éléments utilisés. Ils se groupent en trois parties correspondant à des opérations différentes.

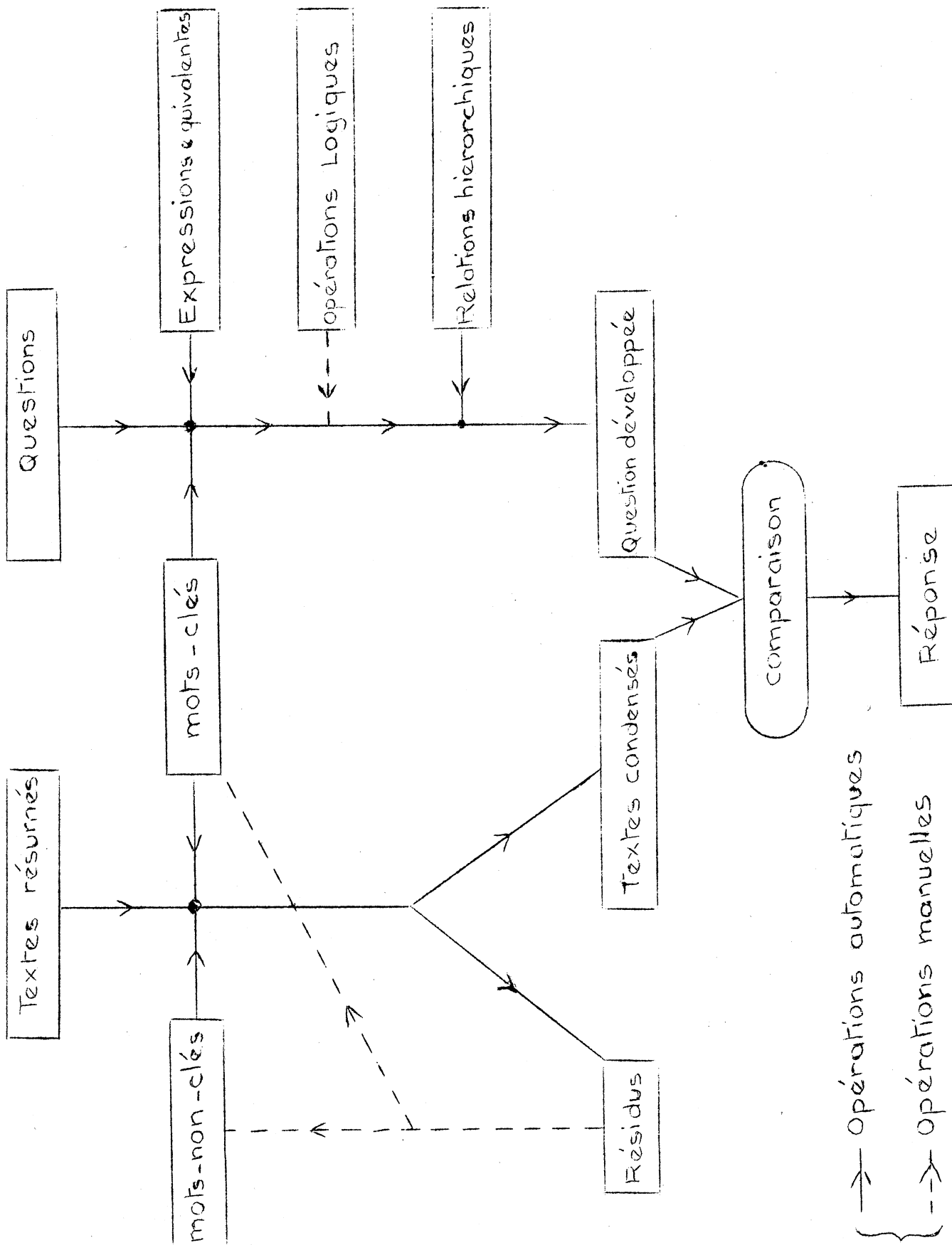
#### L'enregistrement.

Nous avons vu comment l'on se propose de passer d'une manière entièrement automatique, du texte résumé au texte condensé de mots-clés; Sélection des mots ~~du~~ textes identiques à ceux du dictionnaire de mots-clés.

En faisant la même opération avec le dictionnaire de mots-non-clés il pourra y avoir des mots non sélectionnés, ils vont dans ce que l'on nomme " résidu " sur l'organigramme. Nous en verrons l'emploi pour la mise à jour du dictionnaire de mots-clés.

A propos de l'analyse automatique des textes nous expliciterons dans le paragraphe suivant deux points particuliers.





- l'analyse des **désimences**.
- la sélection des mots-clés simples et composés.

### La recherche.

La recherche en elle-même consiste à comparer les textes condensés de tous les documents à la question posée.

La préparation de cette question repose sur trois opérations;

#### 1°- Opération obligatoire.

Le passage du texte de la question formulée par le demandeur, en une question condensée de mots-clés, mais aussi augmentée des expressions équivalentes.

Cette opération peut se faire automatiquement.

#### 2°- Opération facultative.

Il est alors possible d'enchaîner les mots-clés au moyen d'opérations logiques, mais ceci ne peut être fait que par un apport extérieur fait à la main.

#### 3°- Opération.

En posant sa question le demandeur peut spécifier si il est intéressé par des informations plus ou moins générales par rapport aux termes de sa question; ces indications dirigent sur la consultation automatique des liaisons hiérarchiques qui permet de développer la question.

Mise à jour.

Le champ d'application du système étant un domaine en pleine expansion, il ne peut être question d'arrêter le dictionnaire de mots-clés; l'adjonction de nouveaux mots est donc une opération indispensable pour la bonne marche du système.

Cette opération nécessite une personne humaine qui puisse juger les textes et le sens des mots, mais nous serons aidé par l'apport du " résidu " constitué au moment du dépouillement des documents. Nous verrons au dernier paragraphe de ce chapitre les précautions à prendre.

II - Deux détails d'exécution.

Pour ce qui suit, nous demandons à la machine utilisée d'avoir les deux caractéristiques suivantes  
( la 1 401 remplit les conditions )

1) chaque mémoire, c'est à dire ,chaque position d'une lettre alphabétique est adressable directement.

Cette propriété nous permettra d'étudier un mot, lettre par lettre et de séparer radical et **désinence**.

2) les positions de la première et la dernière lettre d'un mot sont repérables en tant que telles.

Ainsi le blanc de séparation de deux mots n'est pas obligatoirement une fin d'expression, il peut faire partir lui même d'un mot au même titre que n'importe quelle lettre de l'alphabet → mots **composés**.

Sélection des mots-clés simples et composés.

Nous avons vu que l'introduction de mots composés dans le dictionnaire de mots-clés était très souhaitée, nous allons donner les règles précises pour la sélection des mots-clés pour traiter de la même manière ceux qui sont simples et ceux qui sont composés. Ainsi le problème de la sélection des mots composés ne sera pas différent de toute autre sélection.

Le dictionnaire complet sera constitué de la succession des mots-clés simples ou composés, mais dont leur première et dernière lettre sont repérées.

Si par exemple le signe - désigne la première lettre et le signe x la dernière lettre d'un mot-clé, nous aurons;

- x - - x - x  
Valeur valeur propre validité van der pol...

Le texte à analyser est constitué par une suite de mots simplement séparés par un blanc.

Un mot du texte sera jugé équivalent à un mot-clé du dictionnaire.

1° Si une suite de symboles ( lettres et blancs ) comprise entre deux blancs du texte se retrouvent dans le même ordre dans le dictionnaire.

2° Si cette succession constitue bien un mot-clé; c'est à dire qu'elle est limitée par deux repères de début et de fin de mot-clé.

3° Si les deux conditions précédentes donnent plusieurs solutions, on choisira la plus longue.

Ces trois conditions sont nécessaires et suffisantes. Donnons un exemple pour illustrer la troisième condition.

Si dans le texte nous avons valeur propre, il y a la possibilité de sélectionner "valeur" et "valeur propre" avec les deux premières conditions, la troisième est là pour faire le choix.

Cette dernière condition peut être réalisée ; par l'organisation du dictionnaire. On le range dans l'ordre alphabétique, mais avec la nuance suivante. C'est que le blanc a sa place après la dernière lettre de l'alphabet.

Un exemple fera comprendre tout de suite.

"opérationnel" passe avant "opération "

"valeur propre" avant "valeur"

Ce simple détail de rangement permet une consultation unique du dictionnaire avec arrêt dès qu'il y a une fois équivalence.

Nous voyons que ces règles de sélection permettent de traiter de la même manière mots simples et composés.

#### Analyse des inflexions.

Le but de cette opération est de pouvoir identifier un mot quelque soit sa forme.

Dans le vocabulaire de mots-clés, n'ont été retenus que les noms au singulier, et les adjectifs au masculin singulier.

Les terminaisons possibles pour les pluriels des noms, les féminins et les pluriels des adjectifs sont en nombre limité; ainsi il y a seulement quatre terminaisons possibles pour marquer le pluriel. Nous les avons toutes réunies dans un même tableau ( page 58 ),

TABLEAU des TERMINAISONS.

Pluriel des noms

|   |             |
|---|-------------|
| 1 | S           |
| 2 | X           |
| 3 | UX → L      |
| 4 | S ou A → UM |

Pluriel et féminin des adjectifs.

|    |                      |
|----|----------------------|
| 5  | S , E , ES           |
| 6  | S , LE , LES         |
| 7  | S , NE , NES         |
| 8  | S , TE , TES         |
| 9  | S , SE , SES         |
| 10 | S , VE → F , VES → F |
| 11 | UX → L , E , ES      |

Ces codes sont rappelés après les différents mots-clés admettant les terminaisons qui leurs correspondent. Nous trouverons dans l'appendice, le dictionnaire de mots-clés où tous ces codes sont marqués.

Nous trouvons par exemple;

Noyau 2      Car à 2      " x "    ce qui donne le pluriel Noyaux.  
Polynomial 11      11      "e, ux    l," soit polynomiale et polynomiaux.

### Exploitation.

Nous avons vu comment se faisait la comparaison entre le texte et le vocabulaire, en général; nous allons voir ici une démarche complémentaire pour exploiter le tableau de terminaisons.

Quand après une succession de symboles d'un mot-clé on trouve un de ces codes et que la première condition n'est pas encore satisfaite, le programme continue automatiquement la comparaison en essayant les terminaisons correspondantes au code indiqué.

La présence d'un code après le repère de fin de mot-clé, donne donc la possibilité de les reporter sur les dernières lettres des terminaisons qui lui correspondent.

### III - Mise à jour des dictionnaires.

Le dictionnaire de mots-clés ne peut être arrêté, car l'exploitation de nouveaux documents demandera la sélection de nouveaux mots. Nous allons voir ici le processus de mise à jour.

### Dictionnaire de mots-clés.

Après le dépouillement automatique d'un nouveau document l'étude manuelle de l'analyse, ainsi faite, peut nous amener à souhaiter la sélection de mots ne se trouvant pas encore dans le dictionnaire de mots-clés. Avant de les rajouter, nous devons prendre des précautions.

1° Nous allons attendre un certain temps, pour voir si le besoin de sélection se renouvelle au cours du dépouillement d'autres documents; ceci devrait permettre de juger de la validité de ce nouveau mot-clé.

2° Est ce que ce mot se trouve dans le "Résidu" ?

Nous avons vu que le résidu contient tous les mots n'ayant pas trouvé d'équivalent dans les dictionnaires de mots-clés et de mots-non-clés.

Si la réponse est négative, c'est que ce même mot est déjà apparu dans au moins un texte précédent mais qu'il n'a pas été sélectionné comme mot-clé.

Si sa reconnaissance est confirmée, en même temps que son introduction dans le dictionnaire de mots-clés, il faudra faire une correction des documents antérieurs. Cette opération est indispensable pour l'exactitude des recherches qui seront faites sur ces mots introduits en cours d'exploitation.

Si par contre la réponse est oui, c'est à dire que ce mot se trouve dans le résidu, il n'y a pas de précautions spéciales à prendre au moment de sa reconnaissance effectif comme mot-clé.

### Dictionnaire de mots-non-clés.

Ce dictionnaire sera augmenté systématiquement des mots du Résidu, en retirant bien sûr les nouveaux candidats mots-clés.





A P P E N D I C E .

I Vocabulaire de mots-clés.

II Vocabulaire de mots-non-clés- Remarque.

III Exemple d'une réponse.



I - Vocabulaire de mots-clés.

Fréquence;

|    |                      |   |              |
|----|----------------------|---|--------------|
|    | ABAQUE, 1            | → | NOMOGRAMME   |
| 2  | ABSCISSE, 1          |   |              |
| 4  | ABSOLU, 5            |   |              |
| 3  | ACCROISSEMENT, 1     |   |              |
| 1  | ACE                  |   |              |
| 6  | ADAMS                |   |              |
|    | AJUSTEMENT, 1        | → | AJUSTER      |
| 9  | AJUSTER + AJUSTEMENT |   |              |
| 3  | ALEATOIRE, 1         |   |              |
|    | ALGEBRE, 1           | → | ALGEBRIQUE   |
| 26 | ALGEBRIQUE, 1        | + | ALGEBRE      |
| 22 | ALGORITHME, 1        |   |              |
| 1  | ALLONGE, 5           |   |              |
| 6  | ALTERNE, 5           |   |              |
| 5  | ANALOGIQUE, 1        |   |              |
| 1  | ANALYSEUR, 1         |   |              |
| 29 | ANALYSE              |   |              |
| 10 | ANALYTIQUE, 1        |   |              |
| 3  | ANAMORPHOSE, 1       |   |              |
| 1  | ANNEAU, 2            |   |              |
| 92 | APPLICATION, 1       |   |              |
| 41 | APPROCHE, 5          | + | APPROXIMATIF |
|    | APPROXIMATIF, 10     | → | APPROCHE     |
| 75 | APPROXIMATION, 1     |   |              |
| 1  | ARBRE, 1             |   |              |

|          |                             |
|----------|-----------------------------|
| 6        | ARGUMENT, 1                 |
|          | ARRONDISSEMENT, 1 → ARRONDI |
| 17       | ARRONDI, 5 + ARRONDISSEMENT |
| 1        | ASCENDANT, 5                |
| 3        | ASSOCIE, 5                  |
| 2        | ASYMETRIQUE, 1              |
| 11       | ASYMPTOTIQUE, 1             |
| 6        | AUTOMATIQUE, 1              |
| 2        | BAIRSTOW                    |
| 1        | BAKER                       |
| 2        | BANACH                      |
| 1        | BARLETT                     |
| 7        | BASE, 1                     |
| 2        | BERGMAN                     |
| 1        | BERNOULLI                   |
| 3        | BERNSTEIN                   |
| 1        | BERTRAM                     |
| 1        | BESSELKELVIN                |
| 6        | BESSEL                      |
| 3        | BIDIMENSIONNEL, 6           |
| 1        | BIHARMONIQUE, 1             |
| <b>2</b> | BILINEAIRE, 1               |
| 1        | BINOMIAL, 11                |
| 2        | BKW                         |
| 1        | BOCHER                      |
| 1        | BOLTZMANN                   |
| 2        | BOOLEEN, 7                  |

|     |  |
|-----|--|
| 1   | BOOLE  |
| 1   | BOOTH  |
| 1   | BOREL  |
| 7   | BORNE, 5   |
| 1   | BRANCHE, 1   |
| 1   | CALCULABLE, 1  |
| 39  | CALCULATEUR, 1 + CALCULATRICE + MACHINE  |
|     | CALCULATRICE, 1 → CALCULATEUR  |
|     | CALCULER → CALCUL  |
| 532 | CALCUL, 1 + CALCULER + DETERMINER + DETERMINATION +<br>ESTIMATION + EVALUER + EVALUATION + OBTENIR<br>OBTENTION + RESOUDRE + RESOLUTION + SOLUTION |
| 6   | CANONIQUE, 1   |
| 13  | CARACTERISTIQUE, 1   |
| 19  | CARRE, 5   |
| 1   | CARR   |
| 10  | CAUCHY   |
| 1   | CAYLEYHAMILTON   |
| 3   | CERCLE, 1  |
| 2   | CESARO   |
| 1   | CHAINE, 1  |
| 13  | CHALEUR  |
| 2   | CHANGEMENT, 1  |
|     | CHEBYSHEV → TCHEBYCHEFF  |
| 1   | CHOLESKI   |
|     | CINQ UIEME → CINQ  |
| 3   | CINQ + CINQUIEME   |
| 3   | CIRCULAIRE, 1  |
| 13  | CLASSE, 1  |
| 1   | COATE  |
| 43  | COEFFICIENT, 1   |

|    |  |
|----|--|
| 1  | COFACTEUR, 1                                   |
| 1  | COLLOCATION, 1                                 |
| 3  | COLONNE, 1                                     |
| 1  | COMMUTATION, 1                                 |
| 1  | COMPACT, 1                                     |
| 21 | COMPARAISON, 1                                 |
| 1  | COMPLETION, 1                                  |
| 25 | COMPLEXE, 1                                    |
| 47 | CONDITION, 1                                   |
| 8  | CONDUCTIBILITE, 1 + CONDUCTION                 |
|    | CONDUCTION, 1 $\longrightarrow$ CONDUCTIBILITE |
| 1  | CONE, 1  |
| 2  | CONFLUENT, 5                                   |
| 3  | CONJUGUE, 5                                    |
| 3  | CONSECUTIF, 10                                 |
| 16 | CONSTANT, 5                                    |
| 3  | CONSTITUTION, 1                                |
| 11 | CONSTRUCTION, 1 + CONSTRUIRE                   |
|    | CONSTRUIRE $\longrightarrow$ CONSTRUCTION      |
| 4  | CONTINUEITE, 1                                 |
| 13 | CONTINU, 5                                     |
| 1  | CONTOUR, 1                                     |
| 1  | CONTRACTANT, 5                                 |
| 3  | CONTRACTION, 1                                 |
| 48 | CONVERGENCE, 1 + CONVERGENT                    |
|    | CONVERGENT, 5 $\longrightarrow$ CONVERGENCE    |
| 2  | CONVEXE, 1                                     |
| 3  | CONVOLUTION, 1                                 |
| 3  | COORDONNEE, 1                                  |
| 1  | CORDE, 1                                       |

CORRECTEUR, 1 → CORRECTIF  
14 CORRECTIF, 10 + CORRECTEUR + CORRECTION  
CORRECTION, 1 → CORRECTIF  
2 COUPE  
11 COURBE, 1  
1 COWELL  
2 CRACOVIEŃ, 7  
3 CRANKNICOLSON  
7 CRITERE, 1  
3 CROUT  
3 CUBATURE  
3 CUBIQUE, 1  
1 CYLINDRIQUE, 1  
1 CYLINDROPARABOLIQUE, 1  
1 DANTZIG  
1 DARLINGTON  
2 DECIMAL, 11  
DECOMPOSER → DECOMPOSITION  
8 DECOMPOSITION, 1 + DECOMPOSER  
1 DECONVOLUTION, 1  
1 DEFLATION, 1  
17 DEGRE  
2 DELTA  
5 DEPART  
1 DEPASSEMENT, 1  
6 DERIVATION, 1  
44 DERIVEE, 1  
2 DESCENDANT, 5  
2 DESCENTE, 1



|     |   |
|-----|---|
| 15  | DETERMINANT, 1                            |
|     | DETERMINATION, 1 $\rightarrow$ CALCUL     |
|     | DETERMINER $\rightarrow$ CALCUL           |
| 1   | DEUCE                                     |
|     | DEUXIEME $\rightarrow$ DEUX               |
| 53  | DEUX + DEUXIEME                           |
| 24  | DEVELOPPEMENT, 1                          |
| 1   | DIAGONALISATION, 1                        |
| 3   | DIAGONAL, 11                              |
| 7   | DIAGRAMME, 1                              |
| 51  | DIFFERENCE, 1                             |
| 77  | DIFFERENTIABILITE, 1                      |
| 5   | DIFFERENTIATION, 1                        |
| 117 | DIFFERENTIEL, 6                           |
| 4   | DIFFUSION                                 |
| 13  | DIMENSION, 1                              |
| 1   | DIOPHANTIQUE, 1                           |
| 1   | DIRAC                                     |
| 6   | DIRECTION, 1                              |
| 3   | DIRICHELET + DIRICHLET                    |
|     | DIRICHLET $\rightarrow$ DIRICHLET         |
| 1   | DIRIGE, 5                                 |
| 2   | DISCONTINUITE, 1 + DISCONTINU             |
|     | DISCONTINU, 5 $\rightarrow$ DISCONTINUITE |
| 2   | DISCRET, 5                                |
| 1   | DISTANCE, 1                               |
| 4   | DIVERGENCE, 1 + DIVERGENT                 |
| 1   | DIVERGENT, 5 $\rightarrow$ DIVERGENCE     |
| 1   | DIVISEUR, 1                               |
| 5   | DIVISION, 1                               |

|     |  |
|-----|--|
| 1   | DIX                                    |
| 12  | DOMAINE, 1                             |
| 6   | DOUBLE, 1                              |
| 1   | DYNAMIQUE, 1                           |
|     | E $\longrightarrow$ VOIR EXP.          |
| 3   | ECHANGE, 1                             |
| 7   | ECHELLE, 1                             |
| 6   | ECOULEMENT                             |
| 5   | EFFET, 1                               |
| 6   | EGAL, 11                               |
| 12  | ELECTRONIQUE, 1                        |
| 7   | ELEMENTAIRE, 1                         |
| 10  | ELEMENT, 1                             |
| 13  | ELEVE, 5                               |
| 10  | ELIMINATION, 1                         |
| 1   | ELLIPSE, 1                             |
| 24  | ELLIPTIQUE, 1                          |
| 5   | EMPIRIQUE, 1                           |
| 8   | ENSEMBLE, 1                            |
| 7   | ENTIER, 5                              |
| 1   | EPSILON                                |
| 258 | EQUATION, 1                            |
| 4   | EQUIDISTANT, 5                         |
| 1   | EQUILIBRE, 5                           |
| 106 | ERREUR, 1                              |
| 7   | ESPACE, 1                              |
| 8   | ESPECE, 1                              |
|     | ESTIMATION, 1 $\longrightarrow$ CALCUL |
| 55  | ETUDE, 1                               |
| 2   | EUCLIDIEN, 7                           |

|     |                        |
|-----|------------------------|
| 4   | EULER                  |
|     | EVALUATION, 1 → CALCUL |
|     | EVALUER → CALCUL       |
| 10  | EXACT, 5               |
| 65  | EXEMPLE, 1             |
| 6   | EXISTENCE, 1           |
| 13  | EXP + E + EXPONENTIEL  |
| 1   | EXPLICITEIMPLICITE, 1  |
| 5   | EXPLICITE, 1           |
| 1   | EXPONENTIATION, 1      |
|     | EXPONENTIEL, 6 → EXP.  |
| 1   | EXPOSANT, 1            |
| 11  | EXPRESSION, 1          |
| 1   | EXTRACTION, 1          |
| 7   | EXTRAPOLATION, 1       |
| 2   | EXTREMUM, 4            |
| 10  | FACTEUR, 1             |
| 2   | FACTORISATION, 1       |
| 3   | FAIBLE, 1              |
| 41  | FINI, 5                |
| 3   | FIXE, 1                |
| 2   | FLOTTANT, 5            |
| 1   | FLUX                   |
| 9   | FONCTIONNEL, 6         |
| 115 | FONCTION, 1            |
| 3   | FONDAMENTAL, 5         |
| 1   | FORCE, 1               |
| 44  | FORME, 1               |
| 75  | FORMULE, 1             |
| 3   | FORT, 5                |
| 1   | FOURIERBESSEL          |
| 15  | FOURIER                |

|    |                         |   |                             |
|----|-------------------------|---|-----------------------------|
|    | FRACTIONNAIRE, 1        | → | FRACTION                    |
|    | FRACTIONNEL, 6          | → | FRACTION                    |
| 10 | FRACTION, 1             | + | FRACTIONNAIRE + FRACTIONNEL |
| 1  | FREDHOLM                |   |                             |
| 2  | FRESNEL                 |   |                             |
| 1  | FROBENIUSROMANOVSKY     |   |                             |
| 1  | GALERKIN                |   |                             |
| 8  | GAMMA                   |   |                             |
| 1  | GAUSSBANACHIEWICZ       |   |                             |
| 1  | GAUSSCHIO               |   |                             |
| 1  | GAUSSCHRISTOFFEL        |   |                             |
| 2  | GAUSSSEIDEL             |   |                             |
| 7  | GAUSS                   |   |                             |
| 25 | GENERALISE, 5           |   |                             |
| 20 | GENERAL, 5              |   |                             |
| 2  | GENERATEUR, 1           |   |                             |
| 8  | GEOMETRIE + GEOMETRIQUE |   |                             |
|    | GEOMETRIQUE, 1          | → | GEOMETRIE                   |
| 1  | GEORGIEFF               |   |                             |
| 1  | GERSCHGORIN             |   |                             |
| 1  | GILL                    |   |                             |
| 1  | GIVENS                  |   |                             |
| 2  | GOURSAT                 |   |                             |
| 3  | GRADIENT, 1             |   |                             |
| 4  | GRAEFFE                 |   |                             |
| 1  | GRAMSCHMIDT             |   |                             |
| 15 | GRAND, 5                |   |                             |
| 4  | GRAPHE, 1               |   |                             |
|    | GRAPHIQUEMENT           | → | GRAPHIQUE                   |
| 11 | GRAPHIQUE, 1            | + | GRAPHIQUEMENT               |

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| 4 | GREEN                               |
| 1 | G.KRON                              |
| 1 | HAMMERSLEY                          |
| 1 | HANKEL                              |
| 6 | HARMONIQUE, 1                       |
| 1 | HEAVISIDE                           |
| 3 | HERMITE                             |
| 2 | HERMITIEN, 7                        |
| 1 | HERMITIQUE, 1                       |
| 1 | HILBERT                             |
| 1 | HILL                                |
| 9 | HOMOGENE, 1                         |
| 2 | HOMOGRAPHIQUE, 1 + HOMOGRAPHISATION |
|   | HOMOGRAPHISATION, 1 → HOMOGRAPHIQUE |
| 1 | HORNER                              |
| 2 | HOUSEHOLDER                         |
| 1 | HOWLAND                             |
| 1 | HUIT                                |
| 2 | HURWITZ                             |
| 9 | HYPERBOLIQUE, 1                     |
| 1 | HYPERCERCLE, 1                      |
| 1 | HYPERGEOMETRIQUE, 1                 |
| 1 | HYPERMATRICE, 1                     |
| 1 | HYPEROSCULATOIRE, 1                 |
| 1 | HYSTERESIS                          |
| 1 | H.DEUX                              |
| 1 | IBM704                              |
| 2 | IBM650 + IBM.650                    |
|   | IBM.650 → IBM650                    |

|    |                                     |
|----|-------------------------------------|
| 2  | ILLIMITE, 5                         |
| 3  | IMAGINAIRE, 1                       |
| 1  | IMPAIR, 5                           |
| 9  | IMPLICITE, 1                        |
| 5  | INCONNU, 5                          |
| 13 | INDEPENDANT, 5                      |
|    | INNEGALITE, 1 $\rightarrow$ INEGAL  |
| 6  | INEGAL, 11 + INEGALITE              |
| 7  | INFERIEUR, 5                        |
| 1  | INFINIMENT                          |
| 9  | INFINI, 5                           |
| 1  | INHOMOGENE, 1                       |
| 17 | INITIAL, 11                         |
| 4  | INSTABILITE, 1                      |
| 55 | INTEGRAL, 11                        |
| 62 | INTEGRATION, 1                      |
| 4  | INTEGRODIFFERENTIEL, 6              |
| 1  | INTERCONNEXION, 1                   |
| 3  | INTERIEUR, 5                        |
| 32 | INTERPOLATION, 1                    |
| 15 | INTERVALLE, 1                       |
| 2  | INVARIANT, 5                        |
| 6  | INVERSE, 1                          |
| 11 | INVERSION, 1                        |
| 55 | ITERATIF, 10 + ITERATION            |
|    | ITERATION, 1 $\rightarrow$ ITERATIF |
| 1  | JACOBIEN, 7                         |
| 1  | JACOBIRICHARSON                     |
| 11 | JACOBI                              |

|     |                                 |
|-----|---------------------------------|
| 1   | JACOBSEN                        |
| 1   | JEUX                            |
| 2   | JOURDAN                         |
| 1   | J.P.ROTH                        |
| 3   | KANTOROVICH                     |
| 1   | KOLMOGOROFF → WIENERKOLMOGOROFF |
| 1   | KRAMER                          |
|     | KRYLOFFBOGOLIUBOFF              |
| 3   | KRYLOFFBOGOLIUBOV               |
|     | KRYLOFFBOGOLJUBOFF              |
| 3   | KRULOFF + KRYLOV                |
|     | KRYLOV → KRYLOFF                |
|     | KUTTA → RUNGE KUTTA             |
| 4   | LAGRANGE                        |
| 2   | LAGUERRE                        |
| 1   | LANCE                           |
| 16  | LAPLACE                         |
| 1   | LAXWENDROFF                     |
| 2   | LEGENDRE                        |
| 1   | LEHMER                          |
| 1   | LEMME                           |
| 1   | LIAPOUNOV                       |
| 1   | LIENARDCHIPART                  |
| 10  | LIGNE, 1                        |
| 70  | LIMITE, 1                       |
| 3   | LINEAIREMENT                    |
| 104 | LINEAIRE, 1                     |
| 2   | LINEARISATION, 1                |
| 1   | LIPSCHITZ                       |
| 2   | LISSAGE, 1                      |

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| 1   | LOBATTO                  |
| 5   | LOGARITHMIQUE, 1         |
| 1   | LOGISTIQUE, 1            |
| 6   | LOI, 1                   |
| 1   | LR                       |
| 1   | LYKOV                    |
|     | MACHINE, 1 → CALCULATEUR |
| 1   | MACMILLAN                |
| 1   | MANTISSE, 1              |
| 1   | MARKOFF                  |
| 1   | MASSAU                   |
| 1   | MASSOU                   |
| 1   | MASSO                    |
| 11  | MATHEMATIQUE, 1          |
| 1   | MATHIEU                  |
| 83  | MATRICE, 1               |
| 14  | MATRICIEL, 6             |
| 1   | MAXIMALISATION, 1        |
| 3   | MAXIMUMMINIMUM, 4        |
| 1   | MAXIMUM, 4               |
| 3   | MECANIQUE, 1             |
| 9   | MEILLEUR, 5              |
| 1   | MERSENNE                 |
| 1   | MESURER                  |
| 290 | METHODE, 1               |
| 2   | MILNE                    |
| 1   | MINEUR, 1                |
| 9   | MINIMAL, 11              |
| 4   | MINIMISATION, 1          |
| 3   | MINIMUM, 4               |
| 1   | MISES                    |
| 2   | MIXTE, 1                 |



|    |   |
|----|---|
| 7  | MODELE, 1   |
| 4  | MODIFIE, 5  |
| 4  | MODULE, 1   |
| 7  | MOINDRE, 1  |
| 2  | MONOTONIE, 1  |
| 4  | MONTECARLO  |
| 1  | MORRISON  |
| 6  | MOYENNE, 1  |
| 1  | MULLER  |
| 1  | MULTIDIMENSIONNEL, 6  |
| 10 | MULTIPLE, 1   |
| 1  | M.ROMBERG   |
| 1  | M.R.GRANOLSSON  |
| 1  | NAPOLITANO  |
| 8  | NECESSAIRE, 1   |
| 3  | NEGATIF, 10   |
| 1  | NEUMANNRICHTMEYER   |
| 1  | NEUMANN   |
| 1  | NEVILLE   |
| 1  | NEWTONCOTES   |
| 1  | NEWTONGREGORY   |
| 2  | NEWTONRAPHSON   |
| 9  | NEWTON  |
| 1  | NICHOL  |
| 34 | NOMBRE, 1   |
| 23 | NOMOGRAMME, 1 + ABAQUE + NOMOGRAPHIABLE + NOMOGRAM-<br>PHIE + NOMOGRAPHIQUE + NOMOGRAPHISATION.<br>NOMOGRAPHIABLE, 1 → NOMOGRAMME<br>NOMOGRAPHIE, 1 → NOMOGRAMME<br>NOMOGRAPHIQUE, 1 → NOMOGRAMME<br>NOMOGRAPHISATION, 1 → NOMOGRAMME |
| 56 | NON   |
| 2  | NON LINEAIRE, 1   |

|     |  |
|-----|--|
| 1   | NORLUND                                  |
| 7   | NORMAL, 11                               |
| 1   | NORMALISE, 5                             |
| 2   | NORME, 1                                 |
| 2   | NOYAU, 2                                 |
| 1   | NUL, 6                                   |
| 8   | NUMERAL, 11                              |
|     | NUMERIQUEMENT → NUMERIQUE                |
| 194 | NUMERIQUE, 1 + NUMERIQUEMENT             |
| 1   | NYSTROM                                  |
|     | OBTENIR → CALCUL                         |
|     | OBTENTION, 1 → CALCUL                    |
| 1   | OLIPHANT                                 |
| 2   | ONDE, 1                                  |
| 1   | OPERATEURPOLYNOME, 1                     |
| 14  | OPERATEUR, 1                             |
| 4   | OPERATIONNEL, 6                          |
| 17  | OPERATION, 1                             |
| 5   | OPTIMAL, 11                              |
| 2   | OPTIMUM, 4                               |
| 1   | ORDONNEE, 1                              |
| 63  | ORDRE, 1                                 |
| 1   | ORGANIGRAMME, 1                          |
| 1   | ORRSOMMERFELD                            |
| 2   | ORTHOGONALISATION, 1                     |
| 4   | ORTHOGONAL, 11                           |
| 2   | ORTHONORMAL, 11                          |
| 6   | OSCILLANT, 5 + OSCILLATION + OSCULATOIRE |
|     | OSCILLATION, 1 → OSCILLANT               |
|     | OSULATOIRE, 1 → OSCILLANT                |
| 1   | OSTROVSKIJ                               |
| 1   | PADE                                     |
| 1   | PAIR, 5                                  |
| 10  | PARABOLIQUE, 1                           |

|    |                         |
|----|-------------------------|
| 15 | PARAMETRE, 1            |
| 1  | PARAMETRIQUE, 1         |
| 33 | PARTIEL, 6              |
| 10 | PARTIE, 1               |
| 1  | PEACEMANRACHFORD        |
| 3  | PENTE, 1 +              |
| 19 | PERIODE, 1 + PERIODIQUE |
|    | PERIODIQUE, 1 → PERIODE |
| 7  | PETIT, 5                |
| 4  | PHASE, 1                |
| 4  | PHYSIQUE                |
| 1  | PIERCECAUCHY            |
| 4  | PIVOT, 1                |
| 8  | PLAN, 5                 |
| 16 | PLUSIEURS               |
| 29 | PLUS                    |
| 27 | POINT, 1                |
| 4  | POISSON                 |
| 1  | POLE, 1                 |
| 1  | POLLACZEKGEIRINGER      |
| 51 | POLYNOME, 1             |
| 7  | POLYNOMIAL, 11          |
| 8  | POSITIF, 10             |
| 2  | POSITION, 1             |
| 3  | POTENTIEL, 6            |
| 1  | POURSUITE               |
| 1  | PRECESSION, 1           |
| 19 | PRECISION, 1            |
| 2  | PRECONDITIONNEMENT, 1   |
| 5  | PREDICTIONCORRECTION, 1 |
| 2  | PREDICTION, 1           |

|     |  |
|-----|--|
| 23  | PREMIER, 5                             |
| 1   | PREVISIONCORRECTION, 1                 |
| 2   | PREVISION, 1                           |
| 2   | PRIMITIVE, 1                           |
| 2   | PROBABILITE, 1                         |
| 105 | PROBLEME, 1                            |
| 15  | PRODUIT, 1                             |
| 18  | PROGRAMMATION, 1                       |
| 8   | PROGRAMME, 1                           |
|     | PROJECTIF, 10 $\rightarrow$ PROJECTION |
| 3   | PROJECTION, 1 + PROJECTIF              |
| 2   | PROJET, 1                              |
| 3   | PROLONGEMENT, 1                        |
| 1   | PRONY                                  |
| 7   | PROPAGATION, 1                         |
| 2   | PROPORTIONNEL, 6                       |
| 46  | PROPRE, 1                              |
| 1   | PUNGA                                  |
| 1   | PURCELIMOTZKIN                         |
| 10  | QUADRATIQUE, 1                         |
| 19  | QUADRATURE, 1                          |
| 1   | QUANTIFICATION, 1                      |
| 2   | QUARTIQUE, 1                           |
| 1   | QUASIALEATOIRE, 1                      |
| 1   | QUASICASUEL, 6                         |
| 1   | QUASIDIAGONAL, 11                      |
| 2   | QUASILINEAIRE, 1                       |
| 2   | QUASITRIDIAAGONAL, 11                  |
|     | QUATRIEME $\rightarrow$ QUATRE         |
| 11  | QUATRE + QUATRIEME                     |
| 12  | QUELCONQUE                             |
| 1   | QUOTIENT, 1                            |

|    |                                       |
|----|---------------------------------------|
| 35 | RACINE, 1                             |
| 2  | RANG, 1                               |
| 8  | RAPIDE, 1                             |
| 13 | RAPPORT, 1                            |
| 1  | RATIONALISATION, 1                    |
| 15 | RATIONNEL, 6                          |
| 2  | RAYLEIGHRITZ                          |
| 1  | RAYLEIGH                              |
| 1  | RAYONNEMENT, 1                        |
| 1  | RAYON, 1                              |
| 3  | REALISATION, 1                        |
| 18 | RECHERCHE, 1                          |
| 1  | RECIPROCITE, 1                        |
| 1  | RECIPROQUE, 1                         |
|    | RECTANGLE, 1 + RECTANGULAIRE          |
| 14 | RECTANGULAIRE, 1 → RECTANGLE          |
|    | RECURRENCE, 1 → RECURRENCE            |
| 8  | RECURRENCE, 5 + RECURRENCE + RECURSIF |
|    | RECURSIF, 10 → RECURRENCE             |
| 2  | REDRESSE, 5                           |
|    | REDUCTION, 1 → REDUIRE                |
| 20 | REDUIRE + REDUCTION + REDUIT          |
|    | REDUIT, 5 → REDUIRE                   |
| 29 | REEL, 6                               |
| 7  | REGION, 1                             |
| 10 | REGLE, 1                              |
| 3  | REGULIER, 5                           |
| 18 | RELATION, 1                           |
| 7  | RELAXATION, 1                         |

|    |                            |
|----|----------------------------|
| 1  | REMES                      |
| 16 | REPRESENTATION, 1          |
| 11 | RESEAU, 2                  |
| 2  | RESIDUEL, 6                |
| 1  | RESIDU, 1                  |
|    | RESOLUTION, 1 → CALCUL     |
|    | RESOUDRE → CALCUL          |
| 4  | RESTE, 1                   |
| 27 | RESULTAT, 1                |
| 3  | RICHARDSON                 |
| 1  | RICHTMYER                  |
| 1  | RIEMANN                    |
| 3  | RITZGALERKIN               |
| 2  | RITZ                       |
| 1  | ROBIN                      |
| 1  | ROSE                       |
| 4  | ROTATION, 1                |
| 2  | ROUTH                      |
| 15 | RUNGEKUTTA + KUTTA + RUNGE |
|    | RUNGE → RUNGE-KUTTA        |
| 10 | SCHEMA, 1                  |
| 1  | SCHMIDT                    |
| 1  | SCHULZ                     |
| 1  | SCHUR                      |
| 2  | SECANTE, 1                 |
| 14 | SECOND, 5                  |
| 3  | SEGMENT, 1                 |
| 1  | SEIDEL                     |
| 1  | SEMARNE                    |
| 1  | SEMBLABLE, 1               |
| 1  | SEMILINEAIRE, 1            |

|     |                       |
|-----|-----------------------|
| 5   | SEQUENCE, 1           |
| 1   | SEQUENTIEL, 6         |
| 41  | SERIE, 1              |
| 1   | SERVOMECHANISME, 1    |
| 1   | SHERMAN               |
| 3   | SIMILITUDE, 1         |
| 1   | SIMPLEXE              |
| 24  | SIMPLE                |
| 1   | SIMPSONNIEN, 7        |
| 6   | SIMPSON               |
| 1   | SIMULATION, 1         |
| 15  | SIMULTANE, 5          |
| 8   | SINGULIER, 5          |
| 2   | SIX                   |
| 1   | SMITHSONIAN           |
| 138 | SOLUTION, 1           |
| 11  | SOMMATION, 1          |
| 10  | SOMME, 1              |
| 1   | SOUSESPACE, 1         |
| 2   | SPECTRE, 1            |
| 2   | SPHERIQUE, 1          |
| 2   | SPIRALE, 1            |
|     | STABILITE, 1 → STABLE |
| 22  | STABLE, 1 + STABILITE |
| 4   | STATIONNAIRE, 1       |
| 1   | STEFAN                |
| 1   | STIEFELHESTENE        |
| 2   | STIELTJES             |
| 2   | STIRLING              |
| 2   | STOCHASTIQUE, 1       |
| 6   | STRUCTURE, 1          |
| 1   | STURM                 |

|    |  |
|----|--|
| 3  | SUBSTITUTION, 1  |
| 12 | SUCCESSIF, 10  |
| 5  | SUFFISSANT, 5  |
| 10 | SUITE, 1   |
| 6  | SUPERIEUR, 5   |
| 1  | SURDETERMINE, 5  |
| 1  | SURFACE, 1   |
| 7  | SURRELAXATION, 1   |
| 17 | SYMETRIQUE, 1  |
| 1  | SYNGE  |
| 4  | SYNTHESE, 1  |
| 84 | SYSTEME, 1   |
| 17 | TABLE, 1   |
| 3  | TABULATION, 1  |
| 1  | TANGENTIEL, 6  |
| 4  | TAYLOR   |
|    | TCHEBICHEFF →  |
|    | TCHEBICHEF →   |
|    | TCHEBICHEV →   |
| 16 | TCHEBYCHEFF + CHEBYSHEV + TCHEBICHEFF + TCHEBICHEV<br>+ TCHEBICHEV + TCHEBYSCHEFF + TSCHEBYSCHIEFF<br>TCHEBYSCHEFF → |
| 1  | TELEGRAPHISTE, 1   |
| 2  | TEMPEL   |
| 1  | TEMPOREL, 6  |
| 16 | TERME, 1   |
| 3  | TEST, 1  |
| 26 | THEOREME, 1  |
| 31 | THEORIE, 1   |
| 6  | THEORIQUE, 1   |
| 1  | TIR  |
| 1  | TOPOLOGIQUE, 1   |
| 1  | TOTAL, 5   |



|    |                              |
|----|------------------------------|
| 3  | TRAITEMENT, 1                |
| 5  | TRANSCENDANT, 5              |
| 2  | TRANSFERT, 1                 |
| 25 | TRANSFORMATION, 1            |
| 8  | TRANSFORME, 5                |
| 1  | TRANSITION, 1                |
| 2  | TRANSLATE, 5                 |
| 2  | TRANSLATION, 1               |
| 2  | TRAPEZE, 1 + TRAPEZOIDAL     |
|    | TRAPEZOIDAL, 11 → TRAPEZE    |
| 8  | TRIANGLE, 1 + TRIANGULAIRE   |
|    | TRIANGULAIRE, 1 → TRIANGLE   |
| 2  | TRIANGULARISATION, 1         |
| 1  | TRIANGULATION, 1             |
| 1  | TRICOMI                      |
| 4  | TRIDIAGONAL, 11              |
| 5  | TRIGONOMETRIE, 1             |
| 1  | TRINOMIAL, 11                |
|    | TROISIEME → TROIS            |
| 22 | TROIS + TROISIEME            |
| 6  | TRONCATURE, 1                |
| 5  | TROUVER                      |
|    | TSCHEBYSCHIEFF → TCHEBYCHEFF |
| 30 | TYPE, 1                      |
| 2  | UNICITE                      |
| 1  | UNIDIMENSIONNEL, 6           |
| 2  | UNIFORME, 1                  |
| 2  | UNIQUE, 1                    |
| 3  | UNITAIRE, 1                  |

|     |                         |
|-----|-------------------------|
| 4   | UNITE, 1                |
| 1   | UNIVALENCE, 1           |
| 102 | VALEUR, 1               |
| 1   | VALIDITE, 1             |
| 5   | VANDERPOL + VAN-DER-POL |
|     | VAN.DER.POL → VANDERPOL |
| 31  | VARIABLE, 1             |
| 1   | VARIATIONNEL, 6         |
| 7   | VARIATION, 1            |
| 14  | VECTEUR, 1              |
| 4   | VECTORIEL, 6            |
| 1   | VIBRANT, 5              |
| 1   | VIBRATION, 1            |
| 1   | VIRGULE, 1              |
| 8   | VOLTERRA                |
| 1   | WALLIS                  |
| 1   | WARD                    |
| 2   | WEBER                   |
| 2   | WEIERSTRASS             |
| 1   | WEINSTBIN               |
| 2   | WIENERKOLMOGOROFF       |
| 1   | YOUNGFRANKEL            |
| 2   | YOUNG                   |
| 2   | Z                       |
| 1   | ZARMUHL                 |
| 15  | ZERO, 1                 |
| 1   | ZIMM                    |

---

## II - VOCABULAIRE de MOTS - NON - CLES;

Ce vocabulaire est très riche, et théoriquement rien ne l'empêche de recouvrir toute la langue française.

Nous ne relèverons ici qu'un point, mais d'une importance capitale sur les formes des verbes qui sont apparus.

Les verbes sont employés généralement dans l'une des formes suivantes;

|                                   |       |   |
|-----------------------------------|-------|---|
| Infinitif                         | 27    | % |
| Participe présent                 | 19    | % |
| Participe passé                   | 48    | % |
| 3°.personne sing.<br>ind. présent |       |   |
|                                   | <hr/> |   |
|                                   | 94    | % |

### Reste.

4% pour la 3° personne pluriel présent.  
et 2% pour futur, subjonctif,.....et autres.

## Verbes

a

aboutir

adapte

affecte

agit

alimente

alléger

altérer

améliore

amortir

annule

apparaissent

appartenant

applique

appliquer

apporter

associe

assurant

atteint

augmente

augmentent

augmenter

avoir

ayant

base

calcule

charge

cherche

chercher

choisi

choisir

commençant

compare

comparer

comportant

complétant

comprenant

concernant

concerne

conduisant

conduit

connaître

considérant

considère

considérer

consiste

constitue

construit

contenant

contiennent

correspond

correspondant

décrire

décrit

décroissant

décroit

déduit

définissant

dépend

dépendant

déplace

désigne

désigner

détermine

déterminer

développant

développe

développer

différencier

diminue

discute

dispose

dit

divisant

divise

diviser

doit

dominant

donnant

donne

du

écrit

effectu

effectuer

enonce

envisage

est

établir

établit

suite

|              |               |              |
|--------------|---------------|--------------|
| étendu       | intégrer      | permettre    |
| être         | intéressant   | peut         |
| étudie       | intervenant   | peuvent      |
| étudier      | interviennent | place        |
| évite        | introduit     | possédant    |
| examine      | juger         | possède      |
| examiner     | laisse        | pousser      |
| exécuter     | laisser       | pouvant      |
| exige        | manifeste     | pouvoir      |
| explique     | manifeste     | préservant   |
| expliquer    | mécanise      | prétant      |
| expose       | met           | pris         |
| exprime      | mis           | procéder     |
| exprimer     | modernise     | propose      |
| faciliter    | modifier      | quadrille    |
| faisant      | montrant      | ramener      |
| fait         | montre        | réalisant    |
| faut         | montrer       | réaliser     |
| fourni       | nécessite     | reconsidérer |
| fournit      | négligeant    | rencontre    |
| forme        | obtenu        | rencontrer   |
| formule      | obtient       | rend         |
| formuler     | oppose        | rendre       |
| gagne        | opposer       | réparti      |
| garantissant | optimiser     | répond       |
| généralisant | oriente       | répondre     |
| généralise   | partant       | repose       |
| identifie    | partir        | représentant |
| impose       | passer        | représente   |
| imposer      | permet        |              |
| inscrivant   | permettant    |              |
| intégrant    | permette      |              |

Suite

|              |             |            |
|--------------|-------------|------------|
| représenter  | serviront   | tend       |
| requiert     | simplifie   | tire       |
| relevant     | simplifier  | trace      |
| résolvant    | situe       | traduire   |
| restent      | soient      | traiter    |
| revise       | sont        | travailler |
| satisfaire   | soumis      | utilisant  |
| satisfaisent | substituant | utilise    |
| satisfont    | superposant | utilisent  |
| sautant      | suppose     | utiliser   |
| sera         | surmonter   | valer      |
| servir       | tabule      | vaut       |
|              | tabuler     |            |

N O M S

|              |               |                |
|--------------|---------------|----------------|
| abaissement  | association   | cascade        |
| abord        | attention     | champ          |
| accélération | attribution   | changement     |
| accumulation | avance        | cheminement    |
| aide         | avantage      | choix          |
| amélioration | axe           | circuit        |
| américain    | balance       | classification |
| amplitude    | bande         | clause         |
| anglais      | benzène       | codage         |
| aperçu       | bibliographie | combinaison    |
| appui        | bloc          | combustible    |
| art          | bord          | commodité      |
| article      | bruit         | compatibilité  |
| aspect       | but           | complément     |
|              | cas           | comportement   |
|              |               | connaissance   |

Suite

|                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|
| constituant    | élargissement  | france         |
| contact        | élévation      | fréquence      |
| contrainte     | embranchement  | frontière      |
| contribution   | emploi         | fuite          |
| contrôle       | énergie        | gain           |
| conversion     | entrée         | généralisation |
| coordinographe | entréesortie   | génération     |
| corollaire     | équilibre      | graduation     |
| côté           | essai          | grandeur       |
| courant        | établissement  | grille         |
| croissance     | étalon         | groupe         |
| définition     | étape          | guide          |
| délimitation   | état           | hasard         |
| démonstration  | évidence       | image          |
| dénominateur   | exactitude     | impossibilité  |
| description    | examen         | incidence      |
| détail         | excitation     | inclusion      |
| difficulté     | exécution      | indication     |
| diminution     | exigence       | influence      |
| discussion     | expérience     | information    |
| dispersion     | exposé         | ingénieur      |
| dispositif     | extension      | instabilité    |
| distortion     | extérieur      | intérêt        |
| distribution   | façon          | interpolateur  |
| donnée         | facilité       | interprétation |
| droite         | famille        | introduction   |
| écart          | filon          | jeux           |
| efficacité     | flexion        | langage        |
| égard          | fluide         | lavage         |
|                | fois           | liaison        |
|                | fonctionnement | liberté        |
|                | formulation    | lieu           |
|                |                | localisation   |

Suite

|                  |               |                |
|------------------|---------------|----------------|
| longueur         | plex          | régularité     |
| manière          | plongement    | reintroduction |
| mélange          | plupart       | relation       |
| membre           | poids         | remarque       |
| mesure           | punctuation   | remplacement   |
| milieu           | pont          | repartition    |
| mode             | possibilité   | réponse        |
| modification     | potentiomètre | résistance     |
| moment           | poutre        | retard         |
| monophasé        | praticien     | retouche       |
| multiplicateur   | préjudice     | réunion        |
| multiplication   | présence      | révolution     |
| noeud            | présentation  | revue          |
| nondépassement   | principe      | rôle           |
| notation         | prolongement  | routine        |
| note             | propriété     | satisfaction   |
| notion           | propos        | section        |
| opinion          | puissance     | sécurité       |
| optimisation     | quart         | semiconducteur |
| organisation     | question      | sens           |
| origine          | radiation     | séparation     |
| papier           | raisonnement  | signe          |
| parenthèse       | rapidité      | similarité     |
| passage          | rappel        | simplicité     |
| perfectionnement | rapport       | simplification |
| perte            | recours       | sinusoïdal     |
| perturbation     | redresseur    | sorte          |
| phénomène        | réductibilité | sortie         |
| plaque           |               | succession     |
|                  |               | suggestion     |
|                  |               | sujet          |



suite

|              |               |              |
|--------------|---------------|--------------|
| taux         | tour          | variante     |
| technique    | trace         | vérification |
| temps        | transmission  | vitesse      |
| tendance     | transmutation | voie         |
| testfonction | usage         | volume       |
| topologie    | utilisation   | vue          |
|              | utilité       |              |

Adjectifs

|              |               |                  |
|--------------|---------------|------------------|
| accessible   | ces           | double           |
| actuel       | cet           | dual             |
| adjacent     | cette         | dualistique      |
| analogue     | chaque        | échangeable      |
| antérieur    | chimique      | éfectif          |
| applicable   | clair         | électrique       |
| approchable  | classique     | exact            |
| arbitraire   | complet       | expérimental     |
| arithmétique | composite     | extérieur        |
| artificiel   | connu         | fausse           |
| auxiliaire   | considérable  | faux             |
| binaire      | correct       | final            |
| bivarié      | correspondant | fondamental      |
| bon          | critique      | fort             |
| calculable   | cyclique      | générateur       |
| ce           | défini        | génératrice      |
| certain      | dernier       | global           |
|              | différent     | illustratif      |
|              | difficile     | incomplet        |
|              | direct        | incompréhensible |
|              | divers        |                  |

suite.

|              |                 |                |
|--------------|-----------------|----------------|
| indéfini     | ordinaire       | représentable  |
| indésirable  | original        | résoluble      |
| indéterminé  | particulier     | sa             |
| insensible   | permanent       | ses            |
| instantané   | petit           | sensible       |
| interne      | peu             | séparable      |
| libre        | physicien       | son            |
| liquide      | physicochimique | spécial        |
| local        | polygonal       | spectral       |
| lourd        | poroux          | statistique    |
| maniable     | possible        | suivant        |
| manuel       | pratique        | superposé      |
| maximal      | précédent       | supplémentaire |
| moderne      | précis          | systematique   |
| modulaire    | présent         | tout           |
| multivalué   | principal       | traditionnel   |
| nécessaire   | quantitatif     | transparent    |
| nombreux     | quel            | tronqué        |
| nouveau      | quelque         | utilisable     |
| nouvelle     | rapide          | valable        |
| objectif     | récent          | voisin         |
| optimal      | rectiligne      |                |
| opérationnel | redressé        |                |
|              | relatif         |                |

Articles

---

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| au  | des | le  |
| aux | du  | les |
| d   | l   | un  |
| de  | la  | une |

Pronoms

|          |           |            |
|----------|-----------|------------|
| aucun    | desquels  | lesquelles |
| auquel   | dont      | leurs      |
| autre    | duquel    | lui        |
| auxquels | elle-même | on         |
| ce       | eux-mêmes | où         |
| ceci     | il        | plusieurs  |
| celle    | ils       | qu         |
| celui    | laquelle  | que        |
| ceux     | lequel    | qui        |
| chacun   | lesquels  | quoi       |
|          |           | s          |
|          |           | se         |

Adverbes - prépositions - Conjunctions

|                   |           |              |
|-------------------|-----------|--------------|
| a                 | assez     | complètement |
| ainsi             | aussi     | concurrément |
| aisément          | aussitôt  | contre       |
| approximativement | autour    | dans         |
| après             | avant     | dedans       |
| arbitrairement    | avec      | dehors       |
|                   | beaucoup  | déjà         |
|                   | bien      | depuis       |
|                   | car       | dessus       |
|                   | cependant | directement  |
|                   | ci-dessus | donc         |
|                   | combien   | également    |
|                   | comme     | en           |
|                   | comment   |              |

suite

|                      |                |                |
|----------------------|----------------|----------------|
| encore               | mais           | presque        |
| enfin                | maintenant     | priori         |
| ensuite              | malgré         | puis           |
| entre                | methodiquement | puisque        |
| envers               | mieux          | quand          |
| et<br>facilement     | moins          | quant          |
| faiblement           | ne             | que            |
| formellement         | néanmoins      | quoique        |
| généralement         | notamment      | rapidement     |
| hors                 | or             | routinièrement |
| ici                  | ou             | sans           |
| immédiatement        | outre          | sauf           |
| incomplètement       | par            | selon          |
| inconditionnellement | parfois        | seulement      |
| jamais               | parmi          | si             |
| longtemps            | pendant        | sinon          |
| lors                 | peu            | souvent        |
| lorsque              | plus           | uniquement     |
|                      | pourtant       |                |

III - Exemple de réponse.

Question posée. " méthodes itératives pour le calcul des valeurs propres " .

Mots - clés - cherchés.

( ITERATION U ITERATIF ) ( VALEUR ( PROPRE.

Documents proposés.

1) Volume 21 42796

AUTEUR ; Ostrowski A.M.

LANGUE ; Anglais

ANNEE ; 1959

LOCALISATION ; arch. ration. mech. analysis, Dtsch., 3, n° 4.

VOLUME ; 325 - 40

TITRE ; Sur la convergence du procédé d'itération de Rayleigh pour le calcul des racines caractéristiques et des vecteurs.

COMMENTAIRE ; Généralisation du procédé d'itération de Rayleigh pour des matrices asymétriques.

Règle d'itération pour le calcul de la valeur propre d'une matrice à laquelle correspond un diviseur élémentaire non linéaire.

Exemple numérique.

2)            Volume 21            100251

AUTEUR     ; Uhlig J.

LANGUE     ; Allemand

ANNEE      ; 1960

LOCALISATION ; Z. angew. math. mech., Dtsch, 40, n° 1 - 3.

VOLUME     ; 123 -5

TITRE      ; Un procédé d'itération pour un problème inverse de valeurs propres de matrices finies.

3)            Volume 21            100279

AUTEUR     ; Heller J.

LANGUE     ; Anglais

ANNEE      ; 1960

LOCALISATION ; J. Soc. industr. appl. math; U.S.A., 8 , n° 1.

VOLUME     ; 150 - 73

TITRE      ; Schémas d'itération simultanés successifs et alternés.

COMMENTAIRE ; Etude des différents schémas d'itération pour la solution d'équations elliptiques aux différences finies d'ordre  $2p$ , à deux dimensions, en ce qui concerne la minimisation d'une forme quadratique ou la séparation des coordonnées - Valeurs propres pour certains schémas d'itération à directions alternées.

4)                    Volume 22                    2644

AUTEUR            ; Durand E.

LANGUE            ; Français

ANNEE             ; 1960

LOCALISATION    ; Congr. nation. Ass. fr. Calcul. Grenoble.

VOLUME           ; 1 pg

TITRE             ; Quelques méthodes de recherches des valeurs propres et des vecteurs propres d'une matrice.

COMMENTAIRE    ; Résolution du système non linéaire relatif aux inconnues par une méthode d'itération du deuxième ordre. Élimination de la racine obtenue par la méthode de déflation par similitude et calcul de la valeur propre suivante, par la même méthode de calcul simultané de deux valeurs propres en résolvant le système par itération. Cas des matrices à éléments complexes d'ordre n.

5)                    Volume 22                    6444

AUTEUR            ; Clerc D.

LANGUE            ; Français

ANNEE             ; 1960

LOCALISATION    ; Off. nation. et . rech. aéronaut. , note tech; Fr. n°60

VOLUME           ; 12 pg

TITRE             ; Programmation de la méthode de calcul de valeur propre dite méthode des matrices allongées.

COMMENTAIRE    ;

COMMENTAIRE ; méthode itérative permettant d'obtenir plusieurs valeurs et colonnes propres consécutives d'une matrice carrée quelconque en commençant par les valeurs propres de plus grand module. Organigramme permettant la programmation sur toute machine à calculer électronique de grande puissance.

6)                    Volume    22            8735

AUTEUR    ;    Duhau    J.

LANGUE    ;    Français

ANNEE     ;    1961

LOCALISATION ; C.R. acad. Sci. , Fr. 252 n° 20.

VOLUME    ;    2985 -7

TITRE     ;    Extension de la méthode de Jacobi à la réduction d'une matrice réelle non symétrique.  
Etude de la convergence.

COMMENTAIRE ; Autre processus itératif destiné à mettre en évidence les parties imaginaires des valeurs propres.

---





B I B L I O G R A P H I E

B.C. Vickery

Classification and indexing in sciences.

B.C. Vickery

on retrieval system theory.

I.B.M. - St Gobain

Une expérience de sélection automatique.

Rapports Syntol

s.W. Perry, A. Kent, J.L. Melton

Tools for machine literature searching.



|  | Page |
|--|------|
| <u>CHAPITRE I.</u> Définitions.                            | 1    |
| <u>CHAPITRE II.</u> Exemples de langage documentaire.      | 12   |
| <u>CHAPITRE III.</u> Réalisation d'un système particulier. | 24   |
| <u>CHAPITRE IV.</u> Résultats de l'expérience.             | 42   |
| <u>CHAPITRE V.</u> Projet d'exploitation.                  | 53   |
| <u>APPENDICE.</u>  |      |

VU,

Grenoble, le

Le Président de la Thèse

VU,

Grenoble, le

Le Doyen de la Faculté des Sciences

VU et permis d'imprimer,

Le Recteur de l'Académie de Grenoble