UNIVERSITE D'ALGER

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT ECONOMIE

PROJET DE FIN D'ETUDES

RECHERCHE D'ALGORITHMES DE RECONNAISSANCE DES IMAGES VISUELLES

PROPOSÉ PAR :
Mr Valéri DOLIATOVSKI
Docteur es-science

ETUDIÉ PAR :
BENDRISSOU
Brahim

PROMOTION 1975

UNIVERSITE D'ALGER

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT ECONOMIE

PROJET DE FIN D'ETUDES

RECHERCHE D'ALGORITHMES DE RECONNAISSANCE DES IMAGES VISUELLES

PROPOSÉ PAR :
Mr Valéri DOLIATOVSKI
Docteur es-science

ETUDIÉ PAR :
BENDRISSOU Brahim

PROMOTION 1975

Je dédie cette thèse

à mes Parents ...

à mon frère Salah

REMERCIEMENTS

Mes vifs remérciements à tous les professeurs qui ont contribué à ma formation , et tout particulièrement monsieur Valéri DOLIATOVSKI , dont les conseils très précieux m'ont éfficacement aidé à l'élaboration de cet ouvrage .

SOMMAIRE

INTRODUCTION

De plus en plus les travaux administratifs sont confiés aux ordinateurs. Dans le système classique de traitement d'information, les données écrites sont perforées sur une carte ou un ruban qui sont lues par l'ordinateur.

Cette opération est coûteuse et source d'erreurs. La lecture optique permet de combler cette lacune.

1 - HISTORIQUE:

Depuis une soixantaine d'années, l'idée d'une "machine à lire" ou encore d'une retine éléctronique a fasciné de nombreux ingénieurs et scientifiques. Nombreuses sont les inventions qui ont vu le jour parmi les machines permettant une lecture simultanée par l'homme et par la machine.

En 1947, de France presentait sa machine à lire les nombres. Dans le domaine plus général des machines auto organisatrices, Shannon en 1951, presentait son developpement d'une machine pour resoudre un labyrinthe alors qu'en 1958 Rosenblatt boulversait le monde technique avec sa communication sur le perceptron-une théorie de séparabilité statique dans les systèmes de reconnaissance. En 1962 un automate de reconnaissance de 10 chiffres standardises a été appliqué dans le pratique du traitement de l'information numérique il a une fiabilité de 99,2% ce qui a permis son applications immediate.

2 - DEVELOPPEMENT

Depuis une dizaine d'années on predit l'essort fulgurant de l'industr des lecteurs optiques mais elle ne progresse que leutement. On peut classer le l lecteurs automatiques comme suit:

- Les lecteurs magnetiques
- Lecteurs optiques de marques et de caractères
- Lecteurs pour la reconnaissance des formes.

Les machines des deux premières classes sont utilisés pour lire des documents imprimés ou manuscrits celles de troisième classe ont un champs d'application beaucoup plus étendu.

Les techniques de reconnaissance des formes sont déjà utilisées dans des multiples domaines.

- En médecine, pour compter le nombre de globules rouges on de baciles photographies

- Dans le domaine bancaire, lecture des chèque et autre documents. Le principe des lecteurs de caractères magnétiques est basé sur l'analyse des signaux éléctriques apparaissant lorsque le caractère magnetisé passe devant une tête de lecture.

La lecture automatique des caractères pose un problème un peu plus complexe, il s'agit en effet de pouvoir distinguer trés rapidement chaque caractère, chaque chiffre ou symbole d'une façon precise et non équivoque.

Une methode généralement utilisée en reconnaissance des formes consiste à extraire de la forme en question un certain nombre de parties élémentaires que nous nommons primitives, puis de découvrir des relations entre ces primitives. Ces relations permettent d'extraine des primitives d'un niveau supérieur, puis de nouvelles relations et ainsi de suite. Pour le lecteur automatique d'un texte manuscrit par exemple, on peut reconnaitre des batonnets et des courbes des relations entre ces eléments qui permettre de renonnaitre des lettres puis des relations entre ces lettre qui donnent des mots puis des concepts de phrases, etc....

Parmi les autres méthodes générales, l'apprentissage occupé une place trés particulière.

Il ne va pas sans dire que nous avons au Ministère de l'Agriculture un lecteur optique pour lire les documents et traiter le recencement de la Révolution Agraire et de l'Agriculture. Aux nouvelles Galeries et à la Sonelgaz pour la lecture de marques . Et tout recemment au Secrétariat d'Etat Hydraulique, un lecteur optique a été installé.

Dans cette études nous allons voir quelques problèmes de classification automatique, et appliquer une nouvelle approche pour la reconnaissance basée sur l'extraction des propriétés des images et la prise des decisions à base d'analyse logique des relations entre eux. Cette méthode présente un intérêt théorique et peut être appliquée dans la pratique des reconnaissance des images.

CHAPITRE 1 - CLASSIFICATION AUTOMATIQUE ET MESURE DE SIMILARITE

1 - INTRODUCTION

1-1. CARACTERES ET ATTRIBUTS

Notre but dans ce chapitre est de chercher à découvrir une partition ou une chaine de partition qui respecte d'une manière satisfaisante les ressemblances entre objets sur une population finie E, d'objets, donnée.

Soit établi un ensemble finie de caractères $\{ a_1, a_2, \ldots, a_h, \ldots a_p \}$ repondant à un but taxinomique et suffisant pour decrir les objets de E

On désigne par Ah l'ensemble des differentes modalités (ou valeurs) d'un caratère ah.

Soient a_h^1, a_h^2, ..., a_h^h les differants modalités du caratère a_h pour la description des objets de E, on peut s'interesser seulement à certaines d'entres elles.

Pour une question d'automatisme et de logique on considère que l'attribution d'une modalité a_h^i à un objet donné x sera represente au moyen d'une variable logique qui vaut 1 si x possede a_h^i et 0 sinon.

1-1-1. DEFINITION:

On appelle attribut toute modalité d'un caractère retenue pour la description de E.

soit $\{ \alpha_1 \; \alpha_2 \ldots\ldots \alpha_T \}$ =A l'ensemble des attributs ainsi établi un objet x est alors défini par la donnée du sous ensemble **X,** $(X \subseteq A)$ des attributs qu'il possède; il est représenté dans $\{ 0,1 \}^T$ par le point

$\alpha(x) = \{ x_1, x_2, \ldots, x_i, \ldots, x_T \}$ où x_i

est une variable logique qui vaut 1 si l'objet x possède l'attribut α_i et0 sinon

Ces données sont consignées en une matrice d'incidence, où les lignes représentent les attributs et les colonnes les objets les différentes colonnes [illegible] objets les différentes colonnes sont définies par les points $\alpha(x), x \in E$..

1 - 2. SIGNIFICATION D'UN ATTRIBUT POUR UNE CLASSIFICATION

Soit (E_1, $E_2, \ldots,$ $E_j, \ldots,$ E_k) une partition de la population d'objets E qui répond à un but classificatoir donné. Si α est un attribut donné, désignons par f_j la proportion des objets de la classe E_j qui possedent l'attribut α.

On definira par (f_1, $f_2, \ldots$ f_h) la distribution de la fréquence relative de présente de α sur les différentes classes.

1 - 2-1. DEFINITION

On appelle signification de l'attribut par rapport à la classification (E_1, E_2, ..., E_j ...., E_k) la quantité =

$$\frac{1}{K-1} \sum_{j=1}^{K} (f_j - \bar{f})^2 \Big/ \frac{\bar{f}(1-\bar{f})}{n} \qquad (1)$$

où $\bar{f} = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^{k} f_j$ s'il y a absence de l'attribu α ,

La statistique (1) peut être considérée comme une réalisation d'une variable aléatoire de Fisher - Snedecor avec (K-1) et (n-1) degrés de liberté.

Il en résulte une pondération des attributs où à chaque α_i i=1,2,.,T est attaché un coefficients positif tel que (1)

Un attribu α définit sur E une partition en 2 classes; celles dont les éléments possèdent α et celle complementaire.

2 - DEFINITION D'UNE MESURE DE SIMILARITE

2 - 1. GENERALITES:

Soient x et y deux objets quelconques de E

$\alpha(x)=(x_1, x_2,\dots,x_i,\dots, x_T)$ et $\alpha(y)=(y_1,y_2,\dots, y_i,\dots, y_T)$

Les 2 points les représentant dans $\{0,1\}^T$

Relativement à un même attribut αi, les 2 objets x et y sont dits avoir une association positive (resp. négative), si αi est present (resp. absent) simultanément chez les 2 objets c. a. d. $x_i \cdot y_i = 1$ (resp. 0)

2 - 1 -1. CONDITIONS GENERALES

Aux objets x et y associons les cardinaux suivants:

s (resp. t) cardinal du sous ensemble des attributs possédés en commun (resp. non possedés par aucun des deux objets).

s est le nombre d'associations positives et t, négatives.

u (resp.v) cardinal du sous ensemble des attributs possédés par l'objet x (resp.y) et non possedés par y (resp.x)

Designons par X et Y les sous ensembles d'attributs possedés respectivement par x et y. On a :

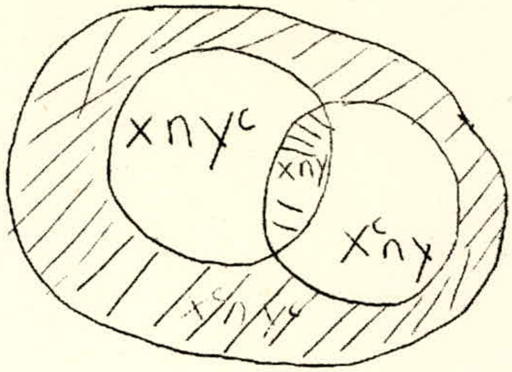
$$s = |X \cap Y| = \sum_{i=1}^{T} x_i \, y_i \quad , \quad t = |X^c \cap Y^c| = \sum_{i=1}^{T} (1-x_i)(1-y_i)$$

X^c (resp Y^c) étant le complémentaire dans A de X (resp Y)

$$u = |X \cap Y^c| = \sum_{i=1}^{T} x_i \, (1-y_i), \quad v = |X^c \cap Y| = \sum_{i=1}^{T} (1-x_i) \, y_i$$

on a : $s+u = |X|$ et $s + v = |Y|$

s, u , v et t sont liés par la relation : $s + u + v + t = T$.



2 - 2. DEFINITIONS ET PROPRIETES

2-2-1. DEFINITIONS

On appelle indicateur du couple (x, y), I (x, y), le triplet (s, u, v) où s, u et v sont relatifs au couple (x,y)

on considére I(x,y)=(s, u, v), comme la donnée de base de la mesure de la ressemblance des deux objets.

Exemple : soit le tableau des données où

$$E = \{ a, b, c, d, e, f \}$$

	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8	d_9	d_{10}	d_{11}	d_{12}	d_{13}	d_{14}	d_{15}	d_{16}	d_{17}	d_{18}
a	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0
b	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1
c	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1
d	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0
e	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
f	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0

et le tableau donnant pour chaque couple d'objets son indicateur (s, u, v) ainsi que la valeur de u + v correspondante .

On remplira les cases vides du tableau en tenant compte de la relation: I(x,y)=(s, u, v) si et seulement si

I(y,x) = (s, v, u):

	a	b	c	d	e	f
a	(9,0,0) 0	(2,7,4) 11	(3,6,5) 11	(5,4,2) 6	(1,8,4) 12	(6,3,4) 7
b		(6,0,0) 0	(4,2,4) 6	(2,4,5) 9	(2,4,3) 7	(2,4,8) 12
c			(8,0,0) 0	(2,6,5) 11	(2,6,3) 9	(1,7,9) 16
d				(7,0,0) 0	(2,5,3) 8	(5,2,5) 7
e					(5,0,0) 0	(3,2,7) 9
f						(1,0,0,0) 0

2 - 2-2. DEFINITION 1 Une mesure de similarité est une fonction reelle positive S définie sur l'ensemble E x E qui se présente sous la forme:

$$(x,y) \rightarrow S(x,y) = \mathcal{S}(I(x,y)) = \mathcal{S}(s,\ u,\ v)$$

où $\mathcal{S}(s,u,v)$ est une fonction définie sur le sous ensemble de N^3

$\left\{ (s,\ u,\ v);\ s+u+v \leq T \right\}$ croissante(strict) par rapport à s, symetrique en u et v et décroissante par rapport à u
(strict)

2 - 2 -3. DEFINITION 2

Une mesure de similarité est une fonction réelle positive S définie sur l'ensemble E x E qui satisfait aux conditions.

1°) $\forall (x, y) \in ExE$; $S(x,y) = S(y,x)$

2°) Si x et y different seulement du point de vue de a_k, ($x_i = y_i$ pour tout $i \neq k$ et $x_k \neq y_k$) et , est tel que

$|z_k - x_k| < |z_k - y_k|$ alors

$$S(x, z) \geq S(y, z)$$

2 - 4. PROPOSITION

Toute similarité satisfaisant aux axiomes de la définition 1, satisfait aux axiomes de la définition 2. Reciproquement toute similarité satisfaisant aux axiomes de la définition 2, qui se met sous la forme $S(x,y) = \delta(s,u,v)$, satisfait à ceux de la définition 1.

Il existe plusieurs expressions, proposées par différents auteurs, pour mesurer la similarité.

Exemple:

$$S(x,y) = \frac{s}{T} \quad (1)$$

$$S(x,y) = 1 - \frac{u+v}{T} \quad (2)$$

$$S(x,y) = \frac{T-(u+v)}{T+(u+v)} \quad (3)$$

Pour la plupart d'entre elles nous avons:

$$S(x,x) = \delta(s,0,0) = 1$$

Ces similarité ont été proposées dans le cas où les différents caractères sont bivalents et où l'ensemble des attributs A est déterminé en retenant pour chacun des caractères celle des deux modalités la plus significative.

3 - PREORDONNANCE ASSOCIEE A UNE MESURE DE SIMILARITE

3 - 1. DEFINITIONS ET PROPRIETES GENERALES :

Le choix d'une mesure de similarité S définit sur l'ensemble des paires d'objets distincts de E, F un préordre Total :

$$(\{x,y\}\{\bar{z}, t\}) \in F\times F$$

$$\{x,y\} \leq \{z,t\} \Leftrightarrow S(x,y) \geq S(z,t)$$

quand la distance diminue la similarité augmente.

Ce preoordre est la "Préordonnance sur E associée à S" on la note w(s). D'autre part on note aussi w(s) le graphe dans FxF de ce préordre. La donnée de base de certaines méthodes de classification est précisement w(s).

On peut se demander dans quelle mesure la préordonnance w(s) varie lorsqu'on remplace une mesure de similarité par une autre.

Exemple = dans le cas du tableau precedent on a pou w_S:

$$\{a,f\} < \{a,d\} = \{d,f\} < \{b,c\} < \{a,c\} = \{e,f\} < \{a,b\} = \{b,d\} = \{c,d\} = \{b,e\}$$
$$= \{c,e\} = \{d,e\} = \{b,f\} < \{c,f\} = \{a,e\}.$$

Les valeurs correspondantes de S étant respectivement: 6,5,4,3,2 et 2

et pour W_{S+t}

$$\{a,d\} = \{b,c\} \quad \{b,e\} = \{a,f\} = \{d,f\} \quad \{d,e\} \quad \{b,d\} = \{c,e\} =$$
$$= \{e,f\} < \{a,b\} = \{a,c\} = \{c,d\} < \{a,e\} = \{b,f\} < \{c,f\}$$

Les valeurs de (s+t) correspondantes étant respectivement: 12, 11, 10, 9, 7, 6, et 2 ; donc celles de (u+v): 6, 7, 8, 9, 11, 12, et 16 parceque T=18

1/ DEFINITION: Deux mesures de similarité sont équivalentes sur un ensemble E d'objets donné, si et seulement si les preordonnances respectivement associées sur E sont identiques.

$S(x,y)$, $S'(x,y)$ désignant deux similarité, il y a lieu de remarquer que s'il existe une fonction numérique strictement croissante, f, telle que: $S'(x,y) = f\{S(x,y)\} \Rightarrow$ S et S' sont équivalents sur tout ensemble E, d'objets.

2/ PROPOSITION: si le nombre d'attributs possedés par un même objet de E est invariable, toutes les similarités sont équivalentes sur E.

CHAPITRE 2

1- DEFINITIONS-GENERALITES

En général on a deux sortes de propriétes: qualitatives et quantitatives.

Les proprietes qualitatives concernent l'appartenance ou l'absence d'un objet à une classe donnée on d'une propriété à un objet étudié.

Les proprietes quantitatives concernent la géométrie, les relation existantes, le poids et tout ce qui est mesurable. Dans notre étude on fait souvent appel aux propriétes quantitatives.

Soit un espace E^n à n dimensions e_1 e_2 ..... e

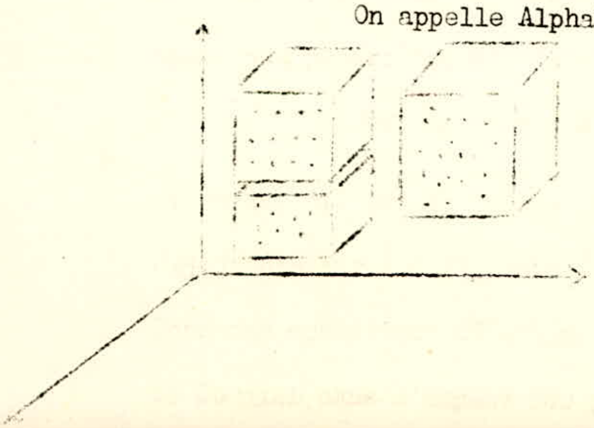
si chaque élement de la Base de finit un ensemble de propriétés ces ensembles seront disjoints car les élements de la base forment un système lénéairement indépendant Dans ces conditions E^n s'appelle Espace des propriétés, on appelle Image le Domaine dans l'espace des propriétes E^n dans lequel se reflette l'ensemble des objets définis.

Dans l'interpretation géometrique: l'image est un Domaine dans l'espace à n dimensions dont les axes déterminent la signification des paramètres.

Pour la description du Domaine on utilise des Etalons ou éléments de réference.

Chaque point du Domaine represente une Image dont les propriétes sont les coordonnées du point correspondant du Domaine.

On appelle Alphabet des Images les listes des domaines fixés qui partagent l'espace choisi.



chaque bloc est une alphabet c 'est à dire un ensemble d'images qui ont le même sens exemple:

A; A; A; A; A; A etc...

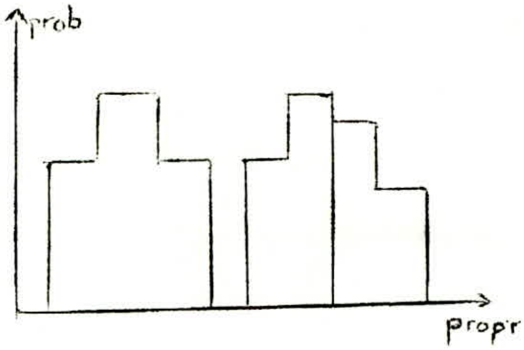
Le nombre d'élements d'un alphabet est fini et $\geqslant$ 2

On peut trouver deux situations possibles .

a) Situation déterministe :

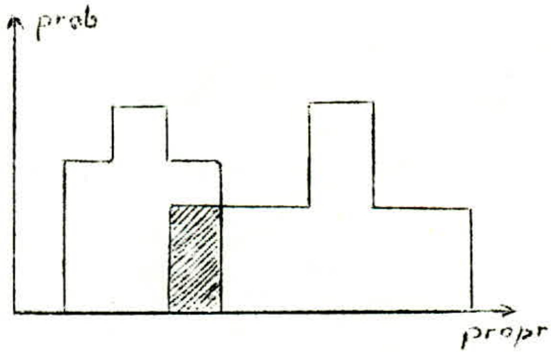
où chaque domaine correspond à une seule classe .

Les domaines sont disjoints.



b) Situation probabilistique :

où les domaines peuvent avoir des élements en commun .



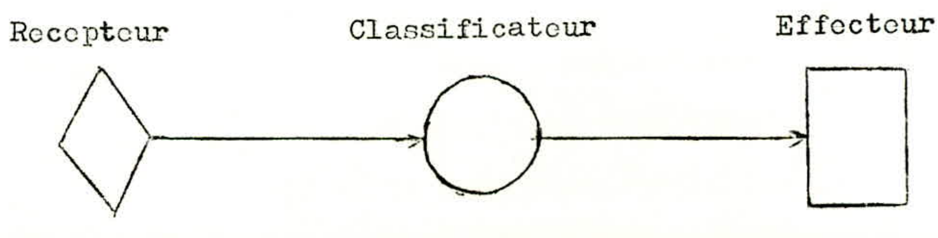
2 - STRUCTURE DES AUTOMATES RECONNAISSANT

Chaque automate reconnaîssant a trois blocs possibles

I°) Bloc de mesure des paramètres-"Recepteur"

2°) Bloc de prise de décision-"Classificateur"

3°) Bloc de commande-"Effecteur" .

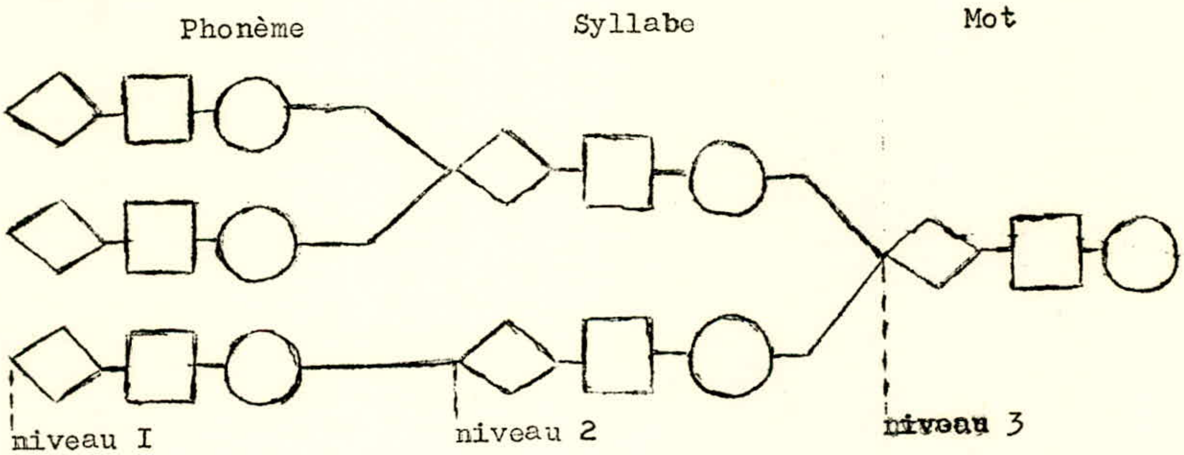


I°) <u>Recepteur</u> :Mesure les valeurs des paramètres x,
définit les propriétés du signal reçu,
détermine le domaine dans lequel appartient
le point représentatif de l'objet (image).

2°) <u>Classificateur</u>:Utilise les règles de Décision D,
détermine le domaine dans lequel appatient
le signal reçu (l'image).

3°) <u>Effecteur</u> :Donne les résultats définitifs.

Dans les structures complexes,exemple la reconnaissance de la parole,on construit des chaines d'automates qui reconnaissent les differents niveaux.



A chaque niveau on a les mêmes structures d'automates

3 - Principaux types de tâches de reconnaissance.

En général,on a deux types de coût :

N_I = Coût de procedure

N_2 = Coût de perte.

En pratique le constructeur doit minimiser les dépenses N

$$N = N_I + N_2$$

N_I : permet d'évaluer le volume de mémoire utilisé par l'automate,
le nombre d'opérations à effectuer,
le coût de l'équipement auxiliaire .

N1 = N(D) + N(X) + N(S)

N(D) = Coût des régles de décision

N(X) = coût de mesure des propriétes.

N(S) = coût de description des étalons

Le coût de perte N2 dépend de la matrice C des coûts des erreurs de Reconnaissance.

La matrice C est une matrice carrée où les élements

	A	B	C	D	E
A	0	0	10		.
B	1	0	.		16
C	0	–	0	1	–
D	0	1	0	0	-
E	–	–	–	–	0

Les élements representent les coûts des erreurs et des confusions possibles entre 2 objets.

<u>Exemple :</u> C (E/B) = 16 → Le coût de décider E Alors qu'on a B est égal 16

Pour completer le matrice des coûts on doit lui adjoindre une autre matrice R des probabilités des erreurs.

$$\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & \cdots & \cdots & r_{nn} \end{bmatrix}$$

r_{21} = Prob. (A/B)

= Probabilité de décider A alors qu'on a B

Le coût de perte N2 est donc une fonction de C et de R.

$$N2 = N\ (C,R)$$

Les depenses totales $N = \sum(N1 + N2)$

doivent être inférieures on égales a une quantité maximale No qu'on ne doit pas dépasser.

No est fixée d'avance.

$$\underline{N \leqslant No}$$

si N1 = constante → on peut diminuer les dépenses N en diminuant seulement N2 et on peut diminuer N2 en diminiant seulement R.

Il existe 3 taches de reconnaissance pour un automate.

Dans chaque tache on trouve 3 élements caractéristiques:

(X, D, S)

X = ensemble des propriétes

D = ensemble des regles de décision

S = Alphabet des images.

1°) <u>type de tâche</u>:

on se fixe 2 eléments : la liste des images S

la liste des proprietes X

On doit choisir la règle de décision D qui permet de reconnaitre les eléments de S dans l'éspace des X avec une dépense N $\leqslant$ No

2°) <u>Type de tâche</u>:

(On se donne S
(" " " D

On doit chercher le système de propriétés (X) qui satisfait S et D mais de façon à minimiser les dépenses des mesures.

3°) <u>Types de tâche</u>: tâche de taxinomie

(on se donne X
(" " " D

On doit partager l'espace des X en élements S de façon à minimiser les coûts de N $\leqslant$ No.

4 - CLASSIFICATEUR D'IMAGES

4-1- MODELE BASIQUE

Un ensemble de données classifiées est un ensemble de d nombres réels x_1, x_2 ....., x_d, un tel ensemble est appelé "Image"
on représente ce dernier dans un espace euclidien E^d par un point dont les réels x_1, x_2...., x_d constituent les composantes.

On appelle classificateur d'images un automate qui trie les images en alphabets (Domaines) distincts. Supposons que les images sont classées en un nombre R de Domaines le domaine N° i (exemple i=R) peut être vide. cela correspond à un cas d'indecision le point représentatif se trouve sur la frontière de décision.

Exemple pour R = 3.

Domaine	Prédiction du climat
1	Il pleuvra demain
2	non
3	Indecision

Le modèle de base est un automate à d inputs et 1 output.

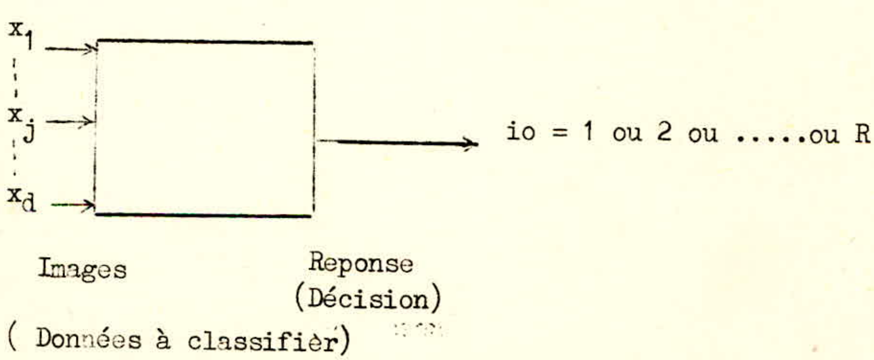


fig 2 - 7 Classificateur d'images

Chaque valeur de la réponse indique la décision à prendre (dans quel domaine appartient l'image donnée).

4 - 2 FRONTIERE DE DECISION DANS L'ESPACE DES IMAGES

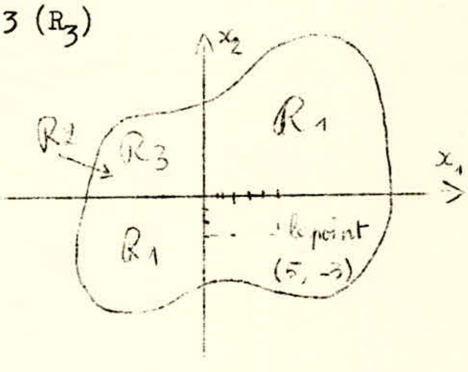
Chaque image peut être représentée, dans un espace euclidien à d dimensions E^d appelé espace des images, par un point M dont les coordonnées r rectangulaires sont les nombres réels x_1, x_2 .... x_d.

Le vecteur OM représente l'image donnée.

Le classificateur d'image est ainsi un automate qui groupe les points de E^d en domaines numérotés de 1 à R.

On représente par Ri la classe des points de E^d groupés dans le domaine i. Alors pour chaque domaine nous avons une classe de points de E^d designée par l'un des synboles R_1, R_2, ...,R_r

Comme exemple considerons un espace à 2 dimensions d=2 etR=3. Un point dans le plan peut être soit dans la région 1 (R1) soit dans région 2(R2) soit dans la région 3 (R_3)



Le point (5, -3) est placé dans le domaine 2

Notons que les domaines sont séparés l'un de l'autre par des surfaces appelées frontière de décision (ce sont des courbes dans le plan E^2).

En général la frontière de décision divisé E^d en R régions appelées régions de décision.

La région n° i est l'ensemble des points inclus dans le domaine i. on considère que les images contenues dans la frontière de décision n'appartiennent à aucune région de décision.

4 - 3. FRONTIERE DECISIVES

Les frontières de décision d'un classificateur d'image peuvent être définies par un ensemble de fonctions contenant R élements. Soient $g_1(X)$, $g_2(X), \ldots\ldots, g_R(X)$ des fonctions de l'image X on les appelle "fonction décisive"

Elles sont telles que pour tout $X \in Ri$ nous avons:

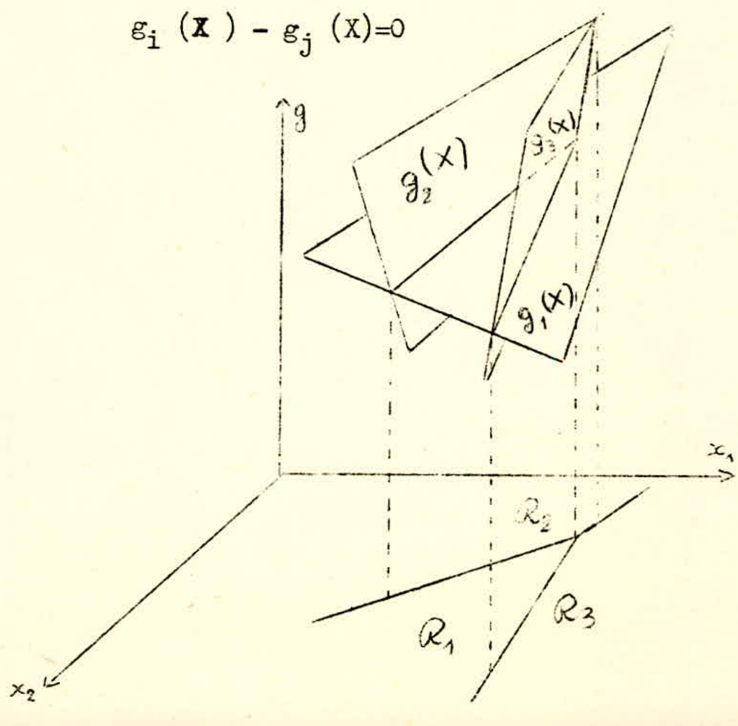
$$gi(X) \quad g_j(X) \text{ pour } i, j = 1, \ldots, R, j \neq i$$

La i fonction decisive a la plus grande valeur.

Les fonctions décisives sont continus sur les frontières de decision.

La frontière de décision qui sépare deux régions adjacentes R_i et R_j est donnée par:

$$g_i(X) - g_j(X) = 0$$



$g_1(X)$, $g_2(X)$ et $g_3(X)$ sont trois fonctions decisives.

Notons que les frontières de décision dans le plan(x_1, x_2)

sont données par les projections des intersections des fonctions décisives.
La forme des frontières de décision ne précise la nature des fonctions décisives; on peut ajouter une même constante quelconque à toutes les fonctions décisives sans changer la nature implicite des frontières de décision.

La fonction décision du classificateur d'images utilise R discriminateurs qui chacun calcule la valeur d'une fonction décisive.

Un cas particulier est celui où on a 2 domaines R=2. Le selecteur maximum décide lequel est le plus grand $g1(X)$ ou $g_2(X)$, et ceci aprés évaluation du signe de la différence:

$$g(X) = g1(X) - g2(X)$$

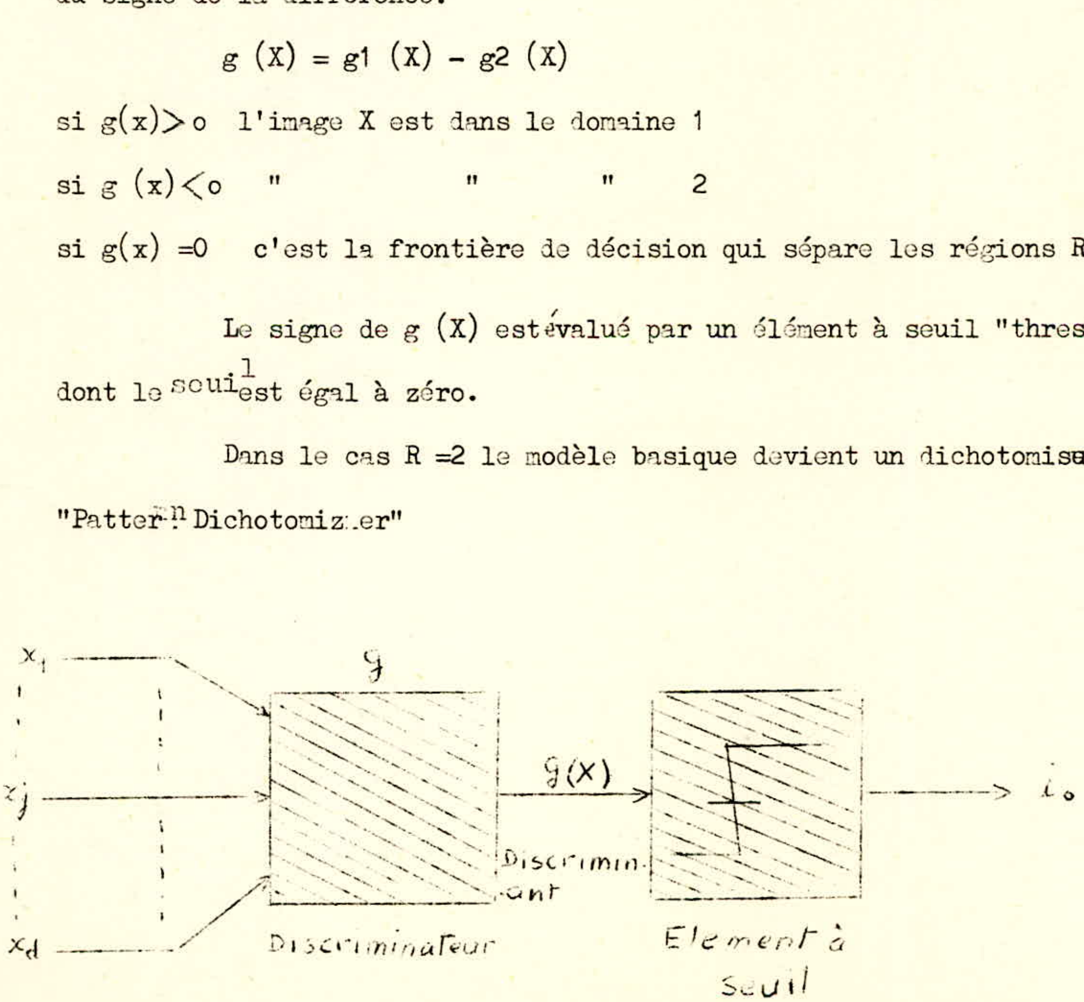
si $g(x) > o$ l'image X est dans le domaine 1

si $g(x) < o$ " " " 2

si $g(x) = 0$ c'est la frontière de décision qui sépare les régions R_1 et R_2

Le signe de $g(X)$ est évalué par un élément à seuil "threshold élément" dont le seuil est égal à zéro.

Dans le cas R =2 le modèle basique devient un dichotomiseur "Pattern Dichotomizer"



4 - 4. CLASSIFICATION PAR DISTANCE MINIMALE:

Ceci est une extension du chapitre 1 des similarités.

Soient R points P_1, P_2..... P_R dans E^d. La distance euclidienne entre un point quelconque X et P_i est :

$$|X - P_i| = \sqrt{(X - P_i)(X-P_i)}$$

Le classificateur par distance minimale place chaque point X dans le domaine i_o associé au point Pi_o qui est le point $Pi(i=1, \ldots, R)$le plus proche de X

On obtient une classification équivalente en comparant les carrés des distances $|X - Pi|$ $i = 1, \ldots, R$

$$/X - Pi/^2 = (X-Pi)(X-pi)=X.X-2X.Pi+Pi.Pi$$

La classification est obtenue en comparant les expressions $X.Pi-\frac{1}{2}PiPi$ pour $i = 1, \ldots, R$ et en selectionnant la plus grande en valeur numérique. Dans ce cas la fonction décisive est donnée par:

$$gi(X) = X.Pi - \frac{1}{2} Pi.Pi \quad i=1, \ldots, R$$

Le classificateur par distance minimale est une machine linéaire.

CHAPITRE 3

POSITION ET METHODES DE RESOLUTION DES TACHES DU 1ER TYPE

1 - METHODES PARAMETRIQUES D'APPRENTISSAGE

1 - 1. PROBABILITES

Soit $P(X/i)$ la probabilité pour que l'image X appartienne au domaine i. Les $P(X/i)$ sont des fonctions connues d'un nombre fini de paramètres caractéristiques dont les valeurs ne sont pas connues à priori.

Exemple : $P(X/i)$, $i=1,\ldots,R$ peut être une densité normale de probabilité de moyenne inconnue.

La regle de décision de Bays s'écrit;

$$P(j/X) = \frac{P(X/j)\cdot P(j)}{P(X)} \qquad (3\text{-}1)$$

avec $P(j/X)$ = probabilité pour que X, donné, appartienne au domaine j

$P(j)$ = Probabilité pour que le domaine j $\neq \emptyset$

$P(X)$ = " " " l'image X $\neq \emptyset$

considérons la fonction suivante.

$$(3\text{-}2) \qquad L_x(i) = \sum_{j=1}^{R} \lambda(i/j)\, P(j/X) \quad i=1,\ldots,R$$

$\lambda(i/j)$ = la perte encourue quand la machine place une image dans le domaine i alors qu'elle devrait être dans j.

1°) Image X est présentée à la machine

2°) La machine calcule $L_x(i)$ pour $i=1,\ldots,R$

3°) La machine décide que X appartient au domaine i_o, qui minimise la fonction, tel que:

$$Lx(io) \leqslant Lx(i) \text{ pour tout } i=1,\ldots,R$$

Des deux relations (3-1) et (3-2) on peut écrire.

$$Lx(i) = \frac{1}{P(X)} \sum_{j=1}^{R} \lambda(i/j)\, P(X/j)\, P(j) \quad (3\text{-}3)$$

Le problème est alors de minimiser la quantité Lx(i) pour trouver le i optimal qui nous concerne.

En calculant Lx(i) pour i=1,...,R on constate que la quantité $\frac{1}{P(X)}$ devient un facteur commun.

minimiser (3-3) revient alors à minimiser

$$l_x(i) = \sum_{j=1}^{R} \lambda(i/j)\ P(X/j)\ P(j) \qquad (3\text{-}4)$$

1-2- FONCTION DE PERTE.

Les calculs seront simplifiés avec une fonction de perte du type:

$$\lambda(i/j)=1-\delta_{ij} \qquad (3\text{-}5)$$

δ_{ij} est la fonction delta de Kronecker qui a pour valeur unité quand i=j et zéro ailleurs. Les relations (3-4) et(3-5) donnent:

$$l_x(i) = P(X) - P(X/i).P(i) \qquad (3\text{-}6)$$

On constate que pour minimiser $l_x(i)$ on doit maximiser la quantité P(X/i).P(i) . Si tous les alphabets sont égaux en probabilité (P(i)=1/R i=1,...,R) la machine va seulement calculer P(X/i) pour tout i=1,...,R et choisit le i optimal. Une telle décision est appelée decision à probabilité maximum.

La fonction décisive sera alors de la forme:

$$g_i(X) = P(X/i)\ P(i) \text{ pour } i=1\ ,....,R$$

On peut aussi utiliser l'expression alternative.

$$g_i(x) = \log P(x/i) + \log P(i) \text{ pour } i=1,....,R$$

qui mène à la même solution vu que la fonction log est monotone et croissante.

2 - METHODE DETERMINISTE ET PSEUDO STATISTIQUE

Dans ces taches sont données:

- Les élements d'alphabet des images $S = \{ si \}$ $i=1,\dots,K$

- Les représentants concrets de si qui ont donné comme échantillon d'apprentissage $Zap = \{ ziap \}$ $i = 1, K, K \geqslant 2$

- Système de propriétés $X = (X_l)$ $l = 1,n$, $n \geqslant 1$

- Valeur de pertes permises No

$$No = N(R) + N(D, X, S)$$

$N(R)$ = coût des pertes attendues

$N(D, S, X)$ = coût de la réalisation des élements de procedure.

Il faut trouver une fonction décisive $D = \{ d_n \}$ $n=1, c$, $c \geqslant 1$ qui donne le min des dépenses N avec les contraintes S, X et min $N \leqslant No$.

Le choix du type de D s'éffectue dans un ensemble fini de fonctions. Si v est le numéro d'information $D(v =1, V)$

Il faut trouver un v tel que:

$$v = \text{argu min } N(Dv) \;/\; S, X, Zap, H, No$$

c'est l'ecriture des taches de 1er type.

Les fonctions décisives plus souvent utilisées sont:

les fonction utilisant les critères statistiques.

- de Bayes
- de Vald
- Neuman-Pearson

Ces fonction marchent bien quand les densités des repartitions des ensembl des k images $P_1, \dots, P_k$ sont connues, mais en réalité les densités peuvent être définies seulement par la sequence d'apprentissage $Zap=\overline{P}_1, \overline{P_2}, \dots, \overline{P}_k$

La plus souvent utiliséé est la méthode de Bayes que nous allons decrire formellement.

Les repartitions sont considérées normales:

$$f(x) = Ke^{-0,5 \alpha (x-\mu)^2} = Ke^{-(x-\mu) \alpha (x-\mu)/2}$$

$\alpha > 0$

K = Multiplicateur normal.

Par analogie, la repartition à n dimensions est :

$$f(x1, \ldots, x_n) = ke^{-(X-M)' \cdot A(X-M)/2}$$

Ici K est choisi de telle manière que l'integrale de f soit égale à 1, $K > 0$

A est une matrice $A = \left\| \begin{array}{c} a_n \ldots a_{1n} \\ \hline a_n \ldots a_{nn} \end{array} \right\|$

La constante μ et la variable x sont des vecteurs

On peut alors écrire:

$$f(x_1, \ldots, x_n) = (2\pi)^{-n/2} \sqrt{|A|} \cdot e^{-(X-M)' \cdot A(X-M)/2}$$

M = espérence mathématique. du vecteur X.

A est la matrice inverse à la matrice des covoriances des composantes de X, $M = M(X)$, $A = V^{-1}$

En posant $(X-M)' V^{-1} (X-M) = Q^{-1}$

On peut écrire :

$$f(x_1 \ldots x_n) = (2\pi)^{-n/2} |V|^{-1/2} e^{-0,5 Q^{-1}}$$

Les critère statistiques supposent que les densités des repartitions des K images sont connues

$P1(X), P_2(X), \ldots, P_k(X)$

Démontrons le cas de définition des frontières décisives quand les repartition normales et les matrices des covariations de tous les images sont égales: $V_1 = V_2 = \ldots\ldots = V_k$

Le rapport des probabilités de la presence de X dans i et dans j s'appelle rapport de vraisemblance.

$$\frac{Pi\ (X)}{P_j\ (X)} = e^{0,5\ (Qj^{-1} - Q_i^{-1})}$$

$$\text{ou } \ln \frac{Pi\ (X)}{P_j\ (X)} = \frac{1}{}\ (Q_j^{-1} - Q_i^{-1}) = Uij\ (X)$$

En accord avec le critère de Bayes : si $Uij \geqslant 0$, le point X appartient au domaine i et si $Uij < o$, $X \in j$

La frontière optimale entre les images i et j est représentée par l'équation : $Uij\ (X)=0$.

$$U_{ij}(X) = \frac{I}{2}(Q_j^{-I} - Q_i^{-I}) = X' V^{-I}(M_i - M_j) - \frac{I}{2}(M_i + M_j)' V^{-I}(M_i - M_j)$$

Si les paramètres de X sont indépendants les matrices V et V^{-1} sont diagonales.

$$V = \begin{vmatrix} \sigma_1^2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_2^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sigma_n^2 \end{vmatrix} \qquad V^{-1} = \begin{vmatrix} 1/\sigma_1^2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1/\sigma_2^2 & & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & & 1/\sigma_n^2 \end{vmatrix}$$

$$U_{ij}(X) = \sum_{i=I}^{m} \left(\frac{\mu_i^{(l)} - \mu_j^{(l)}}{\sigma_l^2}\right) x_l - \frac{I}{2} \sum_{i=I}^{n} \left[\frac{u_i^{l^2} - u_j^{l^2}}{\sigma_l^2}\right] = 0$$

Auprés simplification cette équation donne les frontières de décision qui sont des hypersurfaces :

$$Uij\ (X) = \sum_{i=1}^{n} a_l^{ij}\ xl - a_o^{ij} = 0$$

Si nous mettrons dans cette équation les valeurs de X nous recevons U_{ij} dont le signe indiquera l'appartenance de l'image X dans le domaine i ou j.

Ceci donne un exemple de la construction d'une fonction décisive dans le cas idéal. La base de ces méthodes est l'hypothèse de la compacité indiquant que les réalisation d'une seule image se reflettent dans des domaines géométriques proches de l'espace et que l'ensemble général est reparti suivant une loi unimodale (par exemple, normale) dont les caractéristiques se précisent par le sequence d'apprentissage.

Ce qui est d'actualité aujourd'hui c'est la construction d'un système de reconnaissance qui utilise les propriétés choisies des images et leurs relations

On peut supposer que les relations entre les propriétés caractéristiques donnent l'information principale pour la classification et que les relations ont l'invariance par rapport aux deformations des images.

Cette approche syntaxique doit être étudiée sur un exemple pour apprécier ses qualités.

3 - CHOIX DES PROPRIETES INFORMATIVES

Soit X l'espace des propriétés à q dimensions

et Y l'espace à n dimensions $n \leqslant q$, tel que: $Y = F(X)$

et qui peut être décrit comme suit:

$$\left(\begin{array}{l} y_1 = f_1(x_1, \ldots, x_q) \\ \vdots \\ y_n = f_n(x_1, \ldots, x_q) \end{array} \right.$$

Les régles décisives dans X + Y sont linéaires. La procedure de reconnaissance peut être decrite comme une reflexion des ensemble X et Y sur l'ensemble S des images.

$S = \Psi'_x(X)$

$S = \Psi''_y(Y)$

On peut déduire : $S = \Psi'_y \left[F(X) \right] = \phi(X)$

ϕ est une composition sequentielle des reflexions F et Ψ_y.

Les critères d'informativite des proprietes peuvent être:

- Valeurs des pertes R de la classification
- Rapport $\Omega = \dfrac{I}{N}$

I = Information utile d'un parametre

N = dépenses de ses mesures

Ω= éfficacité d'une propriété.

Les propriétes peuvent être qualitatives et quantitatives.

- Les propriétes qualitatives ont deux valeurs 1 - 0 ; appartenance on absence d'une proprieté.

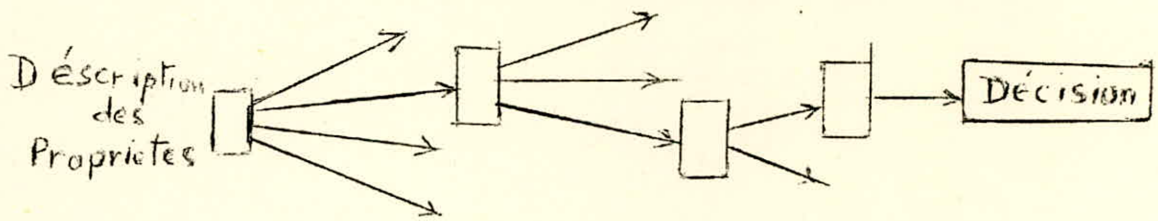
- Les Proprietes quantitatives penvent être mesurées, par exemple dans notre cas, elles sont géometriques mesurables, analyse des propriétes géometriques types, expressions etc....

CHAPITRE 4 _ MODELE DYNAMIQUE ET SEQUENTIEL DE RECONNAISSANCE

I - INTRODUCTION

Pour résoudre un problème,il est préferable d'utili--ser les moyens les plus rapides et les plus simples pour la progra--mmation .

Dans la reconnaîssance des images,on va utiliser l'analyse sequentielle qui se présente sous forme arborescente .



Exposons cette methode en l'appliquant à notre probl--ème de reconnaîssance .

On va tester l'existance des propriétés (symboles, relations)dans l'ordre alphabétique décrit ci-après :

AI,A2,........,A9,BI,.........,B9,CI,.......,D9,FI,F2,F3,F4
I, 2,............., 9, I,.........., 9, I, 2,...., 5 .

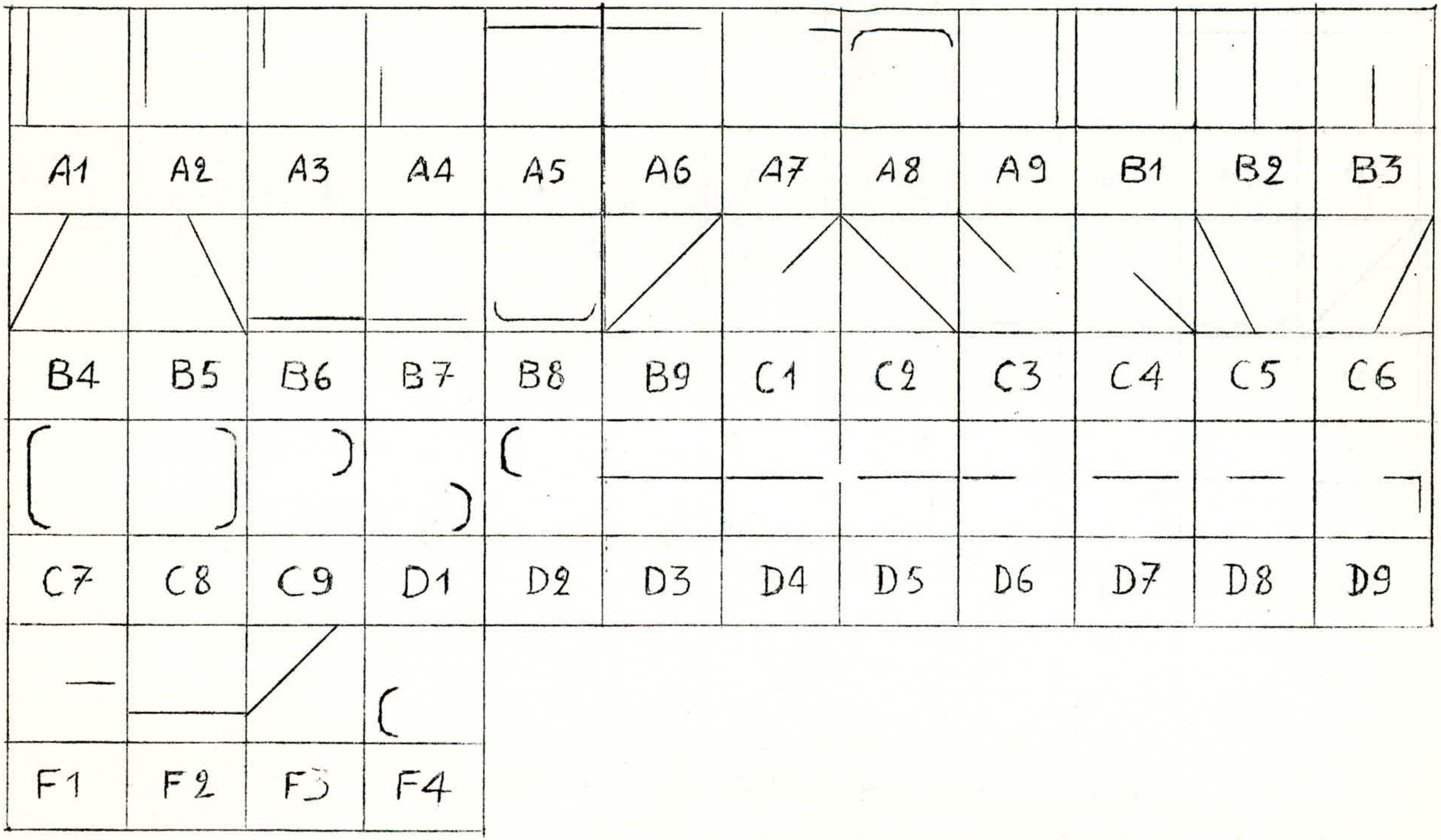
Si une propriété éxiste,la variable correspondante vaudrait l'unité sinon zéro .On utilise la compilation en créant des niveaux différents et des hiérarchies différentes (branches) .

2 - ECRITURE ET DESCRIPTION DES ETALONS

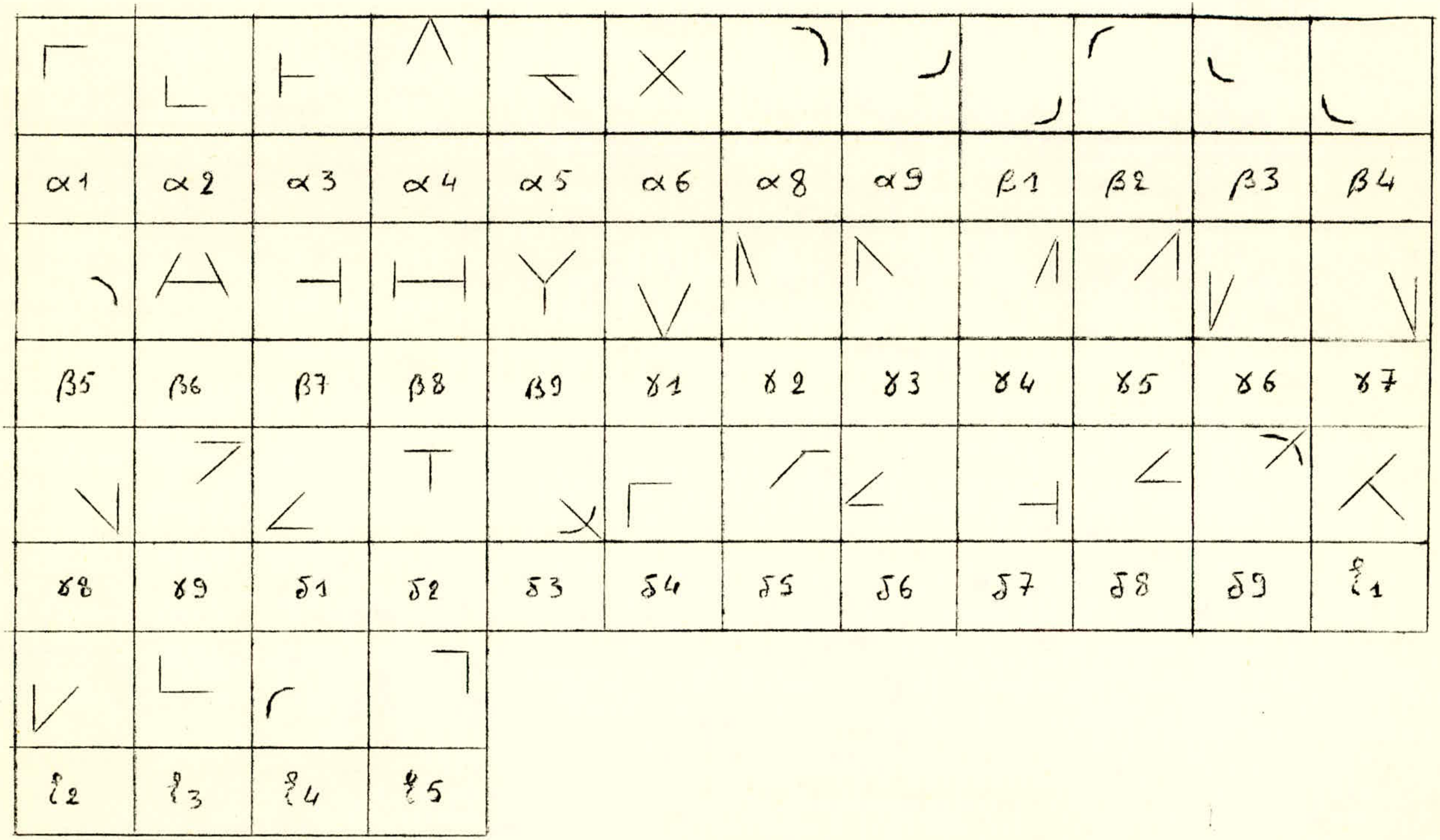
On a écrit les propriétés quantitatives (symboles, relations),de tous les caractères alphanumériques;de A à Z et de O à 9 dans un ordre choisi arbitrairement .

Les symboles sont désignés par les codes suivant :
AI, A2,............,A9, BI,..........,B9, CI,...........,C9, DI,...
......,D9, FI, F2, F3, F4 .

TAB (4-2) (a)


A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
A8
A9
B1
B2
B3
B4
B5
B6
B7
B8
B9
C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
C9
D1
D2
D3
D4
D5
D6
D7
D8
D9
F1
F2
F3
F4

TAB (4-2) (b)


α1 α2 α3 α4 α5 α6 α8 α9 β1 β2 β3 β4
β5 β6 β7 β8 β9 γ1 γ2 γ3 γ4 γ5 γ6 γ7
γ8 γ9 δ1 δ2 δ3 δ4 δ5 δ6 δ7 δ8 δ9 ξ1
ξ2 ξ3 ξ4 ξ5

..........,D9,FI,.........,F4 .

Et les relations par:

I,..............,A9,AI,.............,C9,DI,..............,D5 .

Ces etalons sont tous représentés dans le tableau(4-2) ci-contre .

3 - ALGORITHME DYNAMIQUE

3-I. Si AI=I.---->Il existe I2 caractères alphabétiques qui contiennent
Si AI=0.
GO TO (32) la propriété AI=I.

B ---->(AI,A6,B7,C9,DI,D4) ;symboles contenus dans B .

D ---->(AI, A6, B7, C8)

E ---->(AI, A5, B6, D6)

F ---->(AI, A5, D6)

H ---->(AI, A9, D3)

K ---->(AI, B9, C4)

L ---->(AI, B6)

M ---->(AI, A9, C5, C6)

N ---->(AI, A9, C2)

P ---->(AI, A6, C9, D4)

R ---->(AI, A6, C4, C9, D4)

W ---->(AI, A9, B4, B5)

3-I-I. Si A5=I. E ---->(AI, A5, B6, D6)
Si A5=0.
GO TO(3I2) F ---->(AI, A5, D6)

3-I-I-I. Si B6=I. -- E ---->(AI, A5, B6, D6)
Si B6=0.
GO TO(3II2)

3-I-I-I-I. Si D6=I.

XI=I

X2=I ----> Lire "E"

```
            3=I

        sinon "CI" (Caractère Inconnu)

3-I-I-2.Si D6=I.      F ---> (AI, A5, D6)
        Si D6=0.
        "CI"          Si I=I
                                   ----> Lire "F"
                         3=I

                      sinon:"CI"

3-I-2.Si A6=I.        B ---> (AI, A6, B7, C9, DI, D4)
      Si A6=0.
      GO TO(3I3)      D ---> (AI, A6, B7, C8)

                      P ---> (AI, A6, C9, D4)

                      R ---> (AI, A6, C4, C9, D4)

3-I-2-I.Si B7=I.      B ---> (AI, A6, B7, C9, DI, D4)
        Si B7=0.
        GO TO(3I22)   D ---> (AI, A6, B7, C8)

3-I-2-I-I.Si C8=I.    D ---> (AI, A6, B7, C8)
          Si C8=0.
          GO TO(3I2I2)   Si I=I

                            2=I
                                   ----> Lire "D"
                            8=I

                            I=I

                         sinon:"CI"

3-I-2-I-2.Si C9=I.    B ---> (AI, A6, B7, C9, DI,
          Si C9=0.          D4)
          "CI"
                      SiDI=I

                         D4=I

                         I=I

                         2=I

                         3=I     ----> Lire "B"

                         8=I
```

```
                                        9=I
                                        I=I
                                        5=I
                                   sinon:"CI"

        3-I-2-2.Si C4=I.      R ---> (AI, A6, C4, C9, D4)
                Si C4=0.
             GO TO(3I23)      Si C9=I
                                 D4=I
                                  I=I
                                  3=I    ----> Lire "R"
                                  5=I
                                  8=I
                                  9=I
                              sinon:"CI"

        3-I-2-3.Si C9=I.      P ---> (AI, A6, C9, D4)
                Si C9=0.
                 "CI"         Si D4=I
                                  I=I
                                  3=I    ----- Lire "P"
                                  8=I
                                  9=I
                              sinon:"CI"

   3-I-3.Si A9=I.      H ---> (AI, A9, D3)
         Si A9=0.
      GO TO(3I4)       M ---> (AI, A9, C5, C6)
                       N ---> (AI, A9, C2)
                       W ---> (AI, A9, B4, B5)

        3-I-3-I.Si B4=I.      W ---> (AI, A9, B4, B5)
                Si B4=0.
             GO TO(3I32)      Si B5=I
                                  4=I
```

```
                              6=I          ---- Lire "[illegible]"

                              7=I

                         sinon:"CI"

     3-I-3-2.Si C2=I. ⇒ N --- (AI, A9, C2)
            Sinon
          GO TO(3I33)    Si  3=I
                                        ----> Lire "N"
                              8=I

                         sinon:"CI"

     3-I-3-3.Si C5=I. ⇒ M ---> (AI, A9, C5, C6)
            Sinon
          GO TO(3I34)    Si C6=I

                              I=I
                                        ---- Lire "M"
                              2=I

                              4=I

                         sinon:"CI"

     3-I-3-4.Si D3=I. ⇒ H ---> (AI, A9, D3)
            Sinon
            "CI"         Si  8=I        ----> Lire "H"

                         sinon:"CI"

3-I-4.Si B6=I. ⇒ L ---> (AI, B6)
      Sinon
    GO TO(3I5)   Si  2=I     -----> Lire "L"

                 sinon:"CI"

3-I-5.Si B9=I. ⇒ K --- (AI, B9, C4)
      Sinon
      "CI"       Si C4=I

                      I=I    -----> Lire "K"

                      2=I

                 sinon:"CI"
```

3-2. Si A2=I. sinon GO TO(33) ⇒ U ---> (A2, BI, B8)

Si BI=I
B8=I
I=I
4=I
-----> Lire "U"

sinon:"CI"

3-3. Si A3=I. sinon GO TO(34) ⇒ 5 ---> (A3, A5, B8, DI, D7)

Si A5=I
B8=I
DI=I
D7=I
I=I
I=I
5=I
3=I
-----> Lire "5"

sinon:"CI"

3-4. Si A4=I. sinon GO TO(35) ⇒ 2 ---> (A4, A8, B6, C9, D4)

Si A8=I
B6=I
C9=I
D4=I
2=I
8=I
9=I
4=I
-----> Lire "2"

sinon:"CI"

3-5.Si A5=I. sinon GO TO(36)

T ---> (A5, B2)

Z ---> (A5, B6, B9)

3 --->(A5, B8, CI, DI, FI)

7 ---> (A5, B9)

3-5-I.Si B2=I. sinon GO TO(352) → T ---> (A5, B2)

Si B2=I -----> Lire "T"

sinon:"CI"

3-5-2.Si B6=I. sinon GO TO(353) → Z ---> (A5, B6, B9)

Si B9=I
B9=I -----> Lire "Z"
BI=I

sinon:"CI"

3-5-3.Si B8=I. sinon GO TO(354) → 3 ---> (A5, B8, CI, DI, FI)

Si CI=I
DI=I
FI=I
BI=I -----> Lire "3"
B5=I
B9=I
B8=I

sinon:"CI"

3-5-4.Si B9=I. sinon → "CI" → 7 ---> (A5, B9)

Si B9=I -----> Lire "7"

sinon:"CI"

```
3-6.Si A7=I.    4 ---> (A7, A9, F2, F3)
    sinon
   GO TO(37)    Si A9=I
                    F2=I
                    F3=I
                     5=I     ------> Lire "4"
                     6=I
                     7=I
                     5=I
                sinon:"CI"

3-7.Si A8=I.    C ---> (A8, B8, C7)
    et B8=I.
     sinon      G ---> (A8, B8, C7, D9)
   GO TO(38)
                O ---> (A8, B8, B9, C7, C8)
                Q ---> (A8, B8, C4, C7, C8)
                O ---> (A8, B8, C7, C8)
                6 ---> (A8, B8, C7, DI, D7)
                8 ---> (A8, B8, C9, DI, D2, D7, F4)
                9 ---> (A8, B8, C8, D2, D5)

     3-7-I.Si B9=I.    O ---> (A8, B8, B9, C7, C8)
          sinon
        GO TO(372)    Si C7=I
                          C8=I
                           8=I
                           I=I     ------> Lire "O"
                           2=I
                           4=I
                           9=I
                      sinon:"CI"
```

3-7-2.Si C4=I. → Q ---→(A8, B8, C4, C7, C8)
sinon
GO TO(373)

Si C7=I
C8=I
8=I
I=I ------→ Lire "Q"
2=I
4=I
3=I

sinon:"CI"

3-7-3.Si C7=I. C ---→ (A8, B8, C7)
sinon
GO TO(374)

G ---→ (A8, B8, C7, D9)
O ---→ (A8, B8, C7, C8)
6 ---→ (A8, B8, C7, DI, D4)

3-7-3-I.Si C8=I. → O --- (A8, B8, C7, C8)
sinon
GO TO(3732)

Si 8=I
I=I
2=I -----→ Lire "O"
4=I

sinon:"CI"

3-7-3-2.Si DI=I. → 6 ---→ (A8, B8, C7, DI, D4)
sinon
GO TO(3733)

Si D4=I
3=I
I=I
2=I -----→ Lire "6"
4=I
5=I

sinon:"CI"

3-7-3-3.Si D9=I. ⇒ G ---> (A8, B8, C7, D9)
sinon
GO TO(3734)   Si I=I
2=I ------> Lire "G"
4=I
sinon:"CI"

3-7-3-4.Si 2=I
4=I -----> Lire "C"
sinon:"CI"

3-7-4.SiC8=I. ⇒ 9 ---> (A8, B8, C8, D2, D5)
sinon
GO TO(375) Si D2=I
D5=I
8=I
I=I -----> Lire "9"
2=I
3=I
7=I

3-7-5.Si C9=I. ⇒ 8 ---> (A8, B8, C9, DI, D2, D7, F4)
sinon
GO TO(376)   Si DI=I
D2=I
D7=I
F4=I
8=I
9=I
I=I ------> Lire "8"
2=I
3=I
4=I

5=I

4=I

sinon:"CI"

3-7-6.Si DI=I. S --- (A8, B8, DI, D2, D7)
sinon
"CI"
Si D2=I

D7=I

I=I

2=I ------ Lire "S"

3=I

5=I

sinon:"CI"

3-8.Si A9=I. I --- (A9, CI)
sinon
GO TO(39)
Si CI=I
-----> Lire "I"
5=I

sinon:"CI"

3-9.Si BI=I. J ---> (BI, B8)
sinon
GO TO(3IO)
Si B8=I
-----> Lire "J"
I=I

3-IO.Si B2=I. I ---> (B2) -----> Lire "I"
sinon
GO TO(3II)

3-II.Si B3=I. Y ---> (B3, CI, C3)
sinon
GO TO(3I2)
Si CI=I

C3=I ------> Lire "Y"

9=I

sinon:"CI"

3-I2.Si B4=I. → A ---→ (B4, B5, D8)
sinon
GO TO(3I3)   Si B5=I
D8=I
4=I ------→ Lire "A"
6=I

3-I3.Si B9=I. → X ---→ (B9, C2)
sinon
GO TO(3I4)   Si C2=I ------→ Lire "X"
6=I

3-I4.Si C5=I. → V ---→ (C5, C6)
sinon
"VIDE"   Si C6=I ------→ Lire "V"
I=I

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

Ci-après,on a les tableaux logiques (4-3) ,qui résument tout cet algorithme.Ils permettent une lecture rapide et une distinc--tion claire des caractères.Il regroupent ensembles ceux qui ont même nature; exemple:

(E, F);   (A, I, 4);   (B, R, P)

On a écrit les Organigrammes qui suivent en se basant sur ces tableaux.

Dans ces tableaux ,il y a des conventions qu'on doit expliquer:
- si le code lu est égal à l'unité on lit vers le bas (verticale) sinon on lit vers la droite (horizontale) .

En plus,on a :

→ Caractère Inconnu (CI)

→ VIDE (carte vierge)

TAB (4-3) (a)

A1																					A2		A3		A4		A5									A7		A8	
A5	A6						A9									B6		B9		□	B1	□	A5	□	A8	□	B2		B6		B8		B9		□	A9	□	B8	
	B7	C4		C9		□	B4		C2		C5		D3		□	α2	□	C4	□		B8	□	B8	□	B6	□	δ2	□	B9	□	C1	□	γ9	□		F_2	□	B9	
		C9	□	D4	□		B5	□	γ3	□	C6	□	B8	□		L		ξ1	□		β1	□	D1	□	C9	□	T		γ9	□	D1	□	7			F_3	□	C7	□
		D4	□	α1	□		α4	□	γ5	□	γ1	□	H					ξ2	□		β4	□	D4	□	D4	□			δ1	□	F1	□				F_5	□	C8	□
		α1	□	α3	□		γ6	□	N		γ2	□						K			U		α1	□	α2	□			Z		β1	□				δ6	□	α8	□
		α3	□	α8	□		γ7	□			γ4	□											β1	□	α8	□					β5	□				δ7	□	β1	□
		α5	□	α9	□		W				M												β5	□	α9	□					γ9	□				ξ5	□	β2	□
		α8	□	P																			ξ3	□	δ4	□					δ8	□				4		β4	□
		α9	□																				5		2						3							δ9	□
		R																																				Ø	
	C8		C9		□																																		
	α1	□	D1	□																																			
	α2	□	D4	□																																			
	α8	□	α1	□																																			
	β1	□	α2	□																																			
	D		α3	□																																			
			α8	□																																			
			α9	□																																			
			β1	□																																			
			β5	□																																			
			B																																				
B6	D6	□																																					
	α1	□																																					
	α3	□																																					
	F																																						
D6			□																																				
α1	□																																						
α2	□																																						
α3	□																																						
E																																							

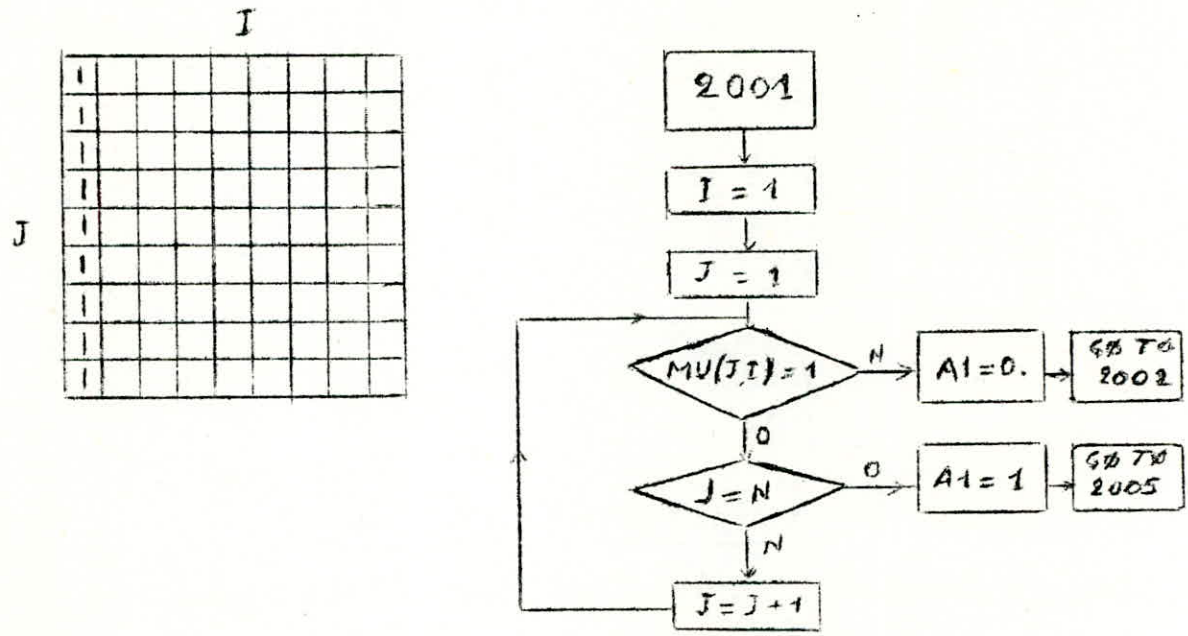
TAB (4-3) (b)

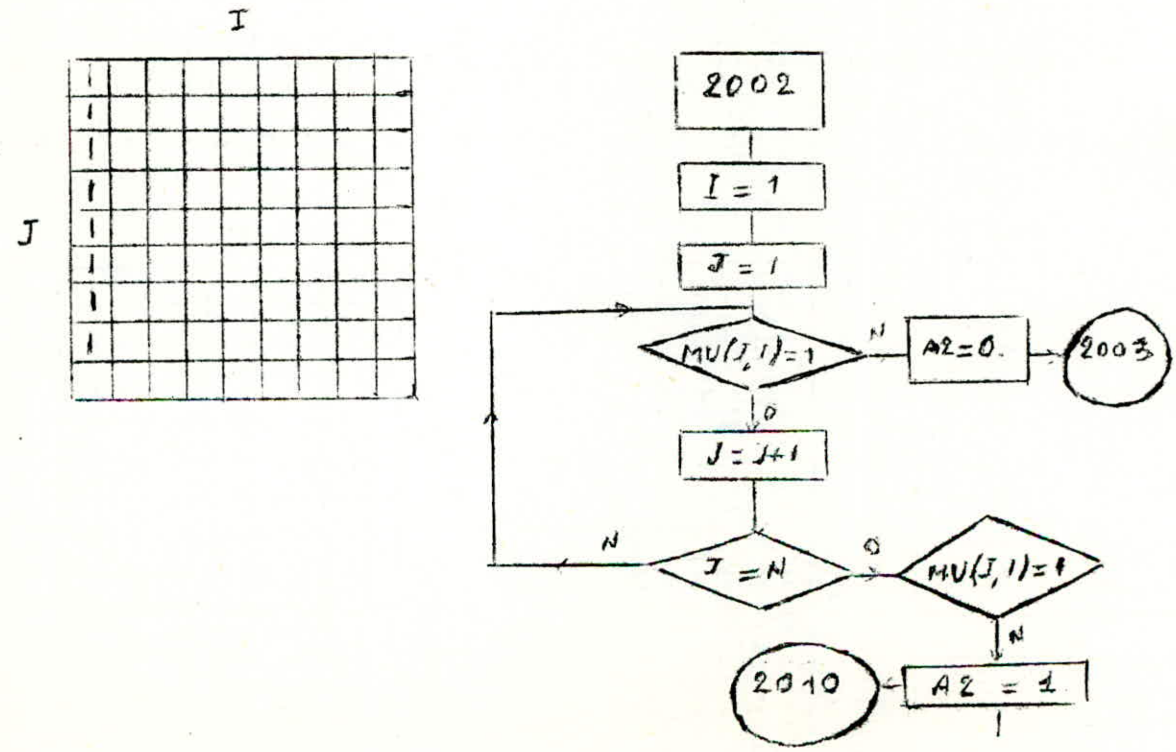
																		A9		B1		B2		B3		B4		B9		C5		⊡
																	□	C1	□	B8	□			C1	□	B5	□	C2	□	C6	□	
C4		C7								C8		C9		D1		□		γ5	□	β1	□			C3	□	D8	□	α6	□	γ1	□	
C7	□	C8		D1		D9		β2	□	D2	□	D1	□	β2	□			1		J				β9	□	α4	□	X		V		
C8	□	α8	□	D4	□	β1	□	β4	□	D5	□	D2	□	D7	□									Y		β6	□					
α8	□	β1	□	α3	□	β2	□	C		α8	□	D7	□	β1	□											A						
β1	□	β2	□	β1	□	β4	□			β1	□	F4	□	β2	□																	
β2	□	β4	□	β2	□	G				β2	□	α8	□	β3	□																	
β4	□	O		β4	□					β3	□	α9	□	β5	□																	
δ3	□			β5	□					β7	□	B1	□	S																		
Q				6						9		β2	□																			
												β3	□																			
												β4	□																			
												β5	□																			
												ξ4	□																			
												8																				
																															I										

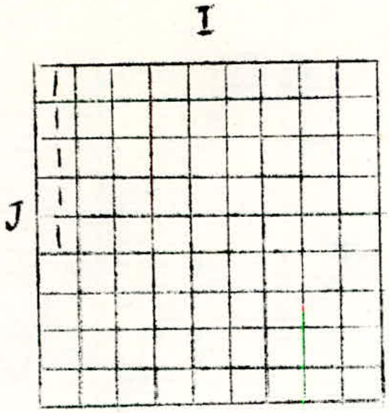
4)- Organigrammes

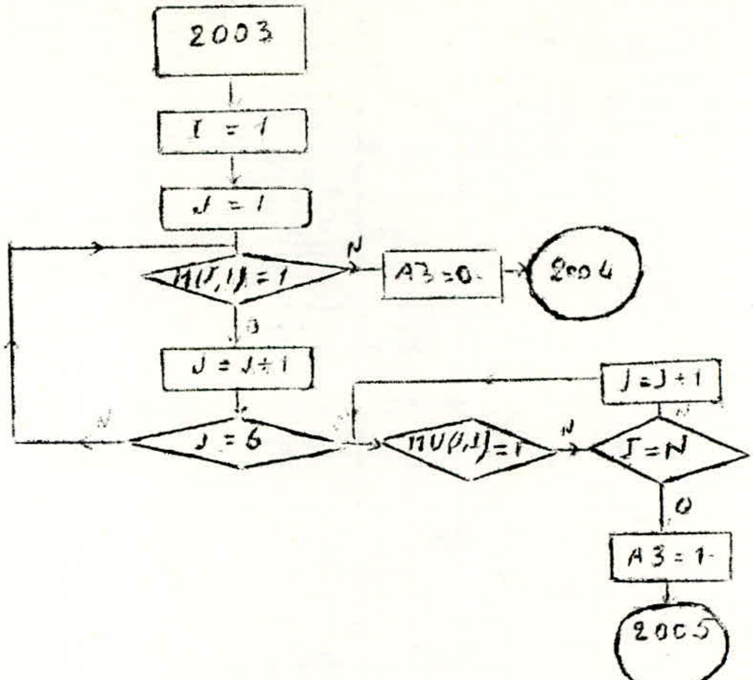
Les propriétés sont écrites dans des matrices $MU(J, I)$ de dimensions $N = 9$

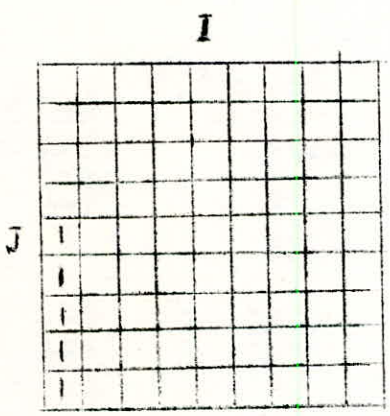
Appliquons l'Algorithme décrit ci-dessus pour reconnaître rapidement les caractères lus:

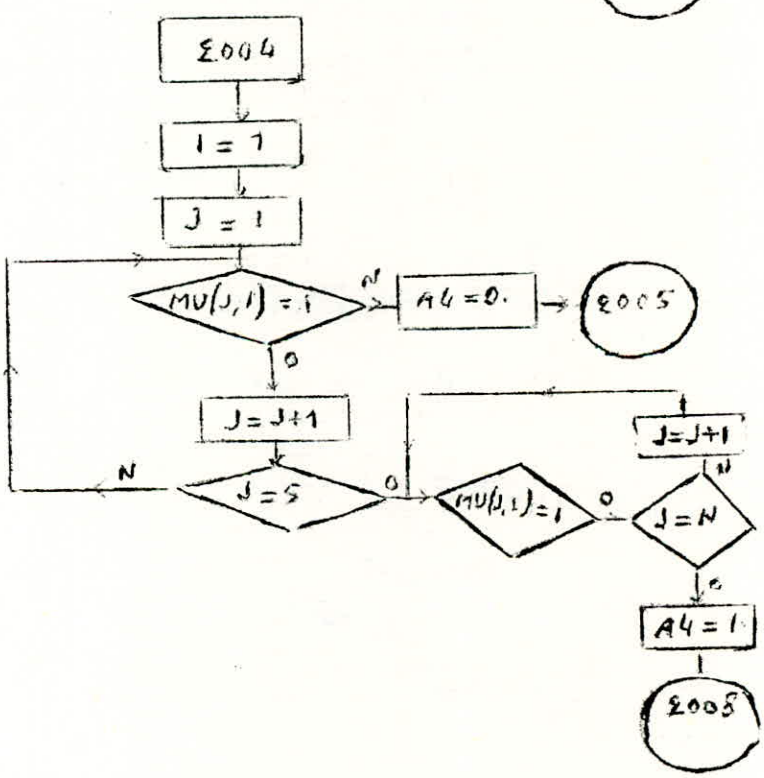


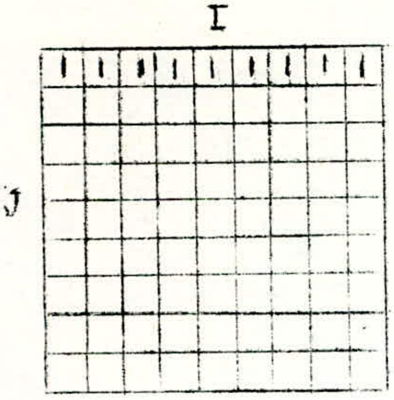


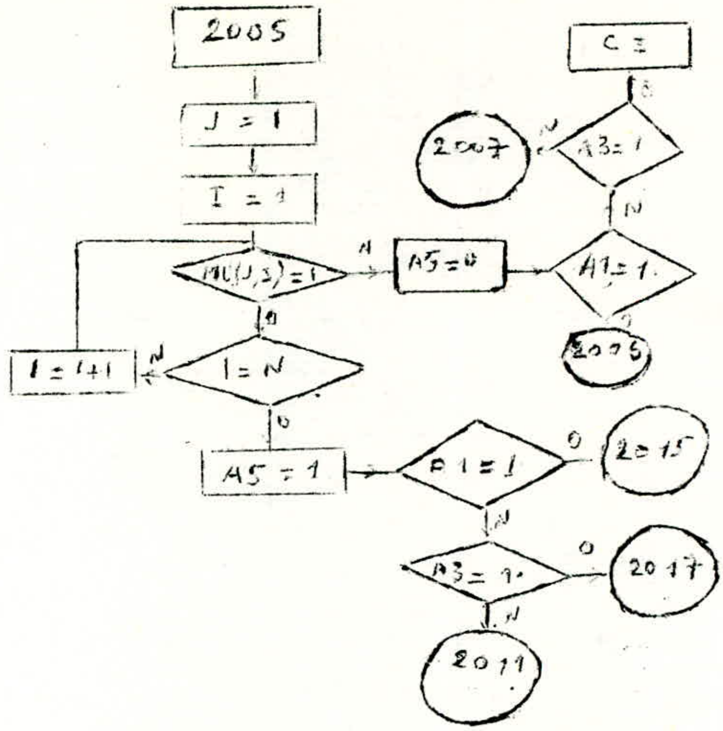

I
J
1
1
1
1
1

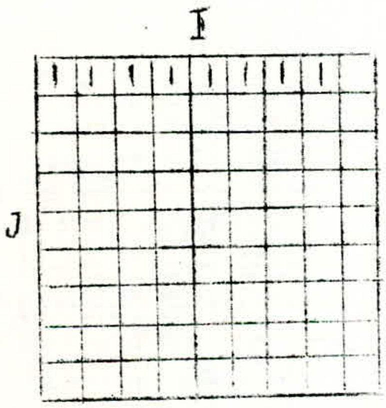

2003
I = 1
J = 1
MU(J,1) = 1
N
A3 = 0.
2004
O
J = J + 1
J = 6
N
MU(J,1) = 1
N
J = N
J = J + 1
O
A3 = 1.
2005

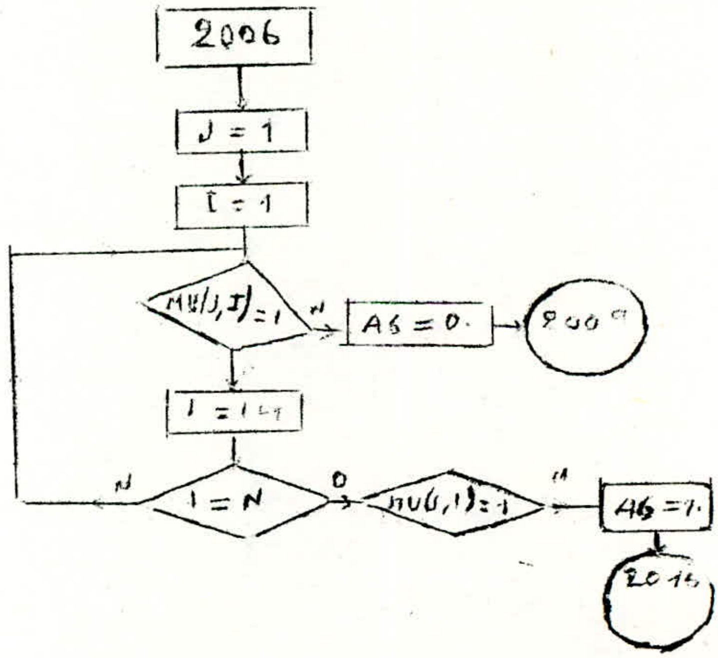

I
J
1
1
1
1
1

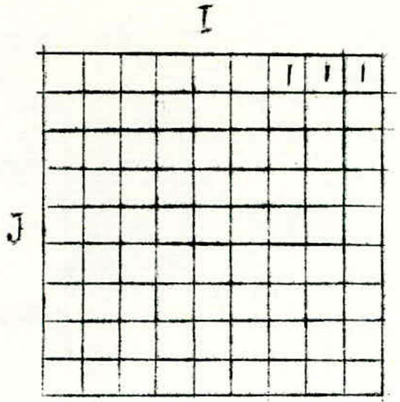

2004
I = 1
J = 1
MU(J,1) = 1
N
A4 = 0.
2005
O
J = J+1
N
J = 5
O
MU(J,1) = 1
O
J = N
N
J = J+1
O
A4 = 1
2005

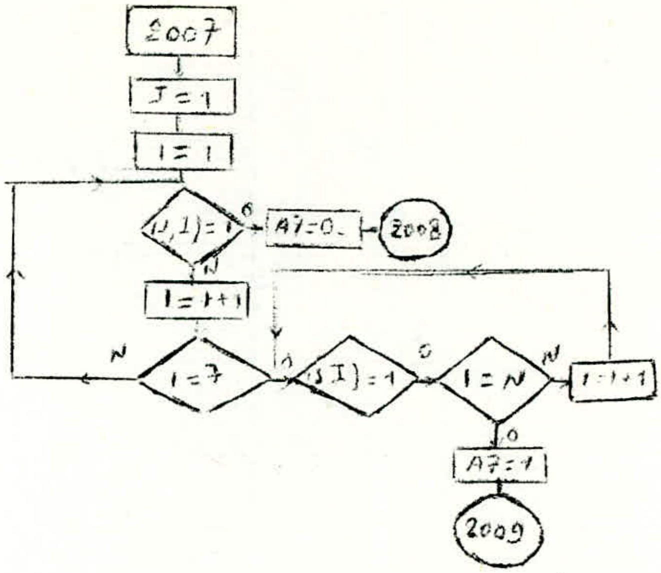

I
J
1 1 1 1 1 1 1 1 1

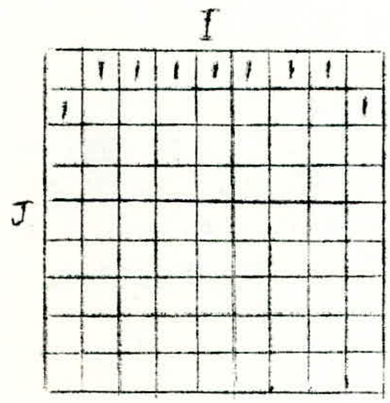

2005
J = 1
I = 1
MU(J,I) = 1
A5 = 0
A1 = 1.
A3 = 1
C =
2007
I = I+1
I = N
A5 = 1
A1 = 1
2015
A3 = 1.
2017
2011

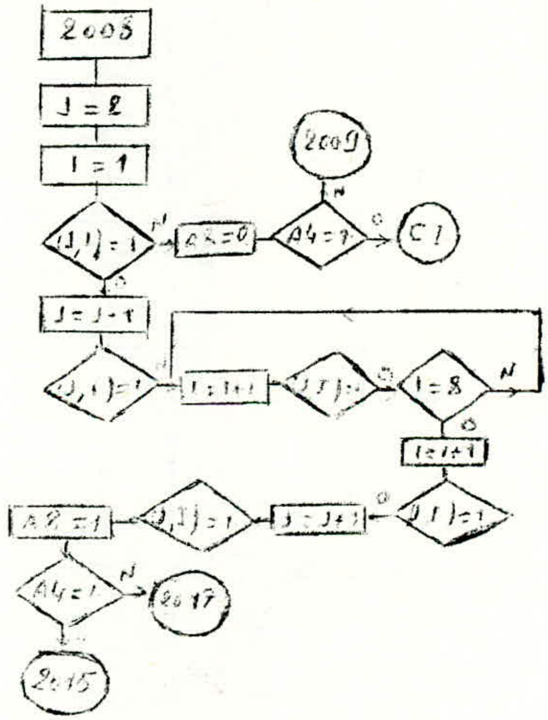

I
J
1 1 1 1 1 1 1 1


2006
J = 1
I = 1
MU(J,I) = 1
A6 = 0.
I = I+1
I = N
MU(J,I) = 1
A6 = 1.



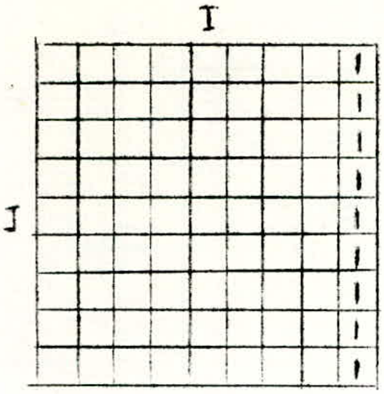


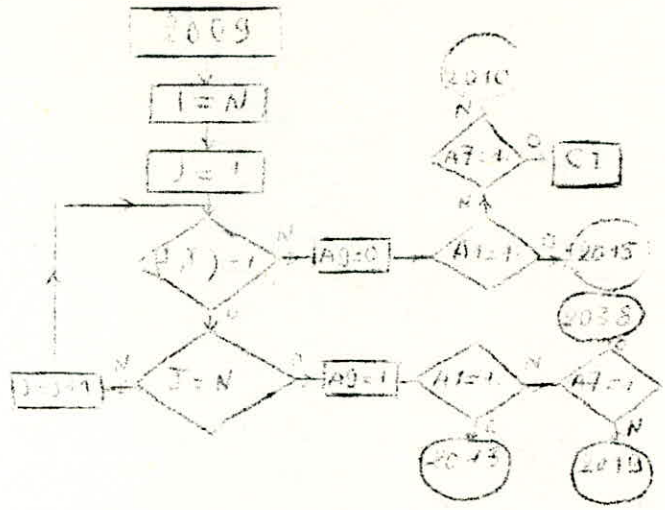


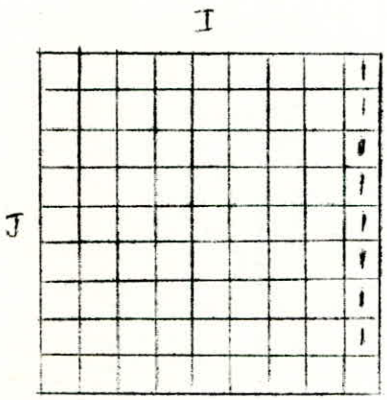


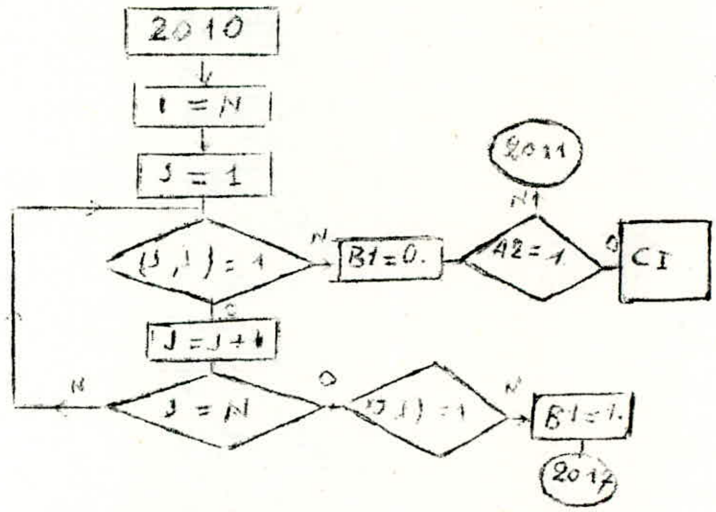
Pour les branchements non désignés ; ce sont les mêmes que pour les codes nuls

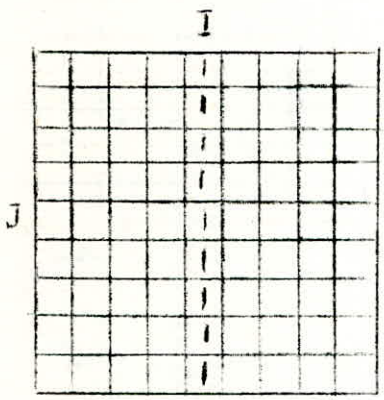
Et pour les relations, ils mènent tous vers C.I.

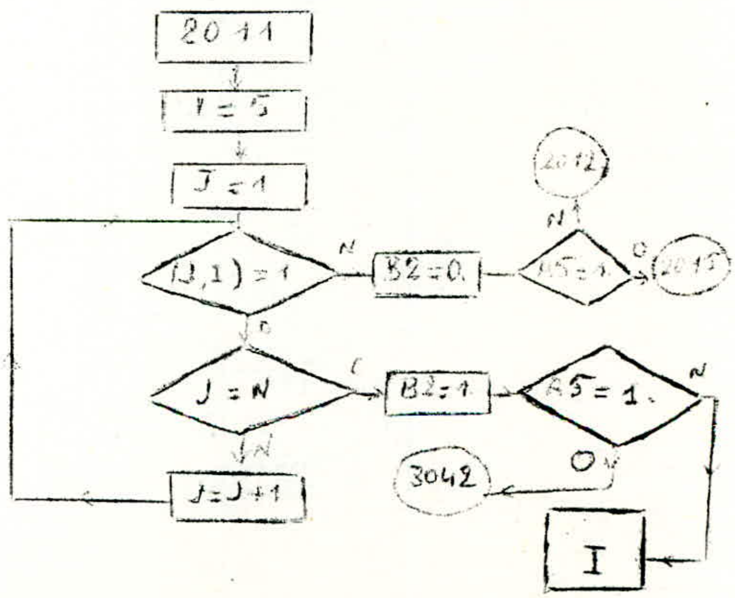

I
J

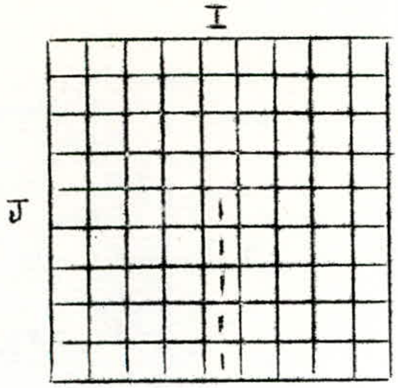

2009
I = N
J = 1
A9=0
A7=1
CI
2010
2015
2038
J = N
J=J+1
A9=1

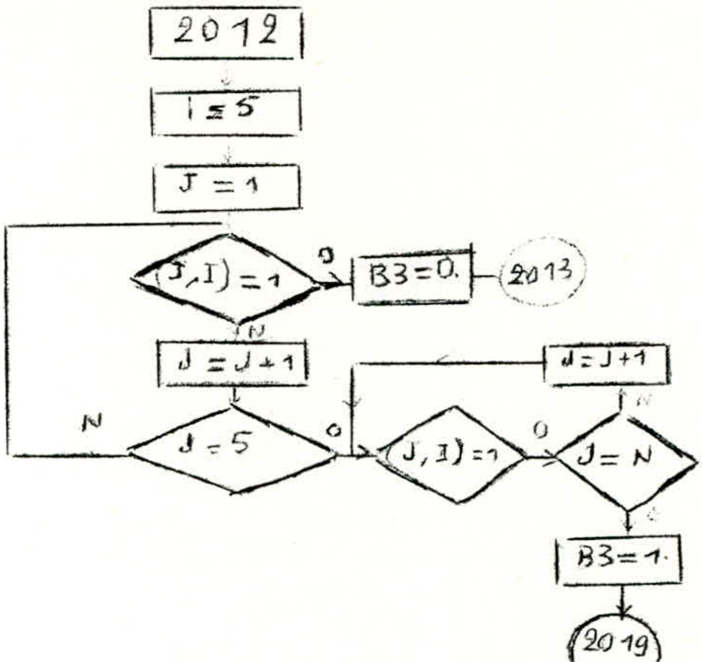

I
J

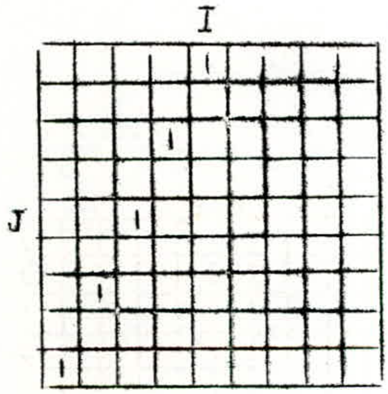

2010
I = N
J = 1
(J,I) = 1
B1=0.
A2=1
CI
2011
J=J+1
J = N
B1=1.
2017

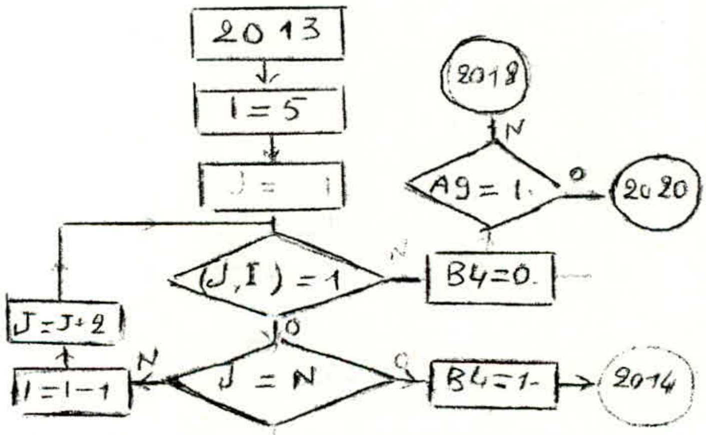

I
J

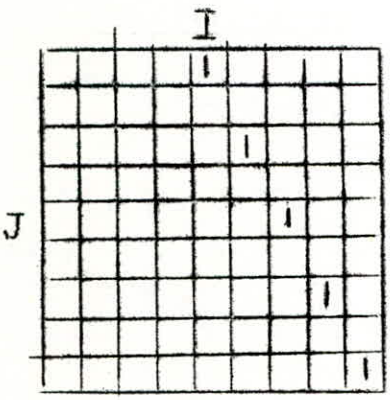

2011
I = 5
J = 1
(J,I) = 1
B2=0.
A5=1
2012
2015
J = N
B2=1
A5 = 1.
3042
J=J+1
I

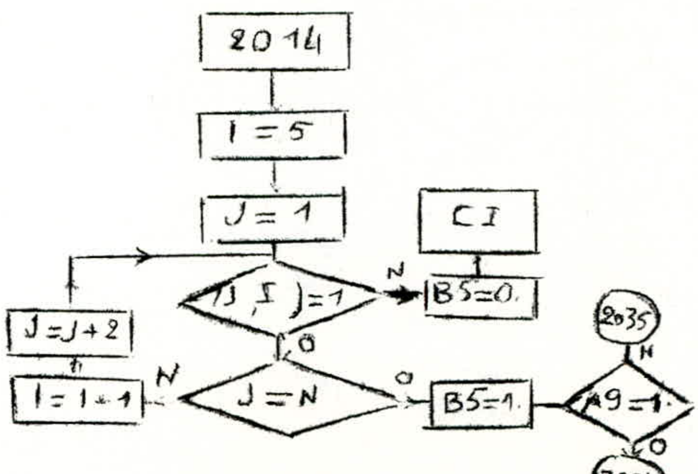

I
J
1
1
1
1
1

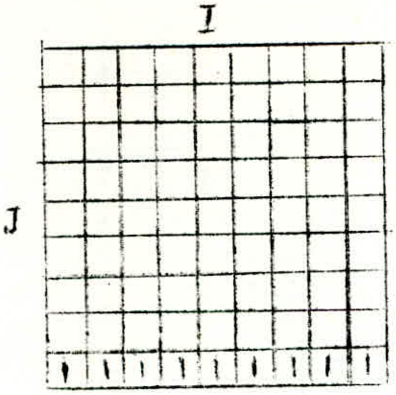

2012
I=5
J=1
(J,I)=1
O
B3=0.
2013
N
J=J+1
J=J+1
N
J=5
O
(J,I)=1
O
J=N
N
O
B3=1.
2019

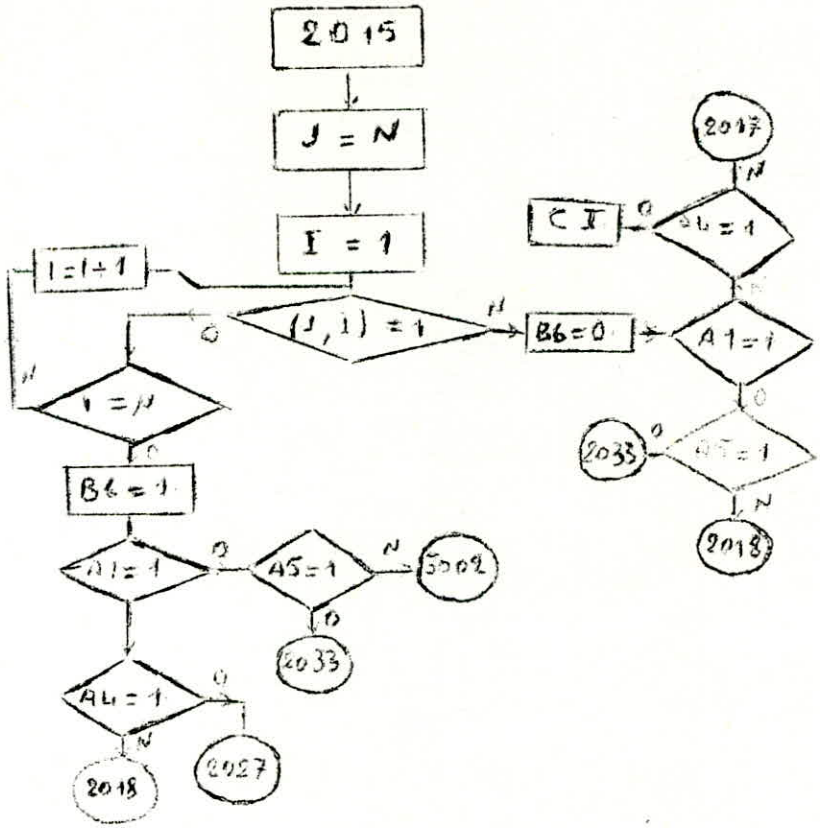

I
J
1
1
1
1
1

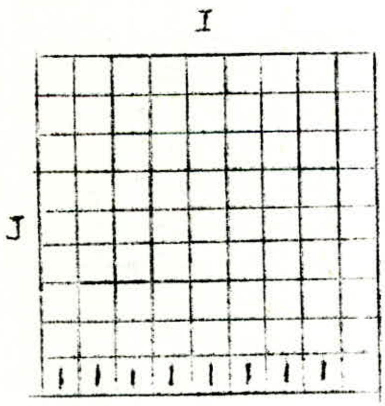

2013
I=5
J=1
2018
N
A9=1.
O
2020
(J,I)=1
N
B4=0.
J=J+2
O
I=I-1
N
J=N
O
B4=1.
2014

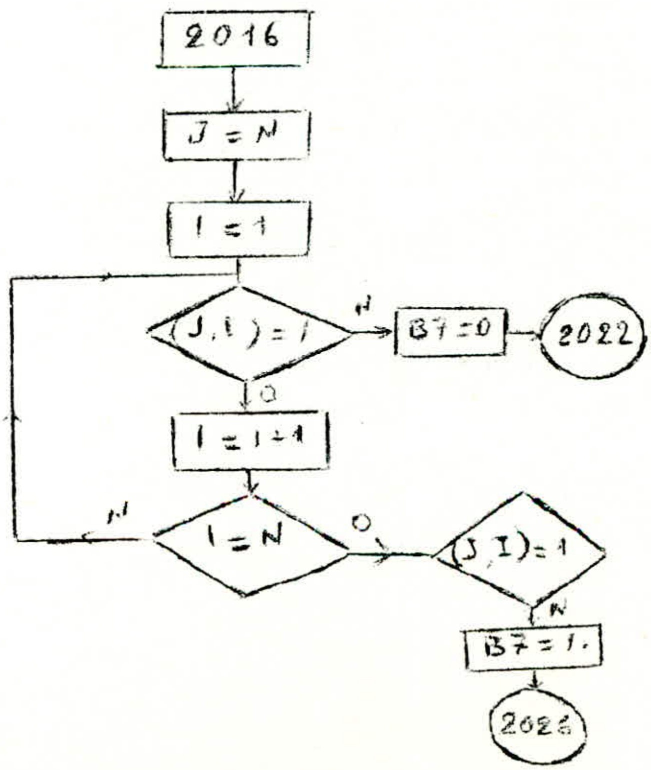

I
J
1
1
1
1
1

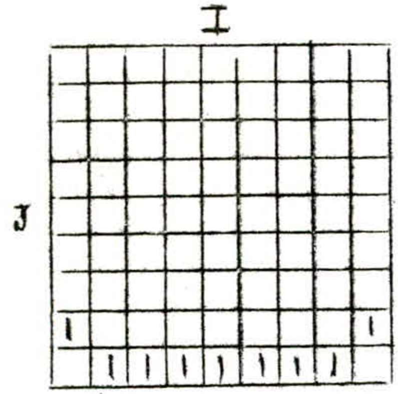

2014
I=5
J=1
CI
(J,I)=1
N
B5=0.
2035
J=J+2
O
N
I=I+1
N
J=N
O
B5=1.
A9=1.
O
3004

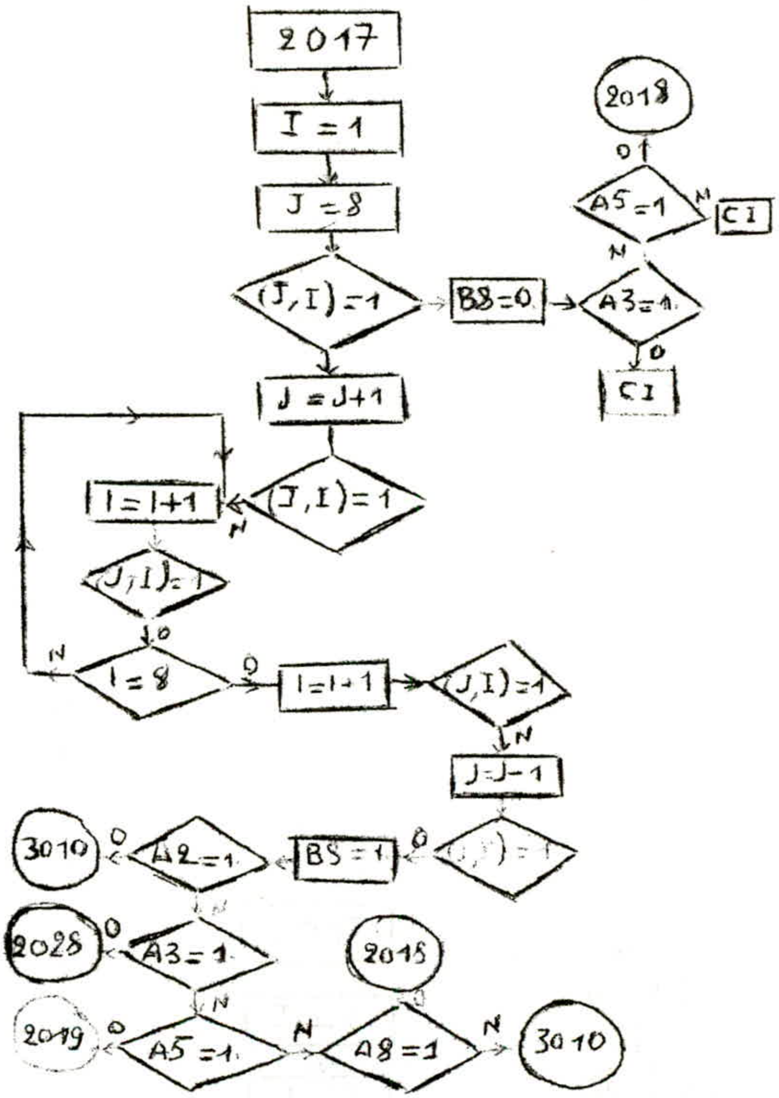

I
J

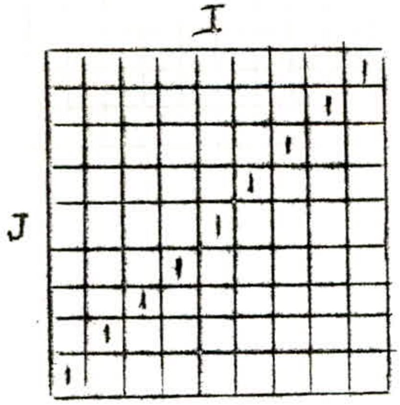

2015
J = N
I = 1
I = I + 1
(J, I) = 1
B6 = 0
A1 = 1
2017
C I
2033
2018
I = N
B6 = 1
A1 = 1
A5 = 1
5002
2033
A4 = 1
2018
2027

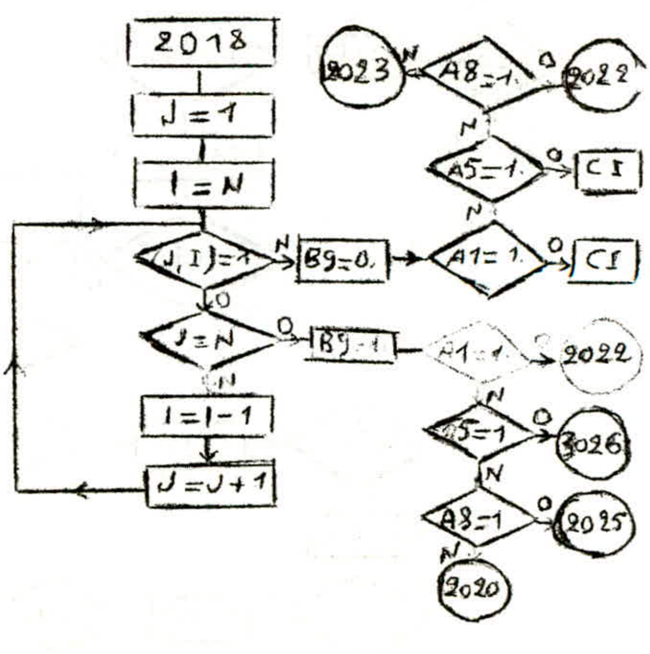

I
J

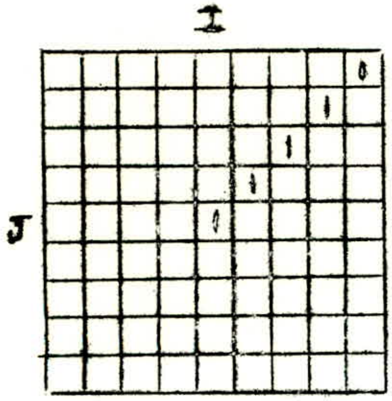

2016
J = N
I = 1
(J, I) = 1
B7 = 0
2022
I = I + 1
I = N
(J, I) = 1
B7 = 1.
2026

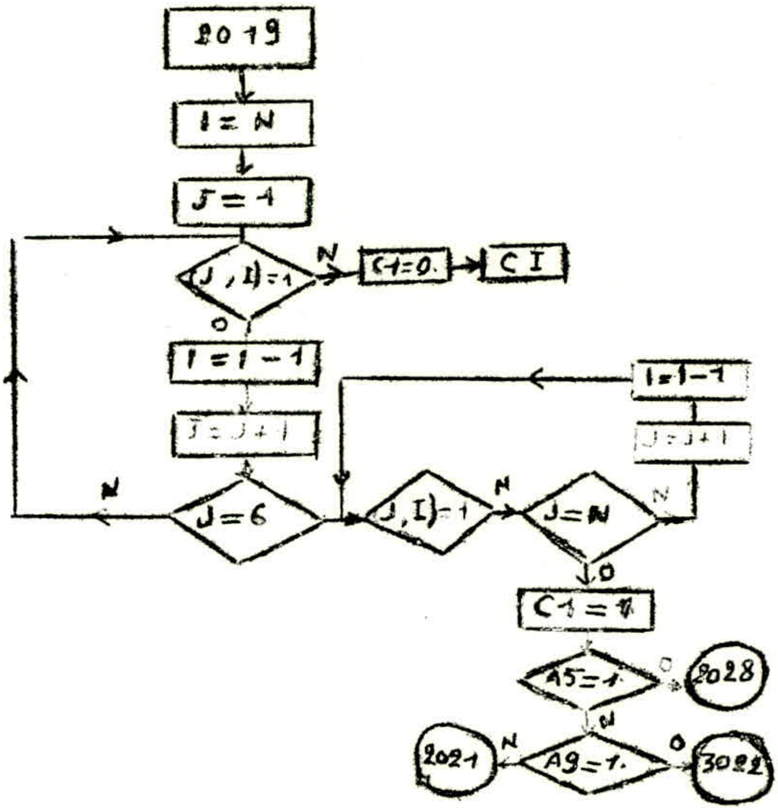

I
J
1
1
1 1 1 1 1 1 1

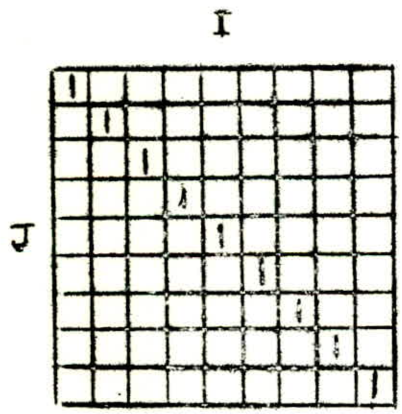

2017
I = 1
J = 8
(J, I) = 1
B8 = 0
A3 = 1
CI
A5 = 1
2018
CI
J = J + 1
(J, I) = 1
I = I + 1
(J, I) = 1
I = 8
I = I + 1
(J, I) = 1
J = J - 1
BS = 1
A2 = 1
3010
A3 = 1
2028
A5 = 1
2019
A8 = 1
2015
3010

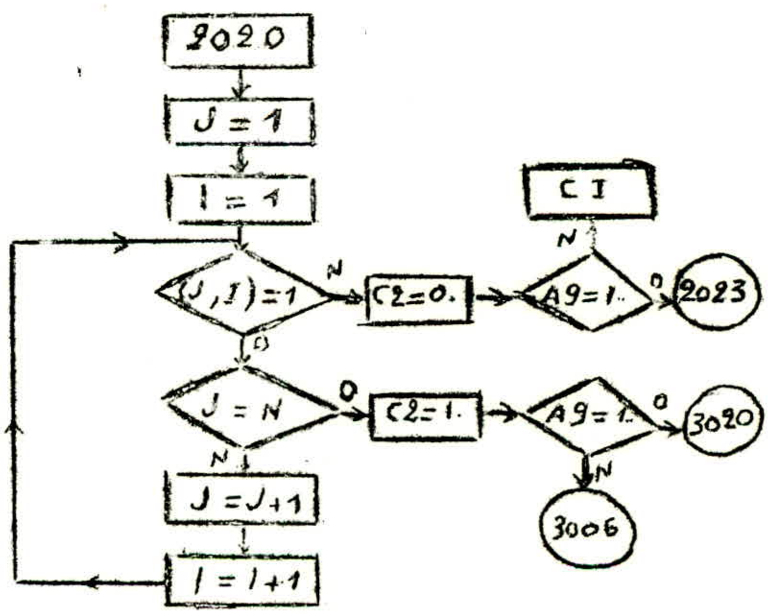

I
J
1
1
1
1
1
1
1
1
1

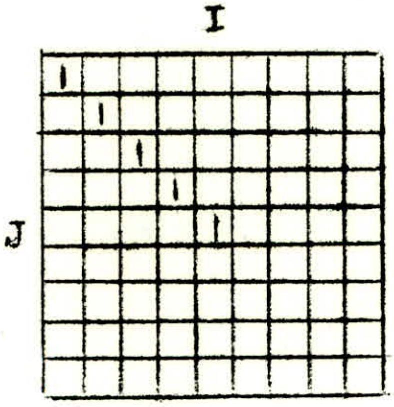

2018
J = 1
I = N
(J, I) = 1
B9 = 0
A1 = 1
CI
A5 = 1
CI
A8 = 1
2023
2022
J = N
B9 = 1
A1 = 1
2022
A5 = 1
3026
A8 = 1
2025
2020
I = I - 1
J = J + 1

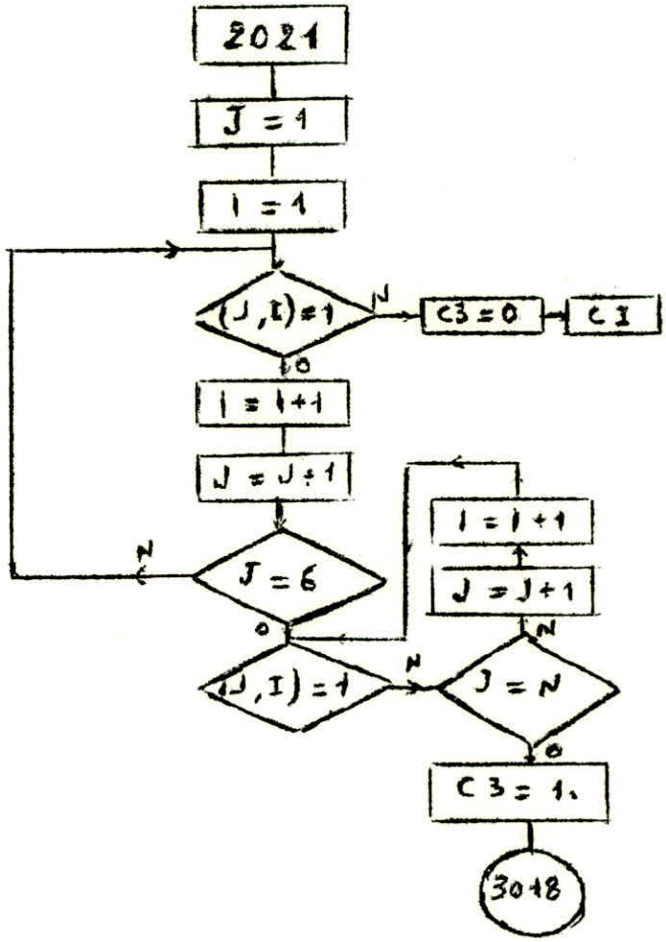

I
J

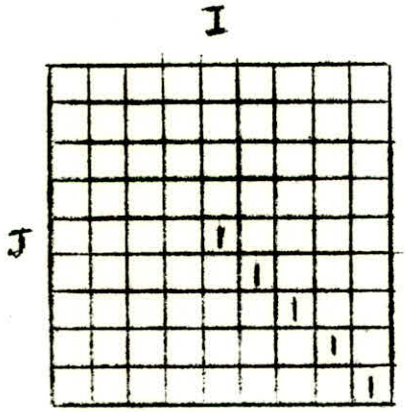

2019
I = N
J = 1
(J, I) = 1
C1=0.
C I
I = I - 1
J = J + 1
J = 6
(J, I) = 1
J = N
I = I - 1
J = J + 1
C1 = 1
A5 = 1.
2028
A9 = 1.
2021
3022

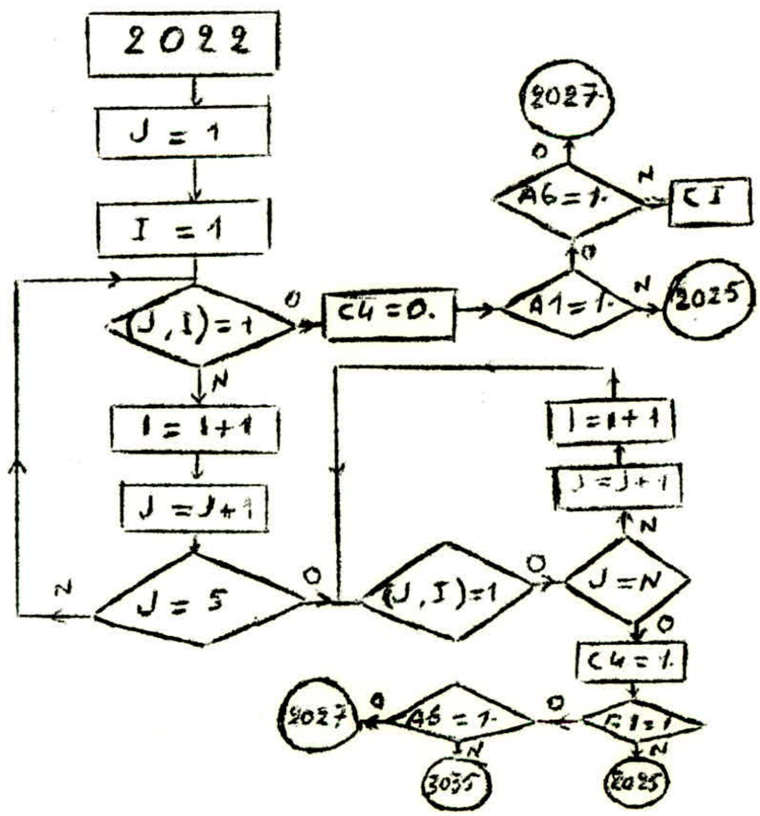

I
J

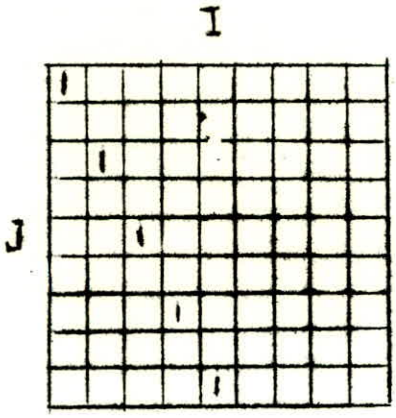

2020
J = 1
I = 1
(J, I) = 1
C2=0.
A9=1.
2023
C I
J = N
C2=1.
A9 = 1.
3020
3006
J = J+1
I = I+1

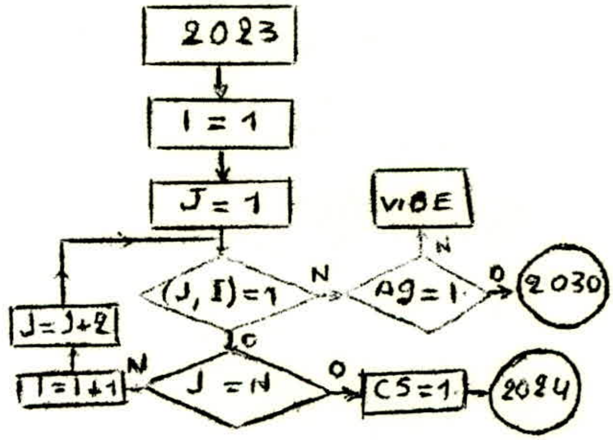

I
J
1
1
1
1
1

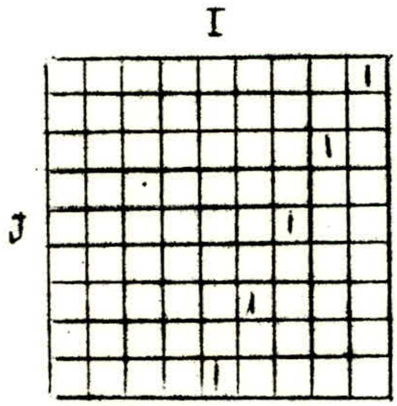

2021
J = 1
I = 1
(J, I) = 1
C3 = 0
C I
I = I + 1
J = J + 1
J = 6
(J, I) = 1
J = N
J = J + 1
I = I + 1
C3 = 1.
3018

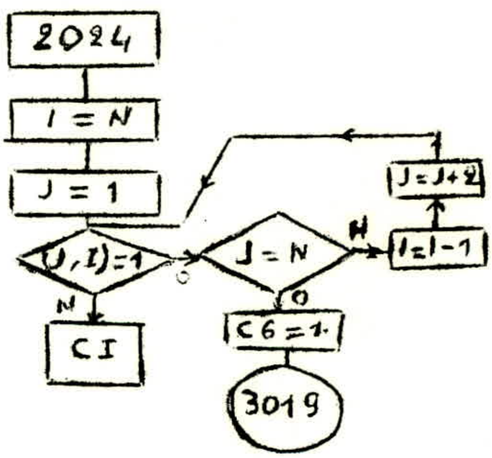

I
J
1
1
1
1
1

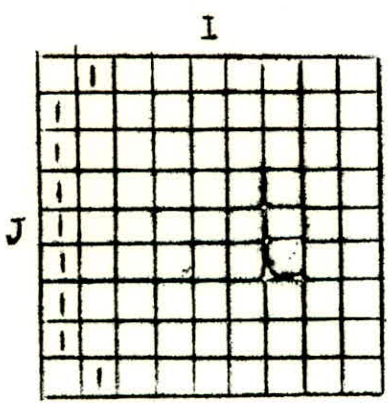

2022
J = 1
I = 1
(J, I) = 1
C4 = 0.
A1 = 1.
2025
A6 = 1.
C I
2027
I = I + 1
J = J + 1
J = 5
(J, I) = 1
J = N
J = J + 1
I = I + 1
C4 = 1.
A1 = 1
A6 = 1.
2027
3035
2025

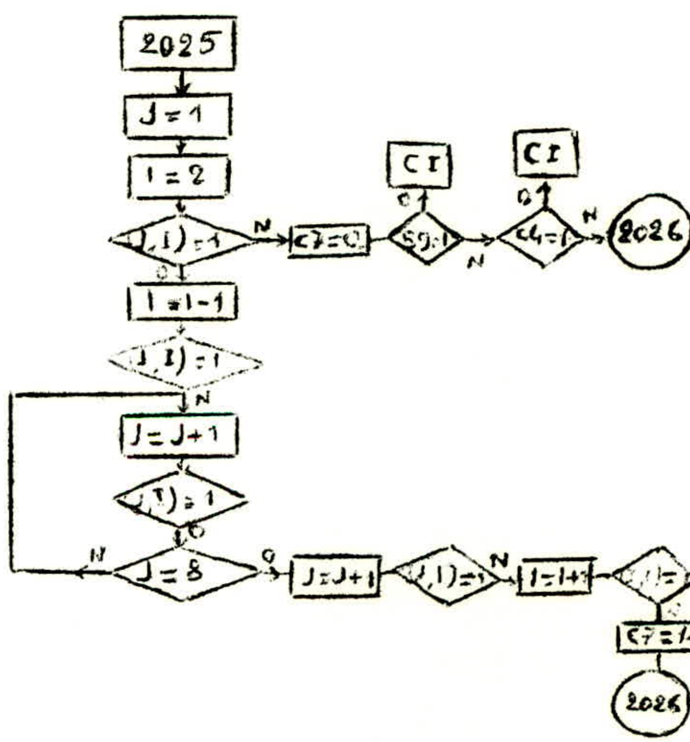

I
J

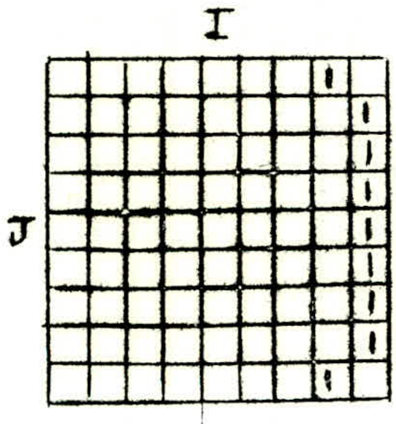

2023
I = 1
J = 1
VIDE
(J, I) = 1
Ag = 1
2030
J = J+2
I = I+1
J = N
C5 = 1
2024

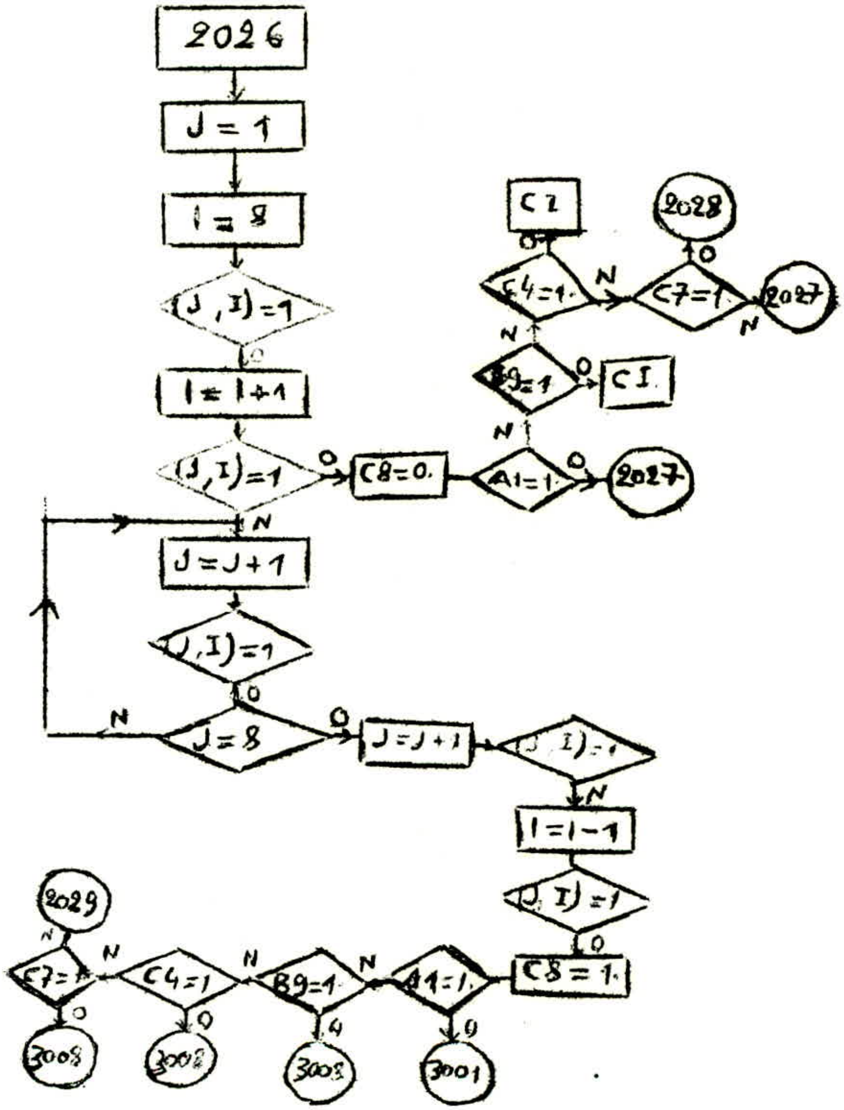

I
J

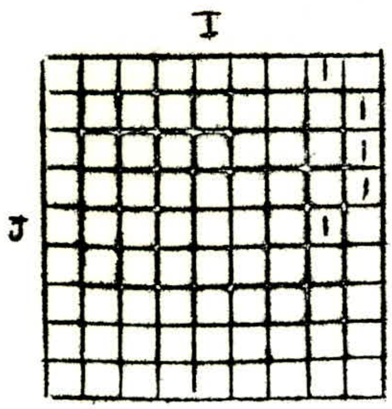

2024
I = N
J = 1
J = J+2
(J, I) = 1
J = N
I = I-1
CI
C6 = 1
3019

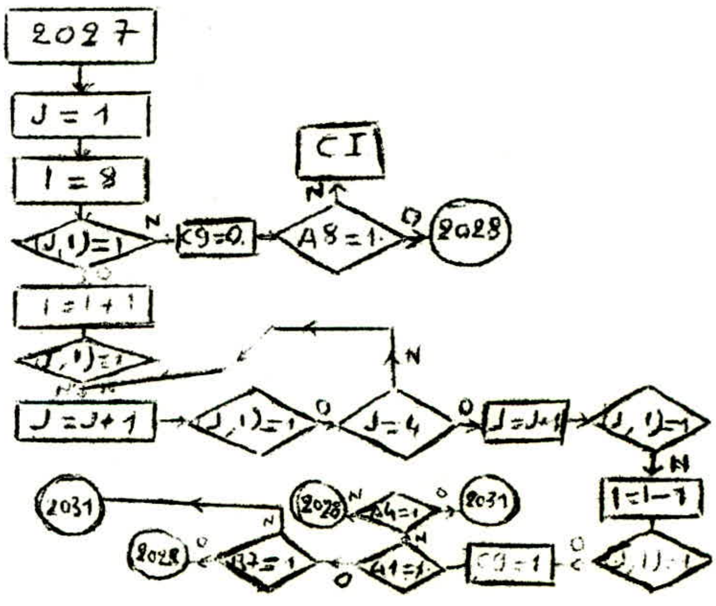

I
J

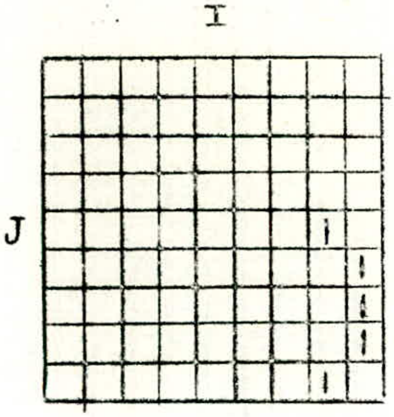

2025
J = 1
I = 2
CI
CI
2026
I = I-1
J = J+1
J = 8
C7 = 1
2026

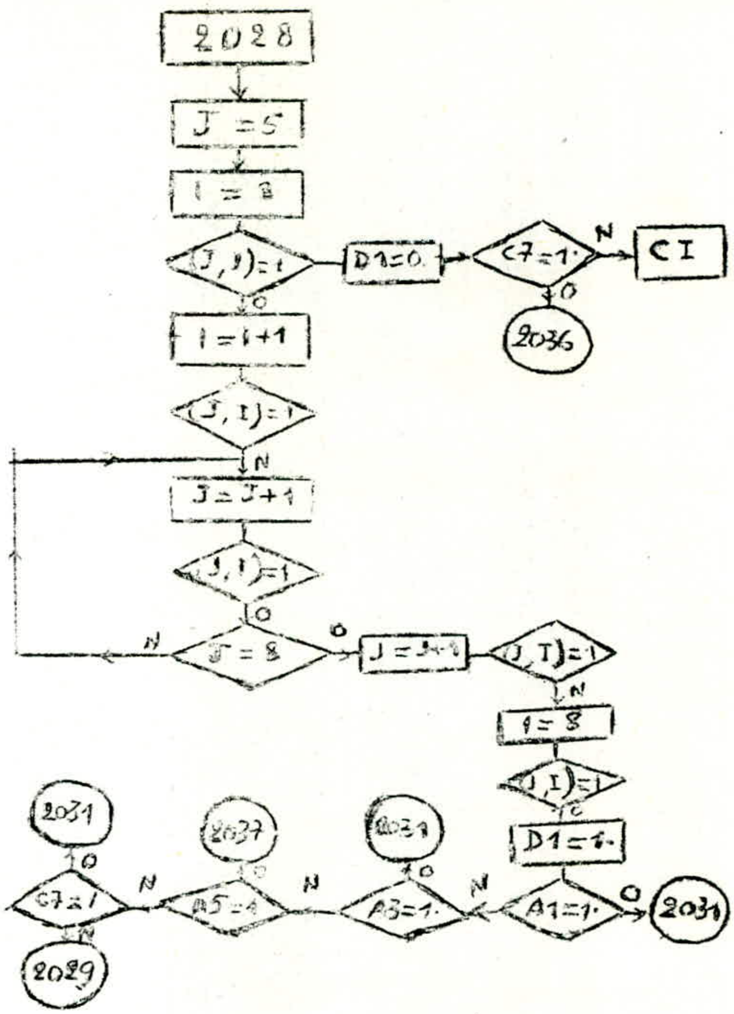

I
J

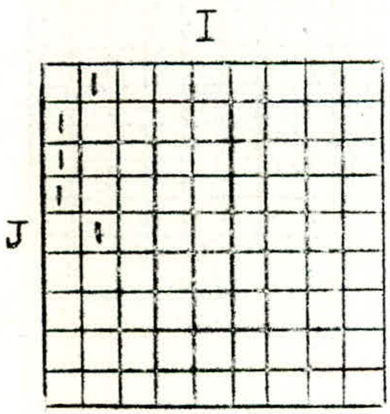

2026
J = 1
I = 8
(J, I) = 1
I = I+1
(J, I) = 1
C8 = 0.
A1 = 1.
2027
B9 = 1
CI.
C4 = 1.
CI
C7 = 1.
2028
2027
J = J+1
(J, I) = 1
J = 8
J = J+1
I = I-1
(J, I) = 1
C8 = 1.
A1 = 1.
B9 = 1.
C4 = 1
C7 = 1
2029
3001
3008

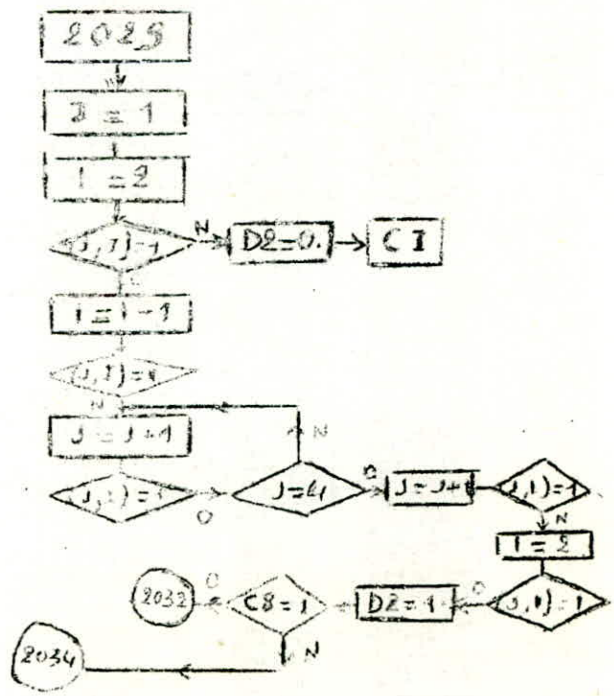

I
J

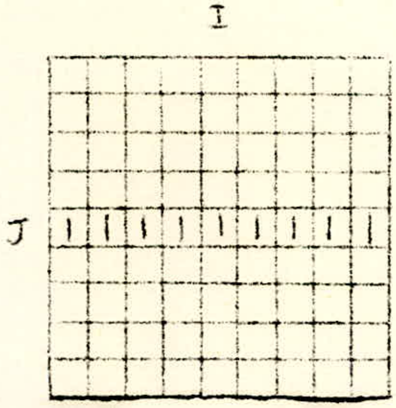

2027
J = 1
I = 8
(J, I) = 1
K9 = 0.
A8 = 1.
2028
CI
I = I+1
J = J+1
J = 4
I = I-1
C9 = 1
A1 = 1.
B7 = 1
A4 = 1
2028
2031

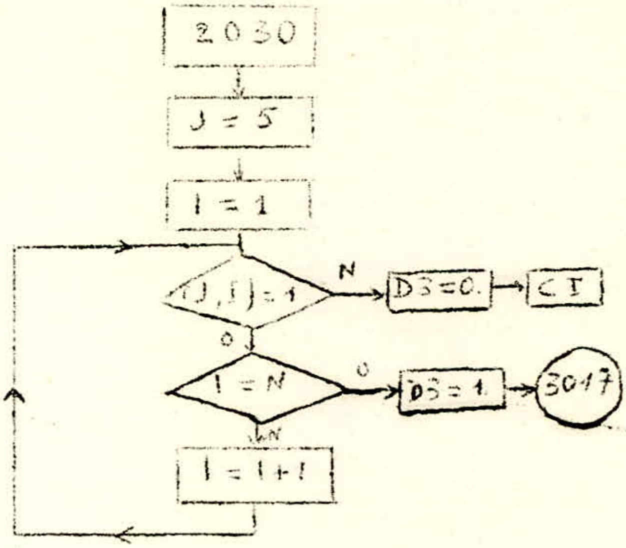

I
J
1
1
1
1
1

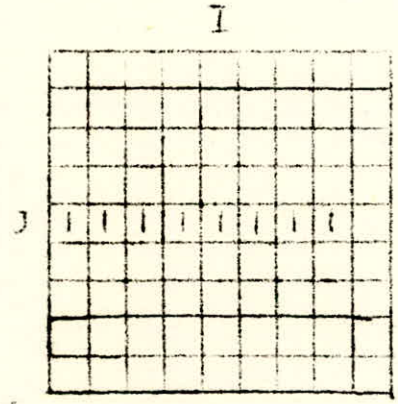

2028
J = 5
I = 8
(J, I) = 1
D1 = 0.
C7 = 1.
N
CI
O
2036
O
I = I + 1
(J, I) = 1
N
J = J + 1
(J, I) = 1
O
J = 8
N
O
J = J + 1
(J, I) = 1
N
I = 8
(J, I) = 1
O
D1 = 1.
A1 = 1.
O
2031
N
A3 = 1.
O
2031
N
A5 = 1
O
2037
N
C7 = 1
O
2031
N
2029

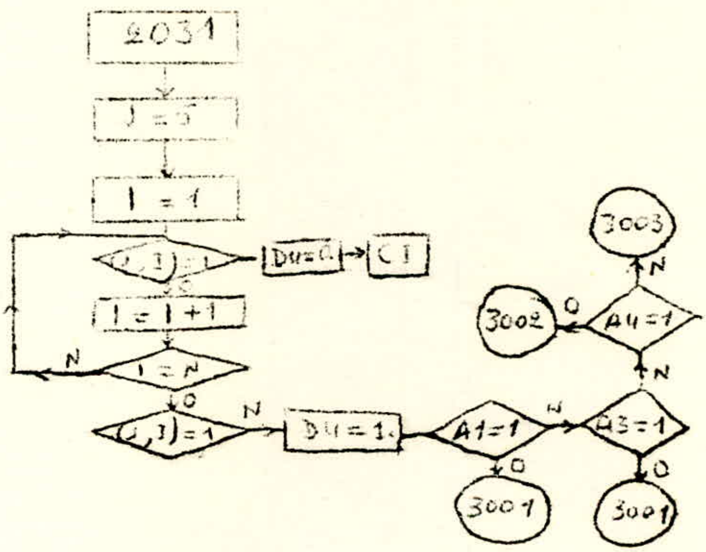

I
J
1
1
1
1
1

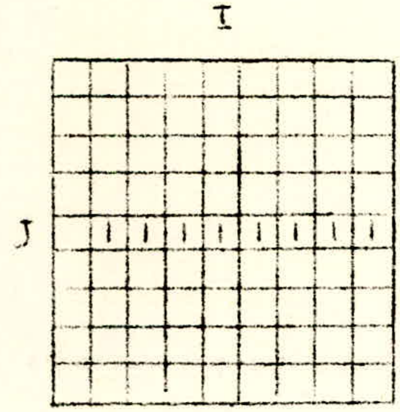

2025
J = 1
I = 2
(J, I) = 1
N
D2 = 0.
CI
O
I = I - 1
(J, I) = 1
N
J = J + 1
(J, I) = 1
O
J = 4
N
O
J = J + 1
(J, I) = 1
N
I = 2
(J, I) = 1
O
D2 = 1
C8 = 1
O
2032
N
2034

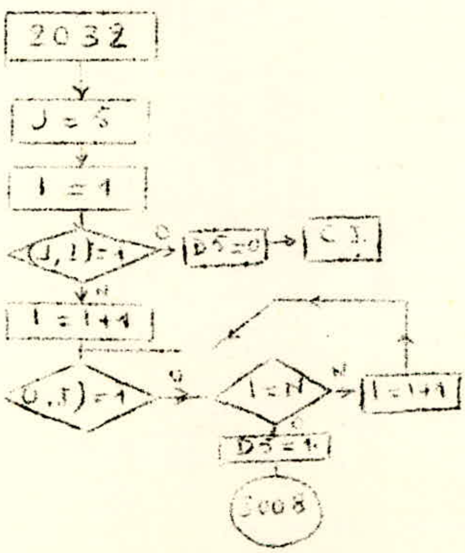

I
J

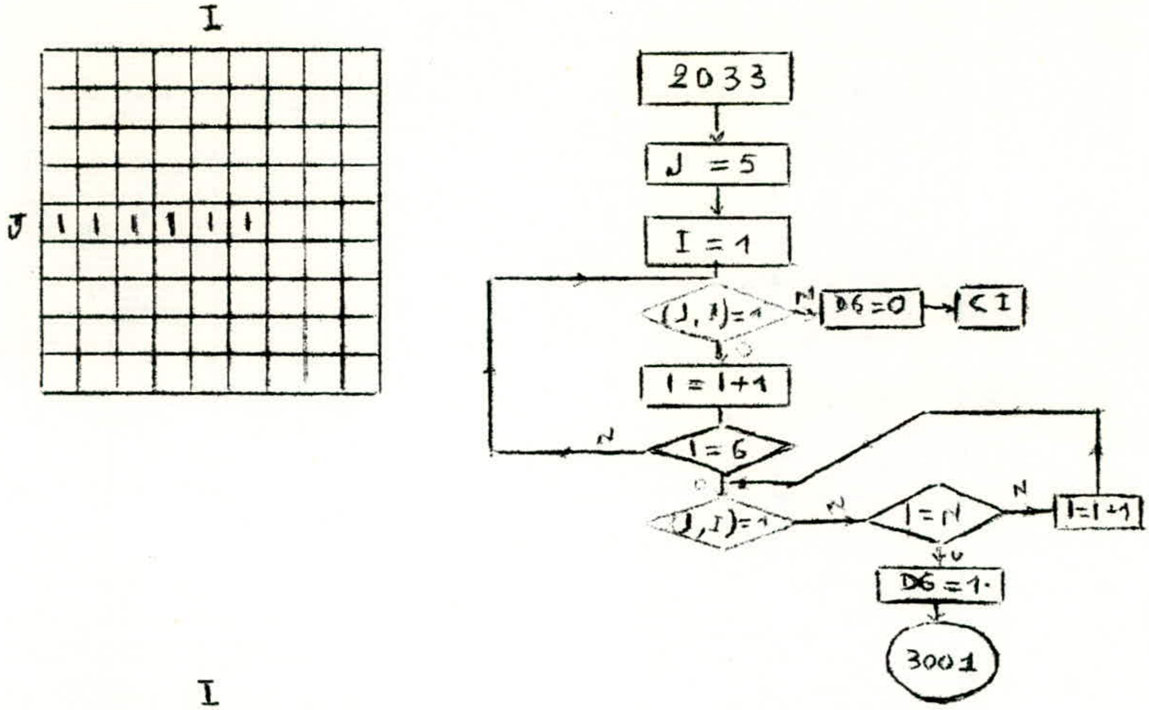

2030
J = 5
I = 1
(J,I) = 1
N
D3 = 0.
C I
O
I = N
O
D3 = 1.
3017
N
I = I+1

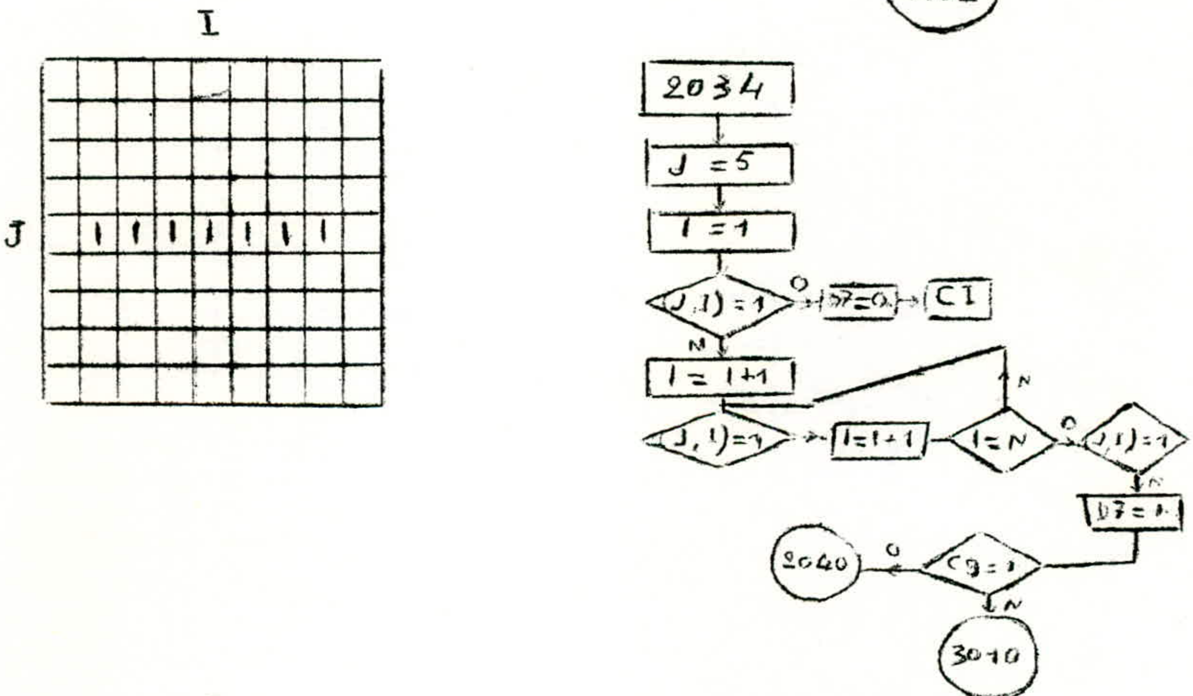

I
J

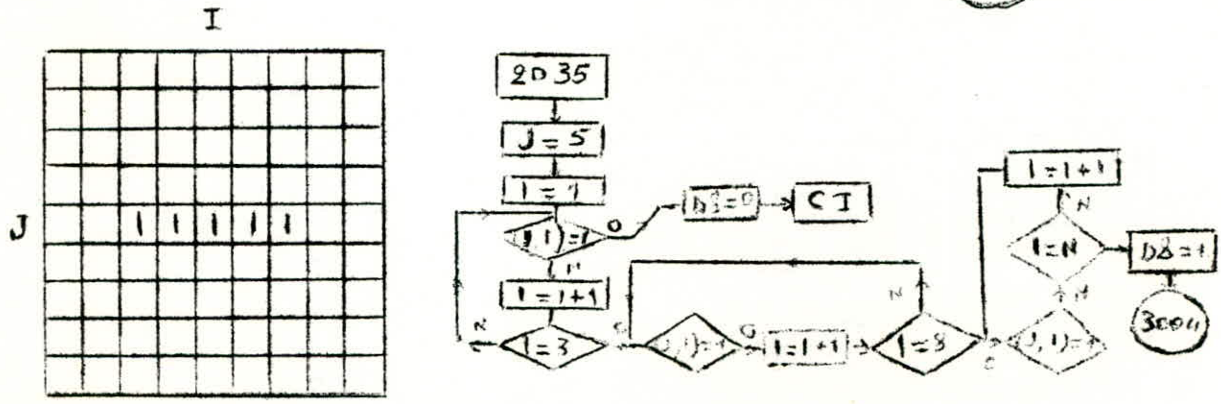

2031
J = 5
I = 1
(J,I) = 1
D4 = 0.
C I
I = I+1
N
I = N
O
(J,I) = 1
N
D4 = 1.
A1 = 1
O
3001
N
A3 = 1
O
3001
N
A4 = 1
O
3002
N
3003


I
J


2032
J = 5
I = 1
(J,I) = 1
O
D5 = 0
C I.
N
I = I+1
(J,I) = 1
O
I = N
N
I = I+1
O
D5 = 1.
3008

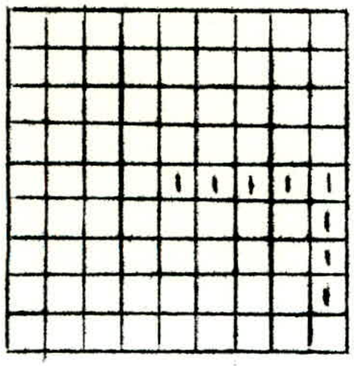

I
J
2033
J = 5
I = 1
(J, I) = 1
D6 = 0
C I
I = I + 1
I = 6
N
(J, I) = 1
I = N
I = I + 1
D6 = 1.
3001

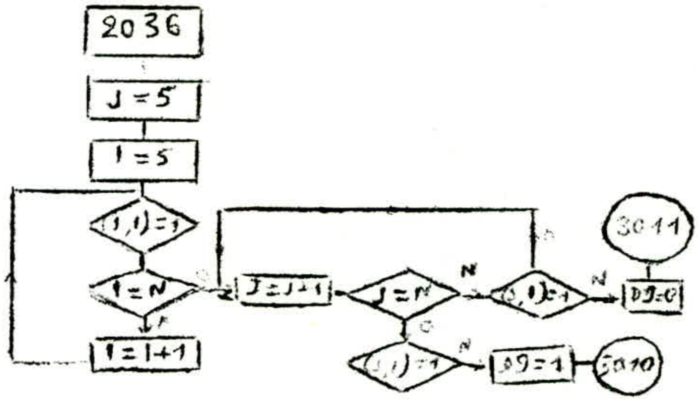

I
J
2034
J = 5
I = 1
(J, I) = 1
D7 = 0
C I
I = I + 1
(J, I) = 1
I = I + 1
I = N
(J, I) = 1
D7 = 1.
C9 = 1
2040
3010


I
J
2035
J = 5
I = 1
(J, I) = 1
D8 = 0
C I
I = I + 1
I = 3
(J, I) = 1
I = I + 1
I = 8
(J, I) = 1
I = N
I = I + 1
D8 = 1
3004

I

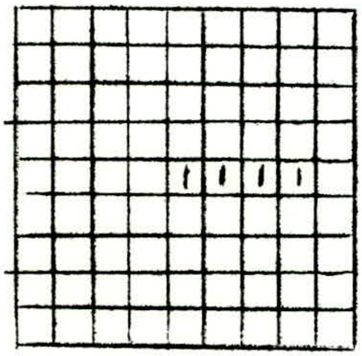
J

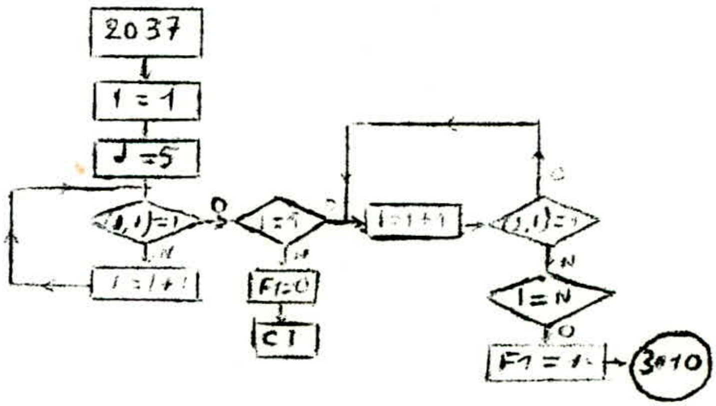



2036
J = 5
I = 5
(J,I) = 1
I = N
I = I+1
J = J+1
J = N
(J,I) = 1
3011
D9 = 0
(J,I) = 1
D9 = 1
3010

I

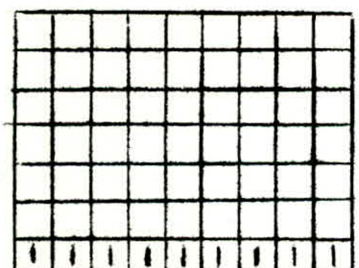
J

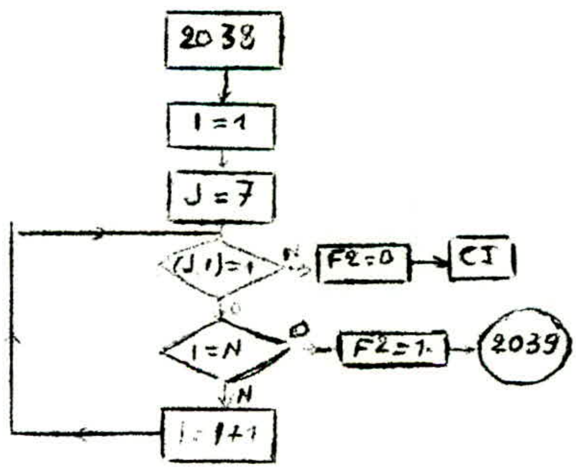


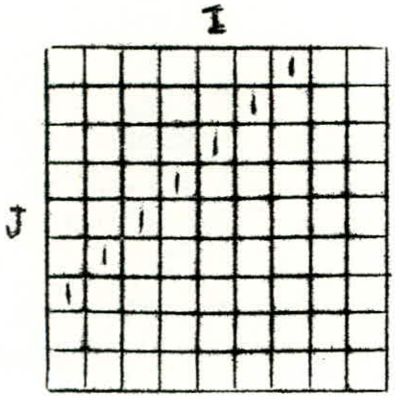

2037
I = 1
J = 5
(J,I) = 1
I = I+1
I = 1
F1 = 0
CI
I = I+1
(J,I) = 1
I = N
F1 = 1
3010

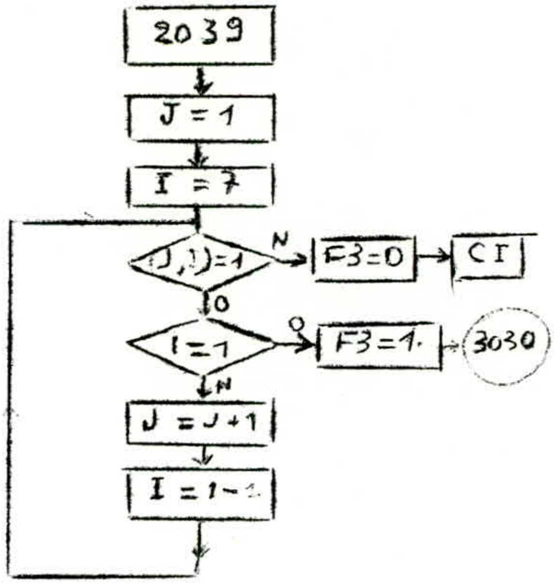
I

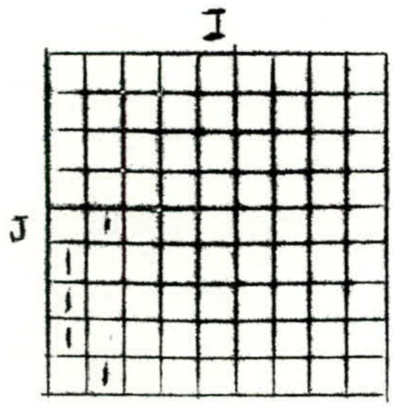
J

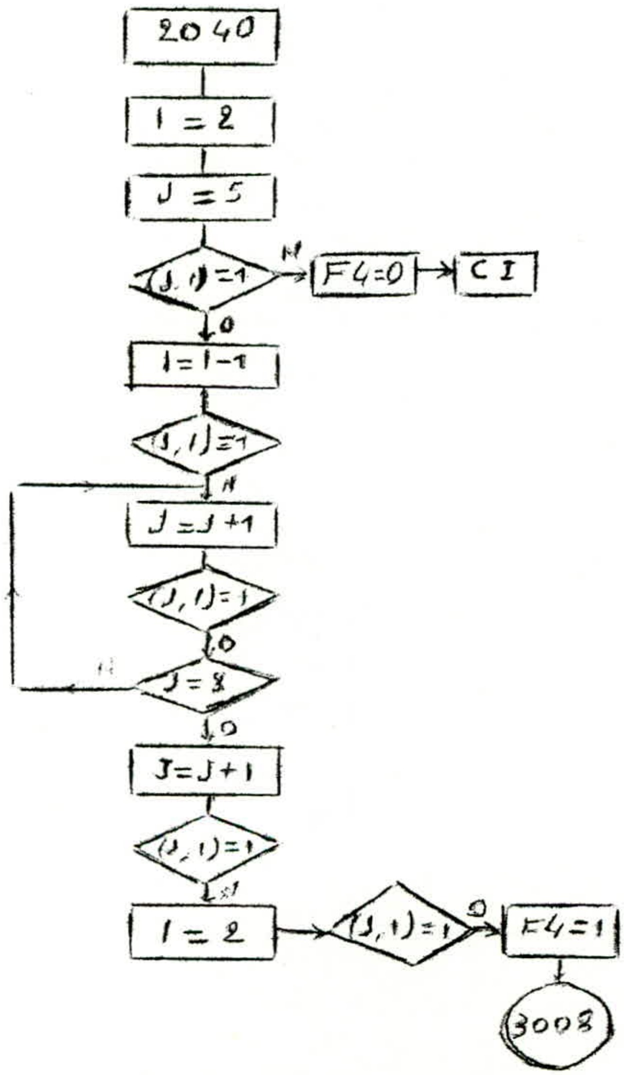



2038
I = 1
J = 7
(J,I) = 1
F2 = 0
CI
I = N
F2 = 1
2039
I = I+1

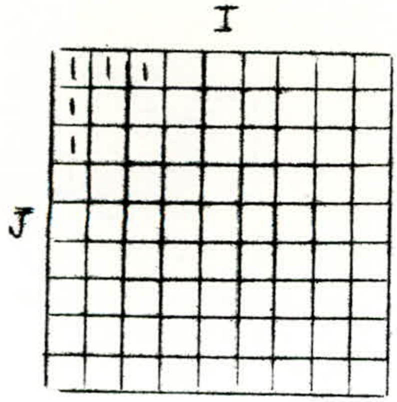

I
J
1
1
1
1
1
1
1

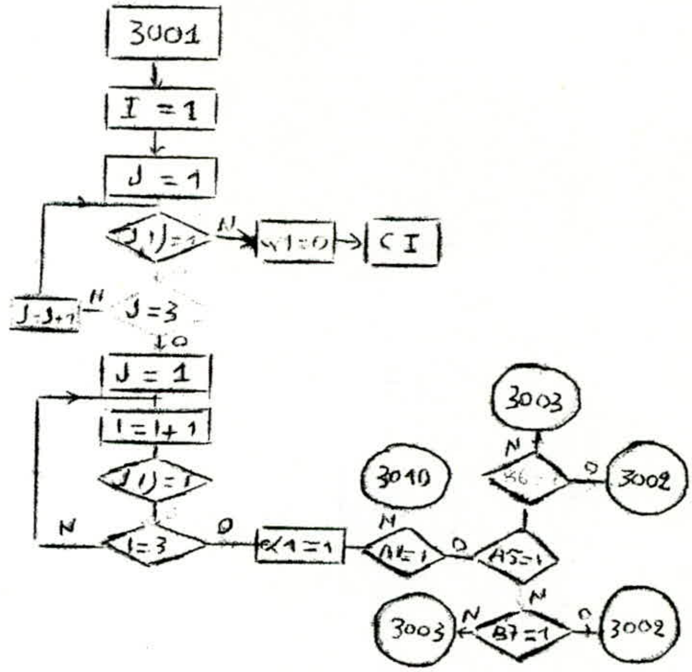

2039
J = 1
I = 7
(J,I)=1
N
F3=0
CI
O
I=1
O
F3=1.
3030
N
J = J+1
I = I-1

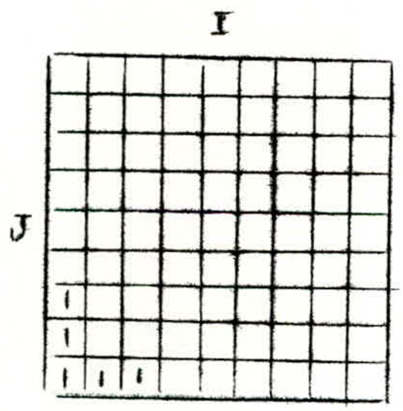

I
J
1
1
1
1
1

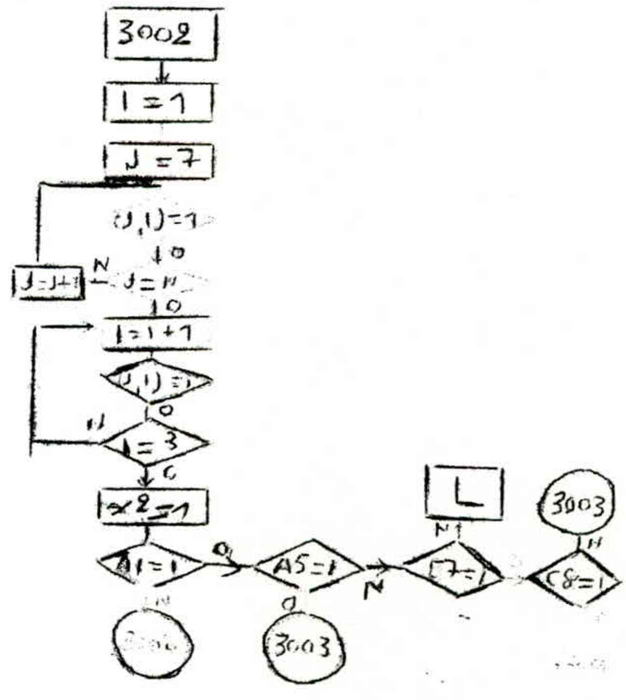

2040
I = 2
J = 5
(J,I)=1
N
F4=0
CI
O
I=I-1
(J,I)=1
N
J = J+1
(J,I)=1
O
N
J = 8
O
J=J+1
(J,I)=1
N
I = 2
(J,I)=1
O
F4=1
3008

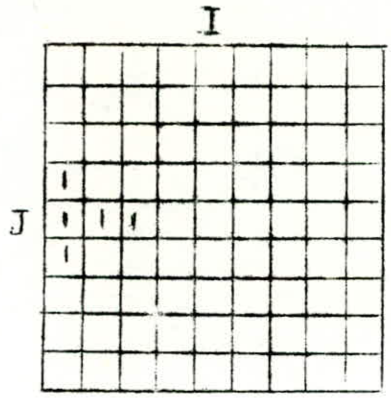
Analyse des Relations

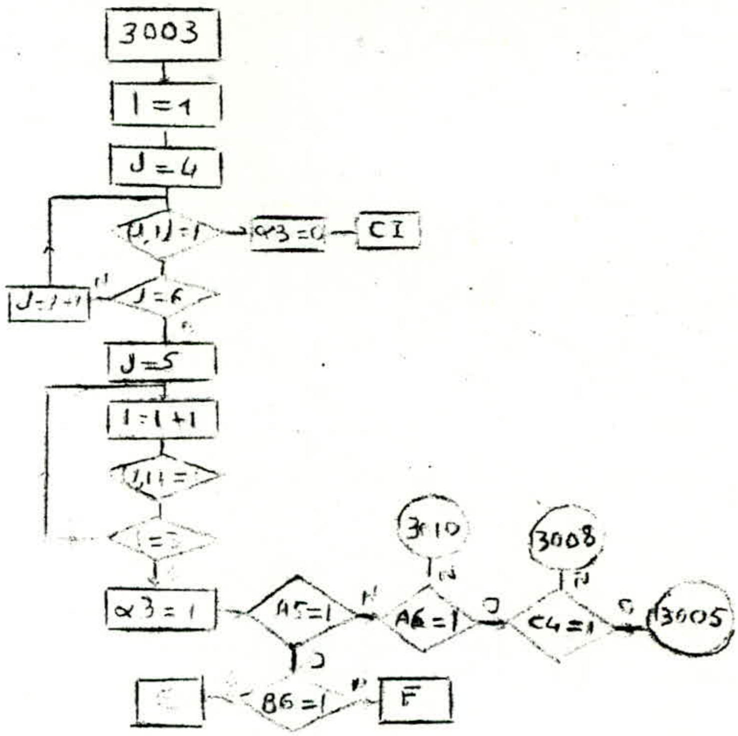


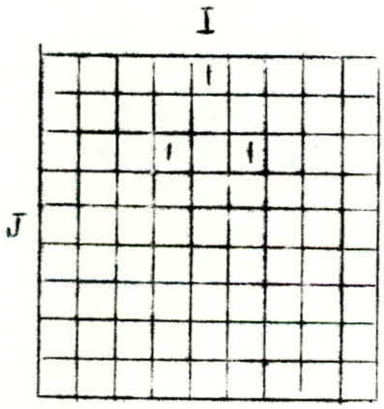


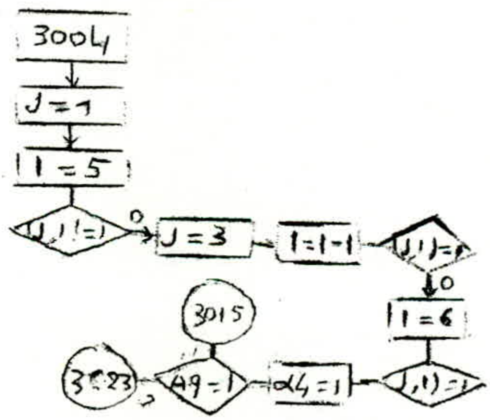


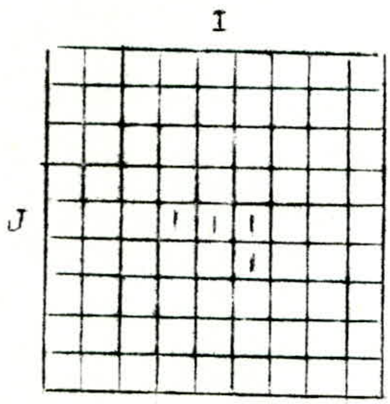


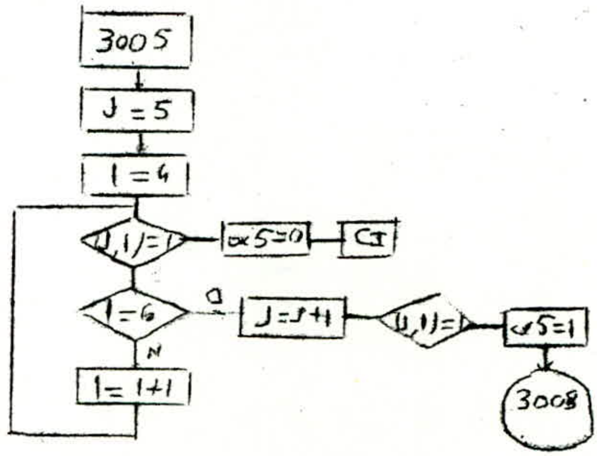

I
J
1
1 1 1
1

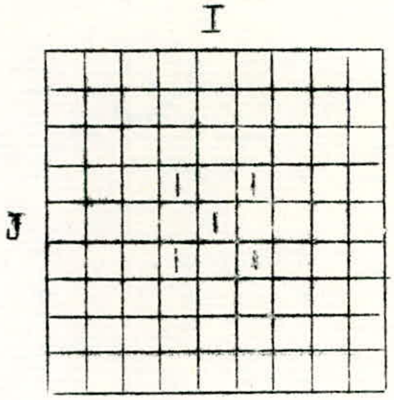

3003
I = 1
J = 4
(J,I) = 1
α3 = 0
CI
J = 6
J = J+1
J = 5
I = I+1
α3 = 1
A5 = 1
A6 = 1
C4 = 1
3010
3008
3005
B6 = 1
F

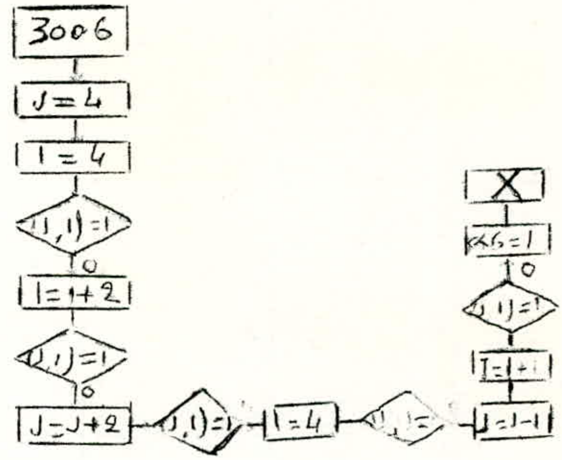

I
J
1
1 1

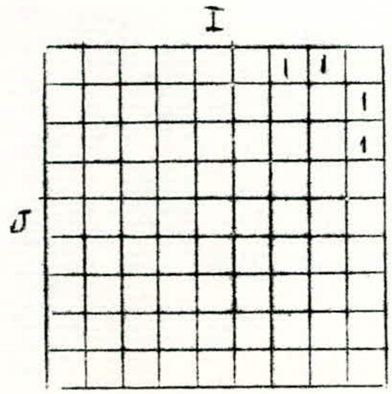

3004
J = 1
I = 5
J = 3
I = I-1
I = 6
3015
A9 = 1
α4 = 1

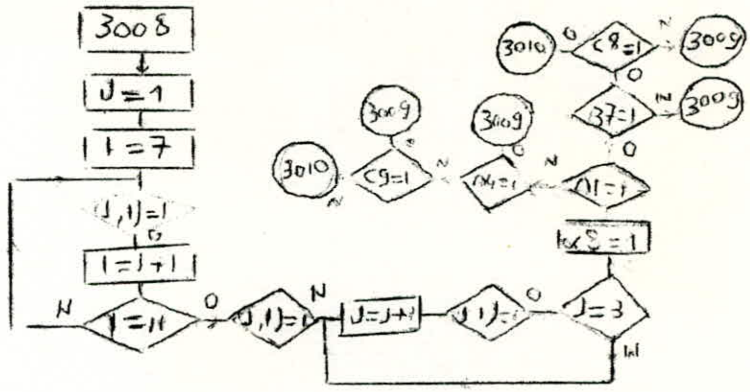

I
J
1 1 1
1

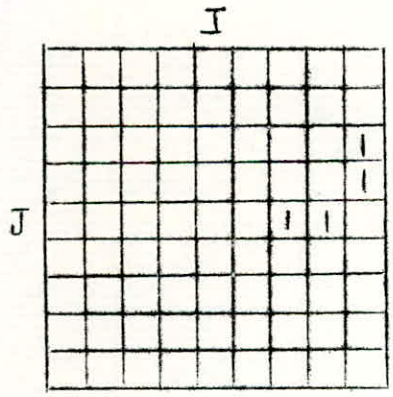

3005
J = 5
I = 4
(J,I) = 1
α5 = 0
CI
I = 6
J = J+1
(J,I) = 1
α5 = 1
3008
I = I+1

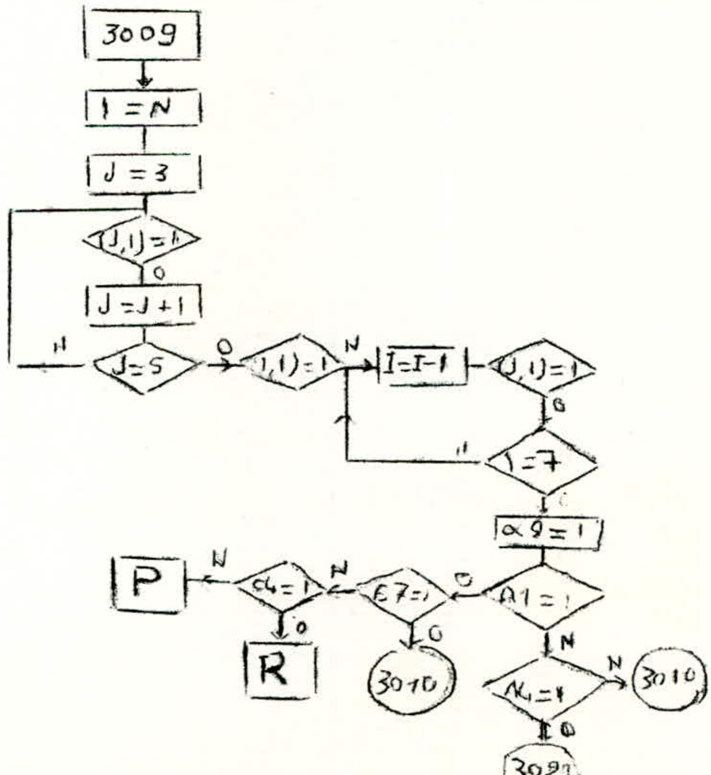

I
J

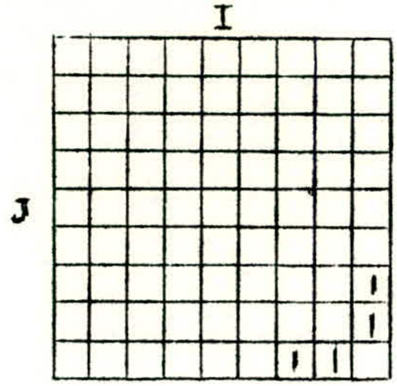

3006
J=4
I=4
I=I+2
J=J+2
I=4
X

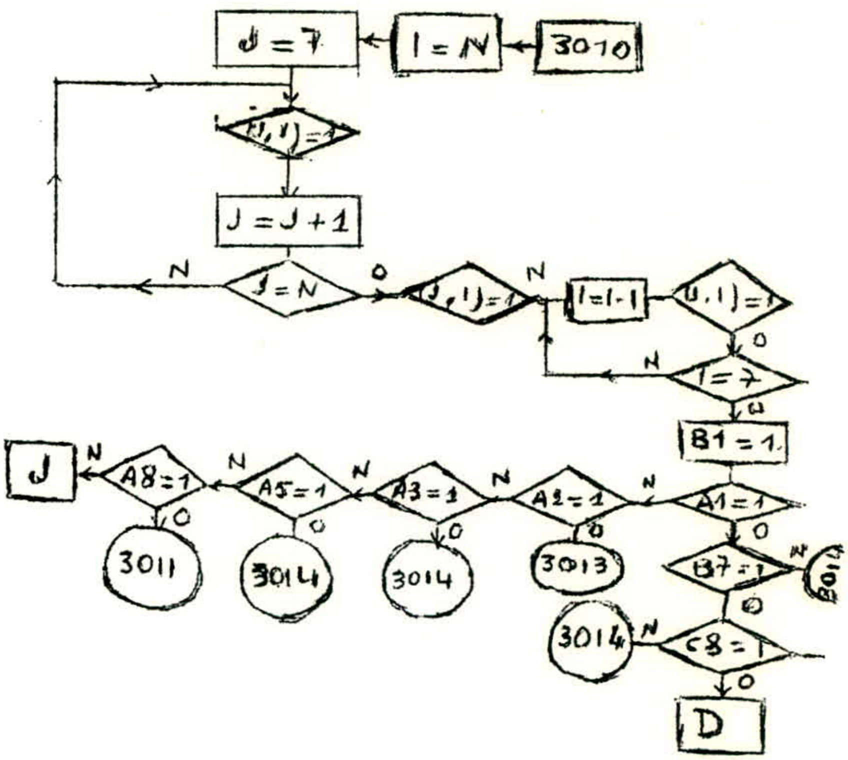

I
J

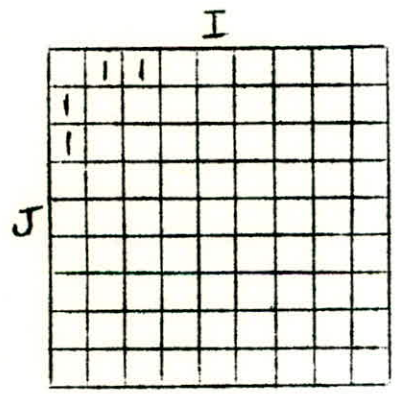

3008
J=1
I=7
I=I+1
J=3
3010
3009
3009
3009
3010

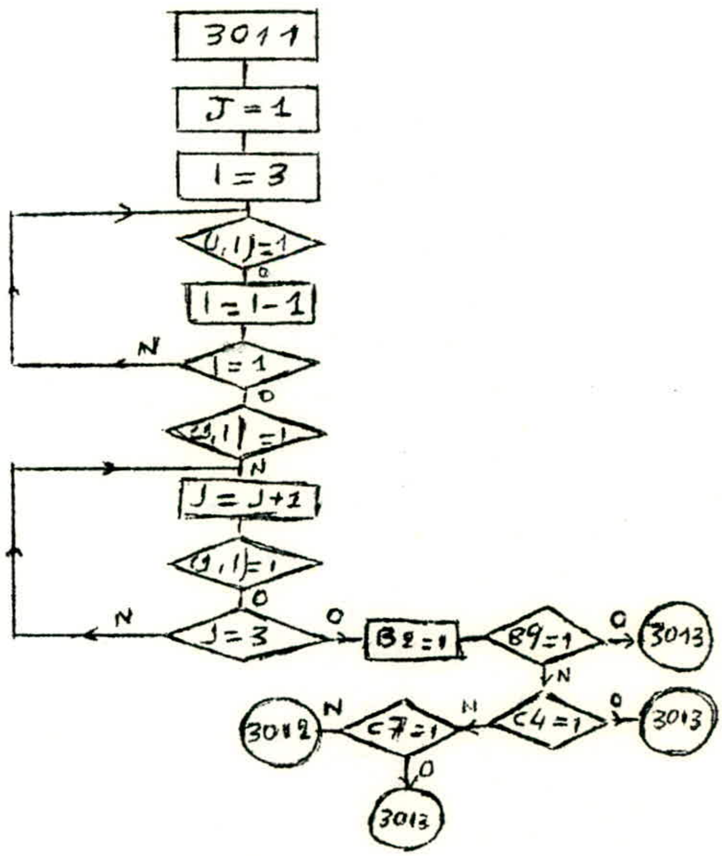

I
J

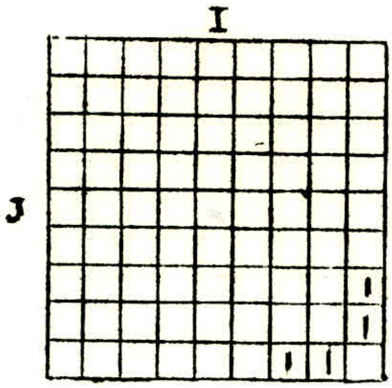

3009
I=N
J=3
J=J+1
J=5
I=I-1
I=7
P
R
3010
3010
3023

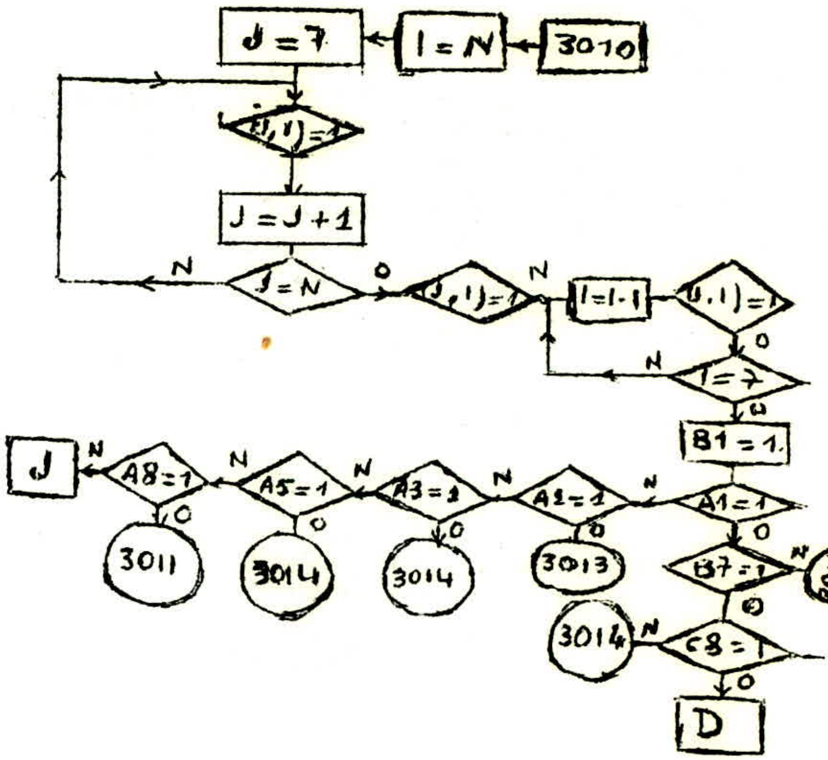

I
J
1
1
1 1

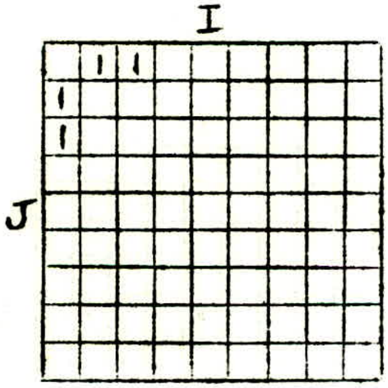

3010
I = N
J = 7
(I,J) = 1
J = J + 1
J = N
N
O
(J,I) = 1
I = I - 1
(I,J) = 1
I = 7
B1 = 1
A1 = 1
A2 = 1
A3 = 1
A5 = 1
A8 = 1
J
3011
3014
3014
3013
B7 = 1
3014
C8 = 1
3014
D

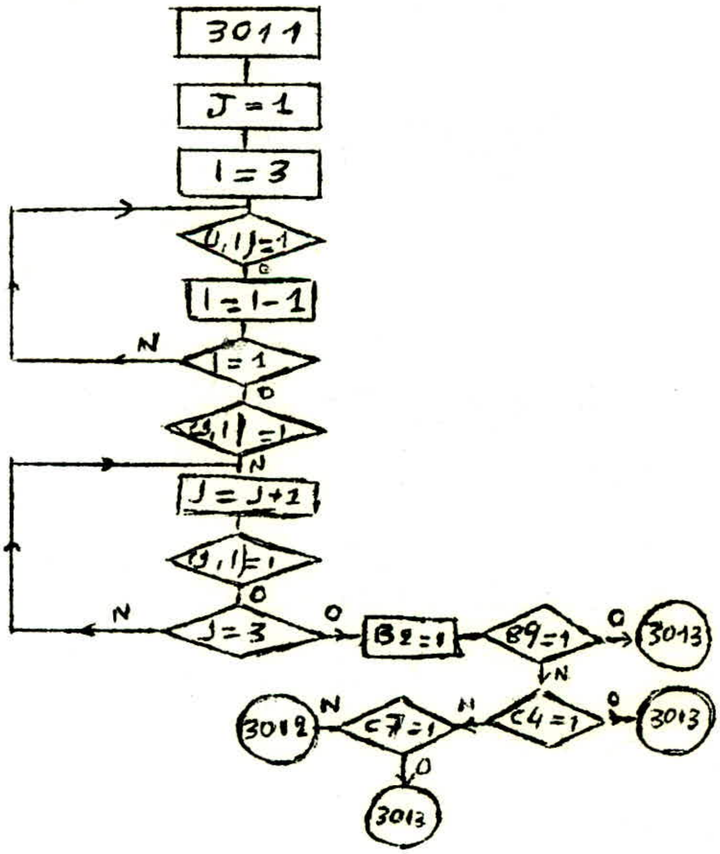

I
J
1 1
1
1

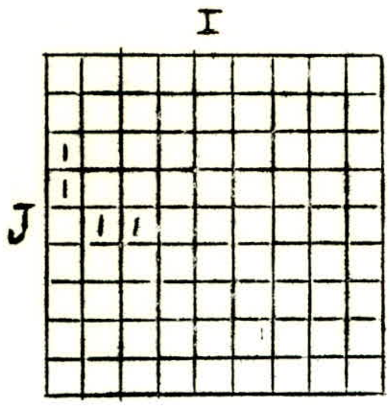

3011
J = 1
I = 3
(J,I) = 1
I = I - 1
I = 1
(J,I) = 1
J = J + 1
(J,I) = 1
J = 3
N
O
B2 = 1
B9 = 1
3013
C4 = 1
3013
C7 = 1
3012
3013

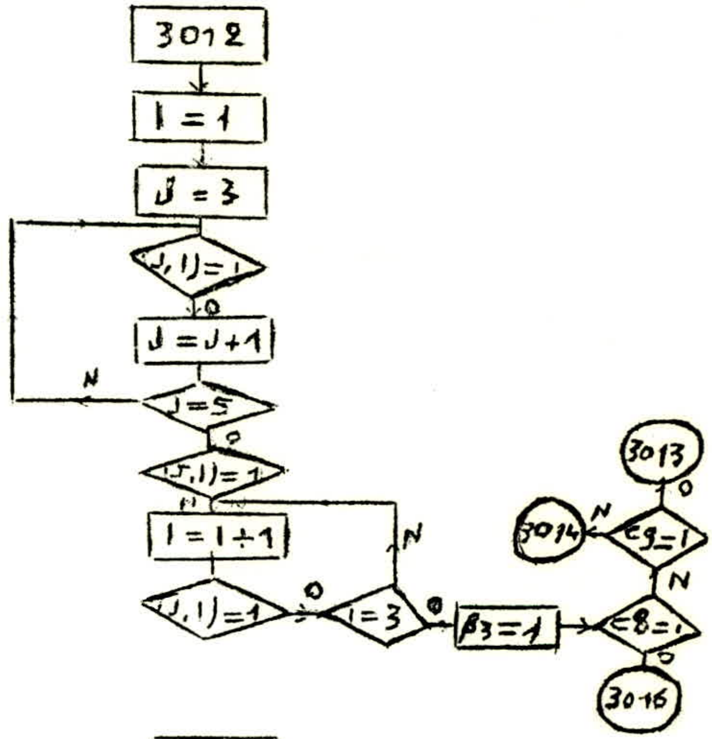

I
J
1
1
1 1

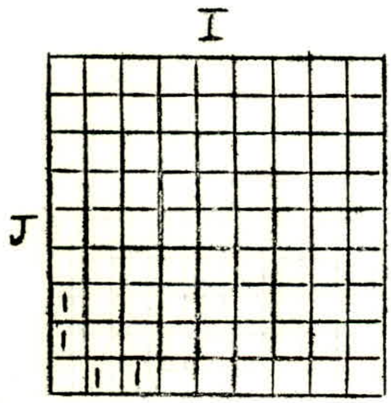

3010
I = N
J = 7
(I, J) = 1
J = J + 1
J = N
N
O
(I, J) = 1
I = I - 1
(I, J) = 1
I = 7
B1 = 1
A1 = 1
A2 = 1
A3 = 1
A5 = 1
A8 = 1
J
3011
3014
3014
3013
B7 = 1
C8 = 1
3014
D

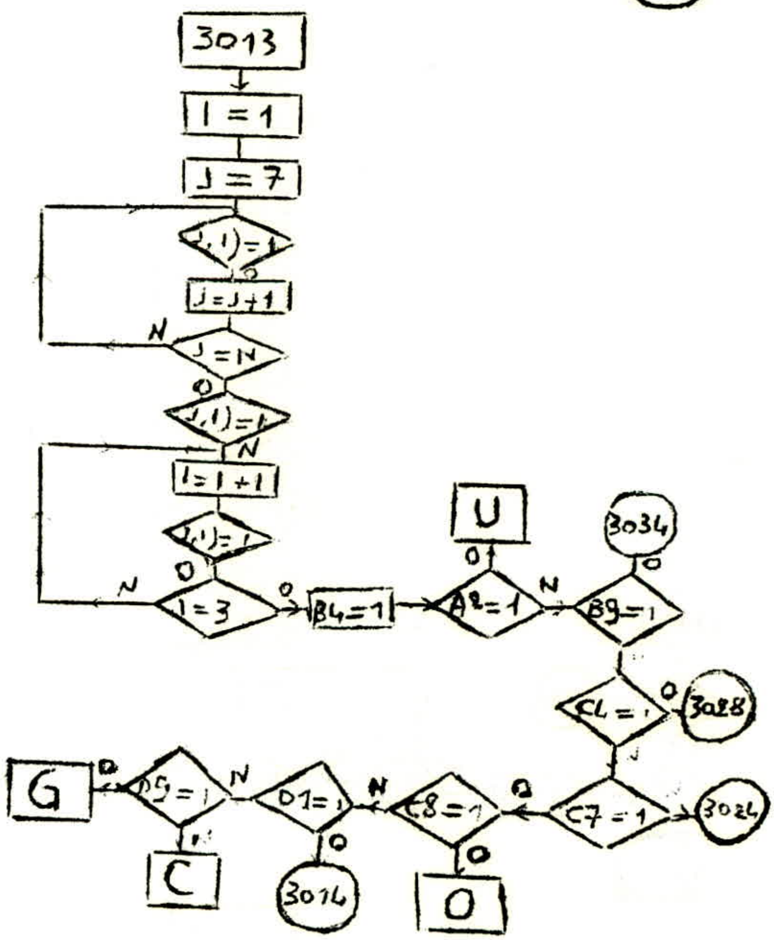

I
J
1 1
1
1

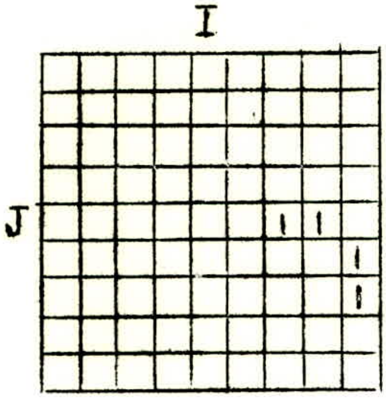

3011
J = 1
I = 3
(I, J) = 1
I = I - 1
I = 1
(I, J) = 1
J = J + 1
(I, J) = 1
J = 3
N
O
B2 = 1
B9 = 1
3013
C4 = 1
3013
C7 = 1
3012
3013

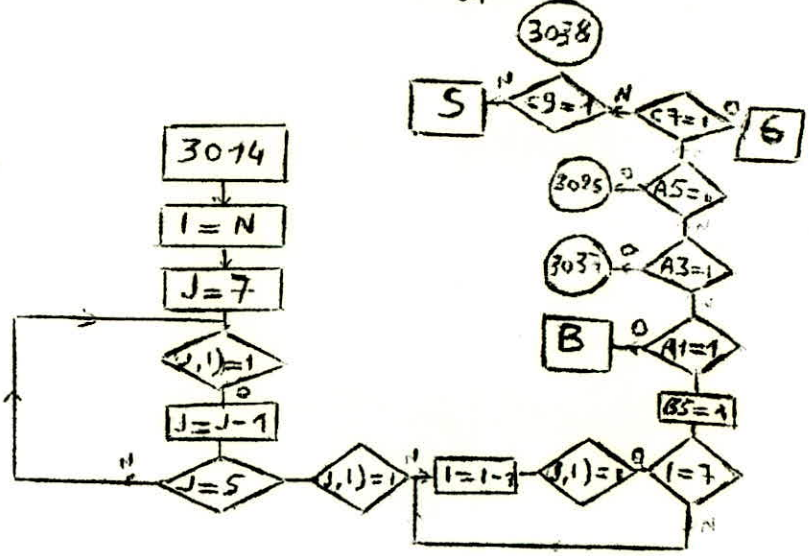

I
J
1
1
1 1

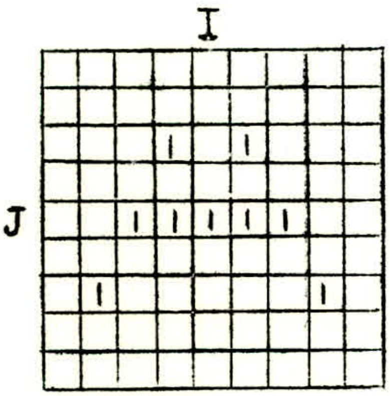

3012
I = 1
J = 3
J = J + 1
J = 5
I = I + 1
I = 3
B3 = 1
E8 = 1
E9 = 1
3013
3014
3016

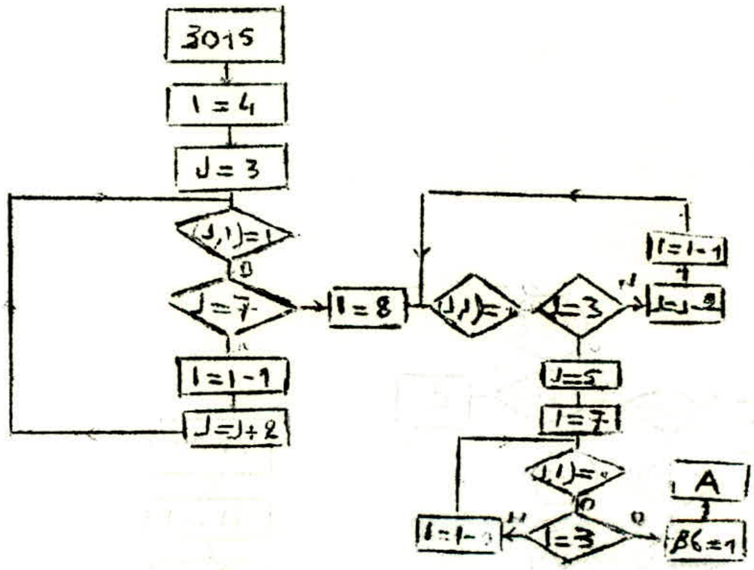

I
J
1
1
1 1

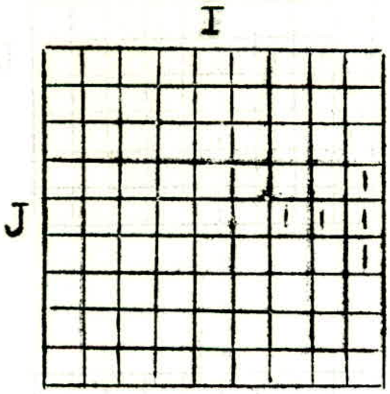

3013
I = 1
J = 7
J = J + 1
I = I + 1
I = 3
B4 = 1
A2 = 1
B9 = 1
U
3034
C4 = 1
3028
C7 = 1
3024
E8 = 1
D1 = 1
D5 = 1
G
C
3014
O

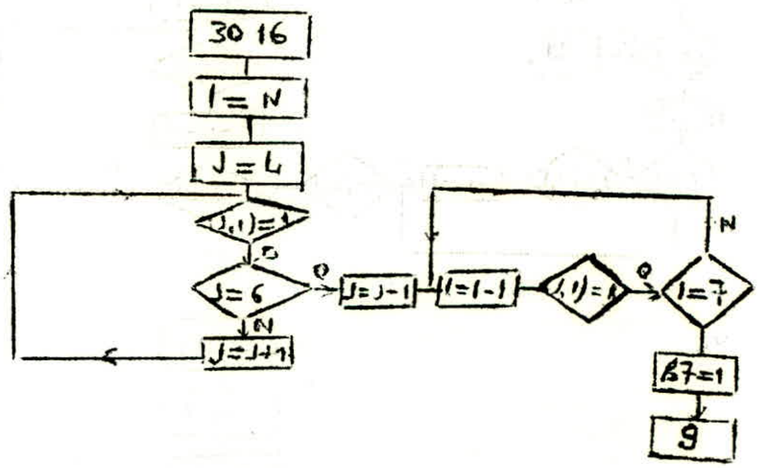

I
J

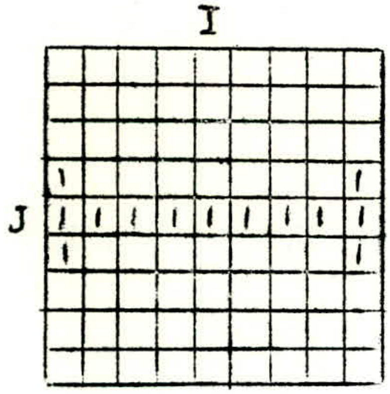

3038
S
6
B
3014
I = N
J = 7
J = J - 1
J = 5
I = I - 1
I = 7
B5 = 1
A1 = 1
A3 = 1
A5 = 0
3035
3037

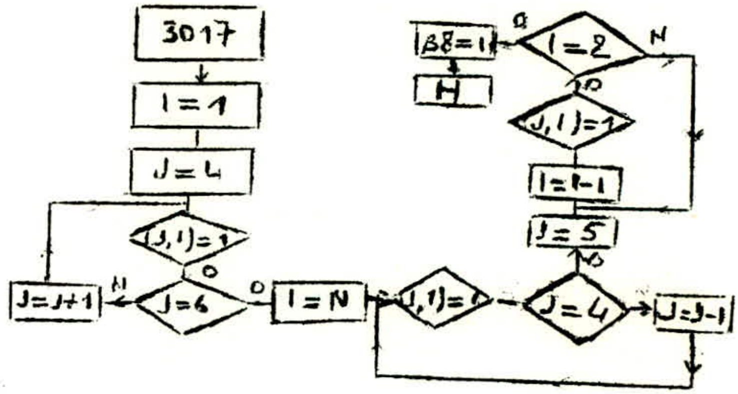

I
J

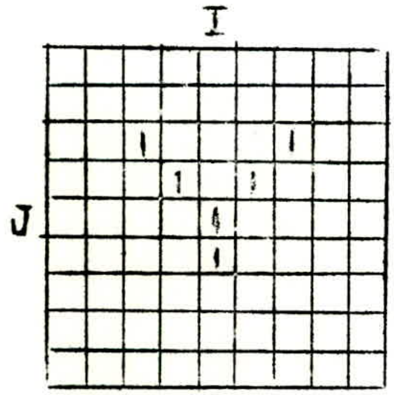

3015
I = 4
J = 3
J = 7
I = 8
I = I - 1
J = J + 2
J = 3
J = 5
I = 7
I = 3
B6 = 1
A

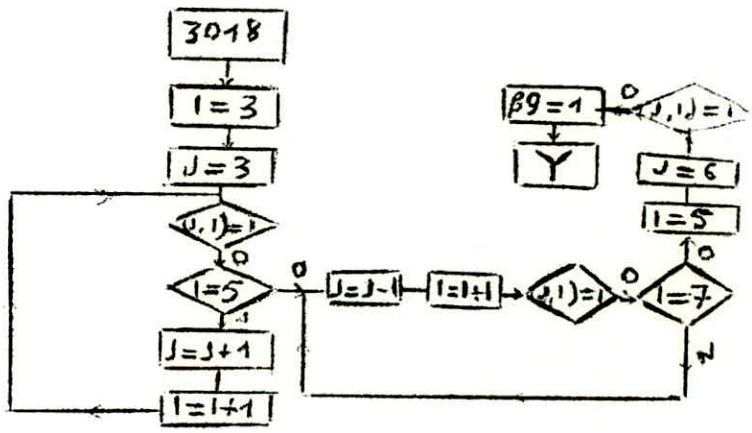

I
J

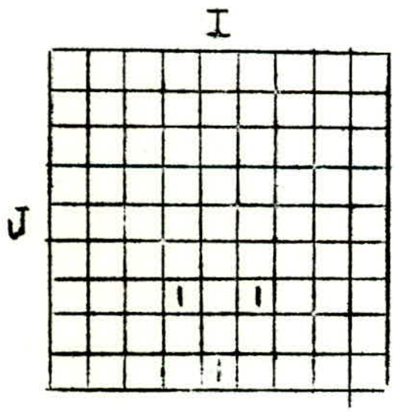

30 16
I = N
J = 4
J = 6
J = J + 1
J = J - 1
I = I - 1
I = 7
B7 = 1
9

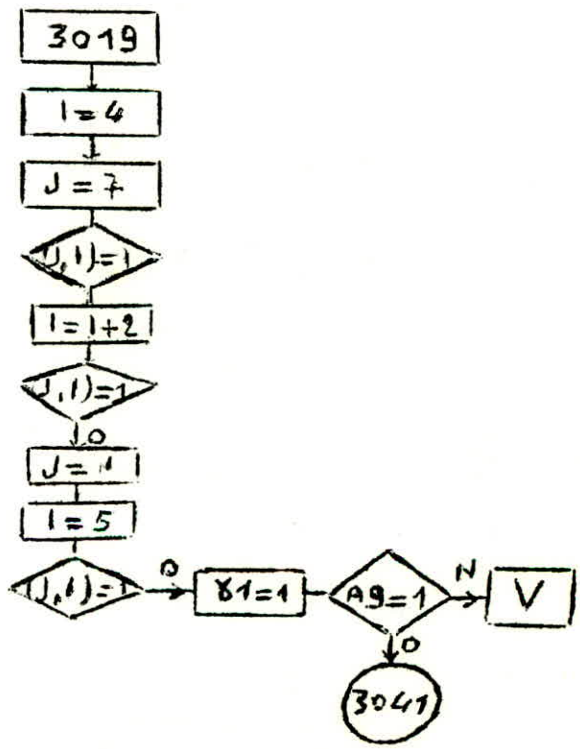

I
J

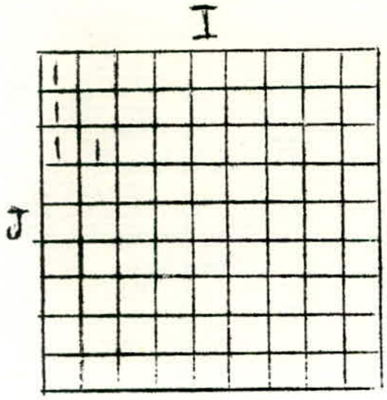

3017
I = 1
J = 4
(J,I)=1
J=6
J=J+1
I = N
(J,I)=1
J = 4
J=J-1
J = 5
I=I-1
(J,I)=1
I=2
β8=1
H

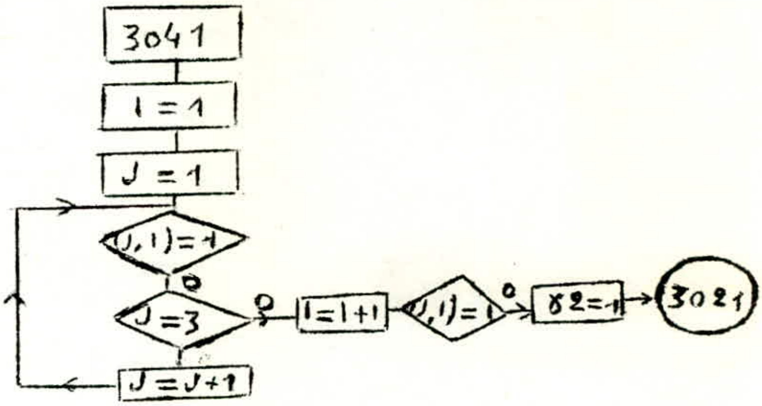

I
J

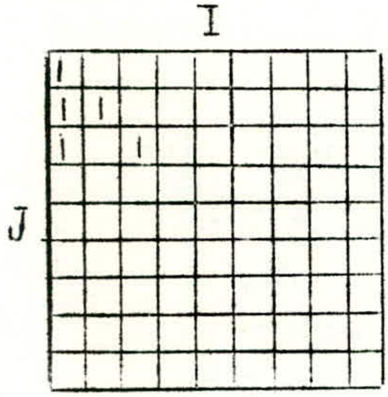

3018
I = 3
J = 3
(J,I)=1
I=5
J=J+1
I=I+1
J=J-1
I=I+1
(J,I)=1
I=7
I=5
J = 6
(J,I)=1
β9 = 1
Y

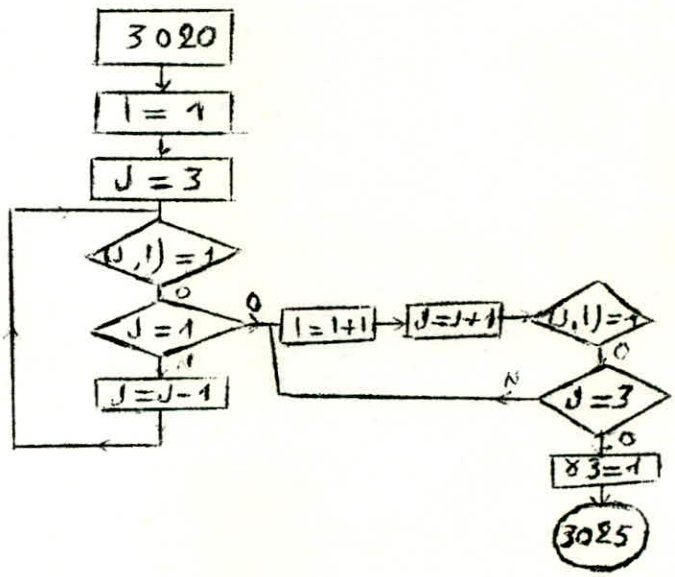

I
J

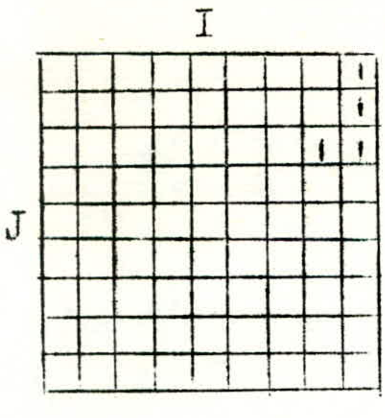

3019
I = 4
J = 7
(J,I)=1
I = I+2
(J,I)=1
J = 1
I = 5
(J,I)=1
γ1=1
A9=1
V
3041

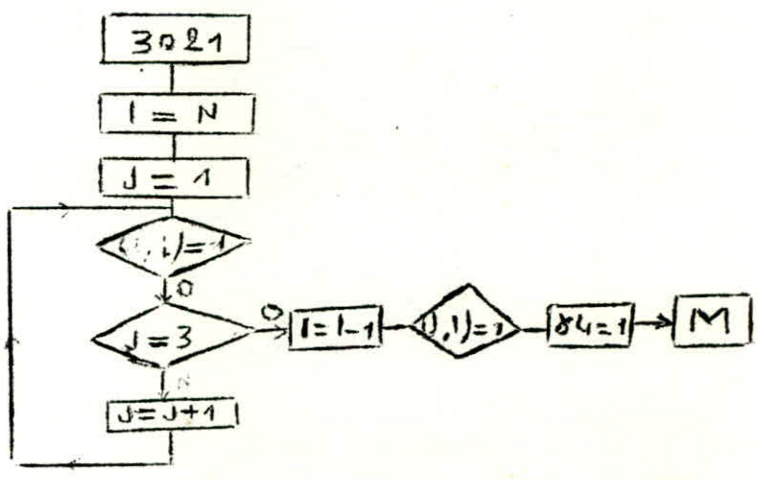

I
J

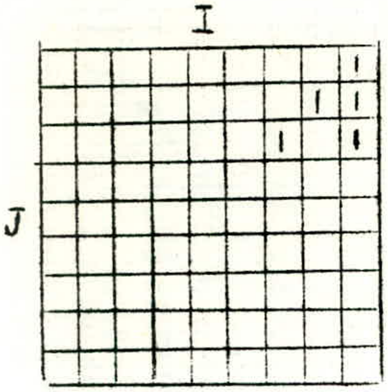

3041
I = 1
J = 1
(J,I) = 1
O
J = 3
O
I = I+1
(J,I) = 1
O
γ2 = 1
3021
J = J+1

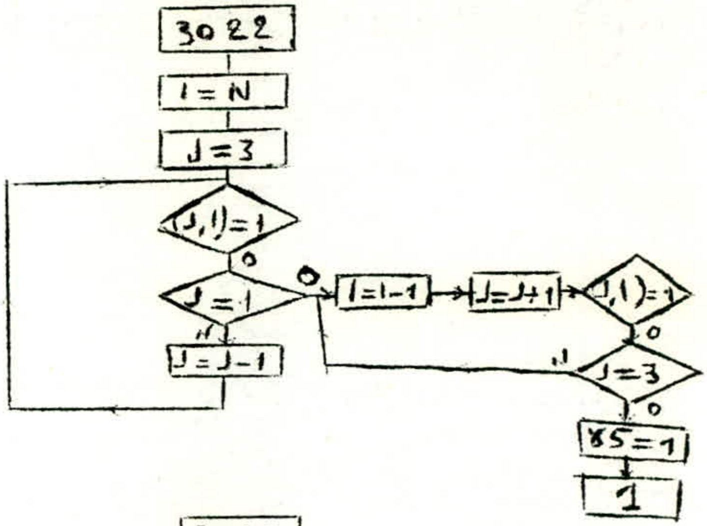

I
J

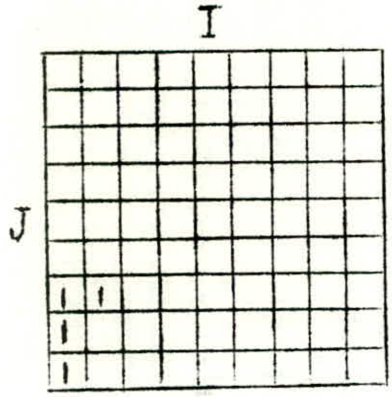

3020
I = 1
J = 3
(J,I) = 1
O
J = 1
O
I = I+1
J = J+1
(J,I) = 1
O
N
J = 3
O
J = J - 1
γ3 = 1
3025

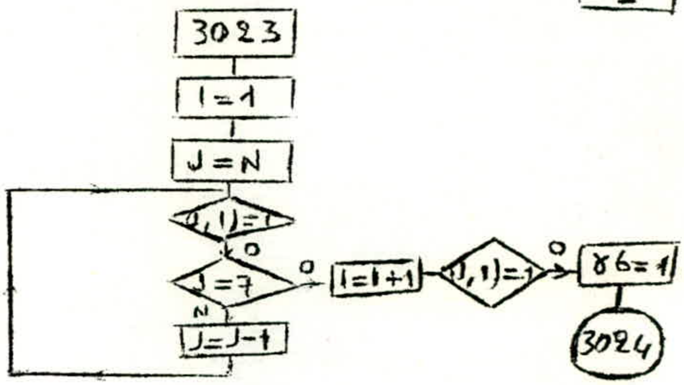

I
J

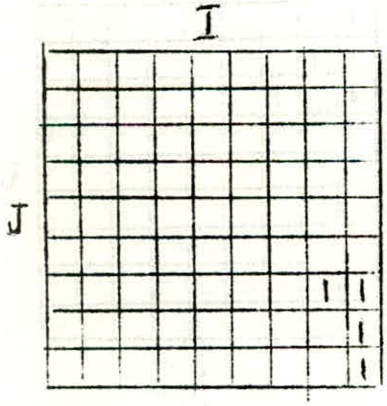

3021
I = N
J = 1
(J,I) = 1
O
J = 3
O
N
I = I-1
(J,I) = 1
γ4 = 1
M
J = J+1

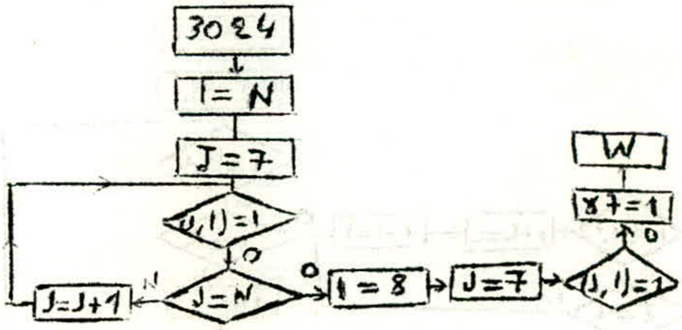

I
J

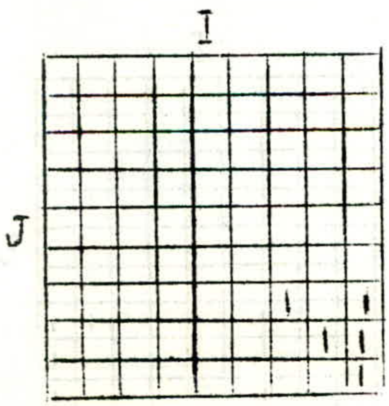

3022
I=N
J=3
(J,I)=1
0
J=1
N
J=J-1
0
I=I-1
J=J+1
(J,I)=1
0
1
J=3
0
Y5=1
1

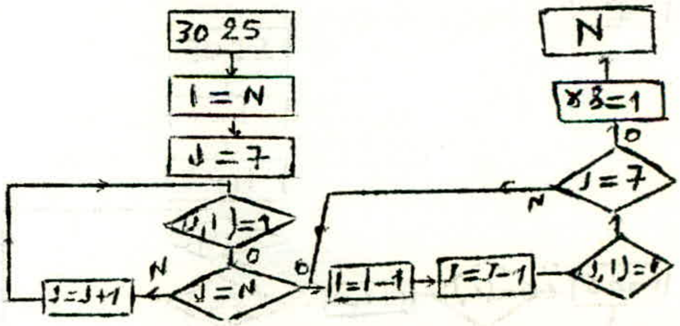

I
J

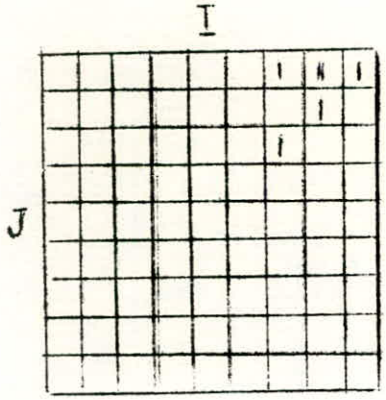

3023
I=1
J=N
(J,I)=1
0
J=7
N
J=J-1
0
I=I+1
(J,I)=1
0
Y6=1
3024

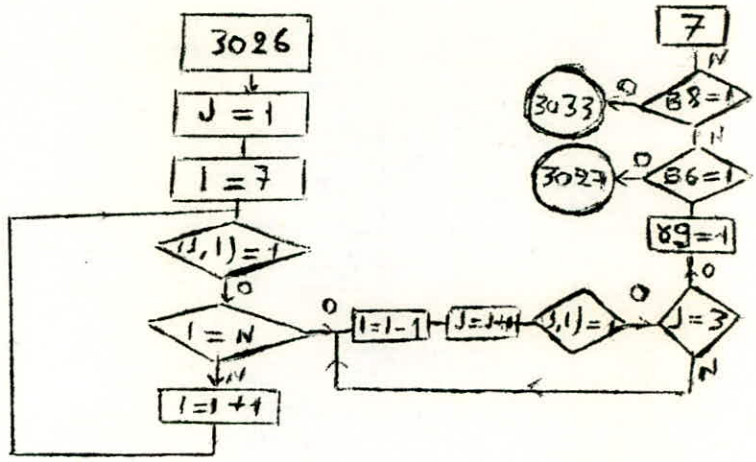

I
J

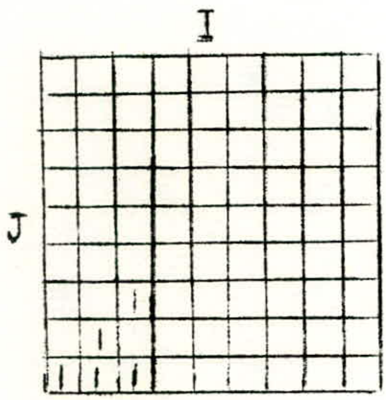

3024
I=N
J=7
(J,I)=1
0
J=N
N
J=J+1
0
I=8
J=7
(J,I)=1
0
Y7=1
W

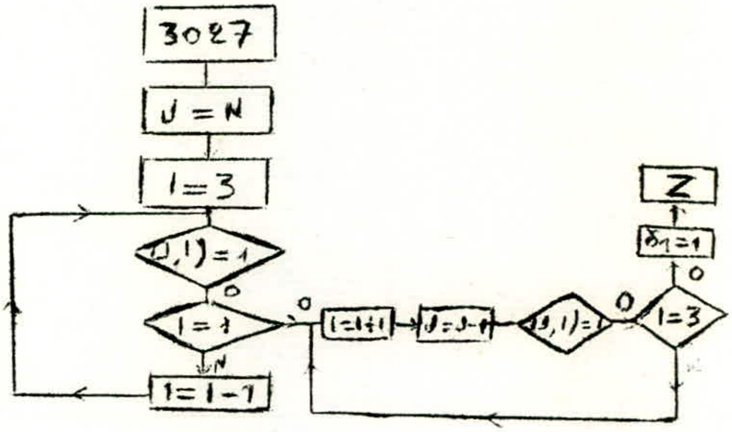

I
J

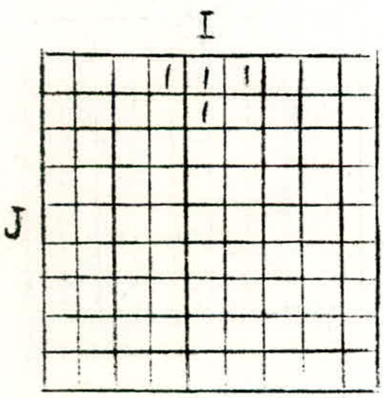

3025
I=N
J=7
(J,I)=1
0
J=N
N
J=J+1
0
I=I-1
J=J-1
(J,I)=1
J=7
N
0
Y8=1
N

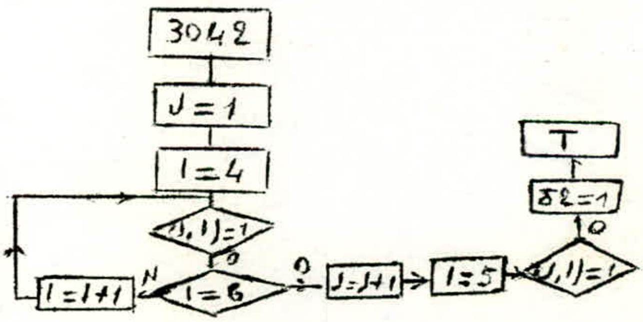

I
J

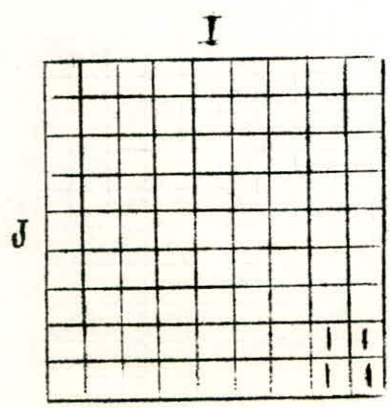

3026
J = 1
I = 7
I = N
I = I + 1
I = I - 1
J = 3
7
3033
3027
δ8 = 1
δ6 = 1
δ9 = 1

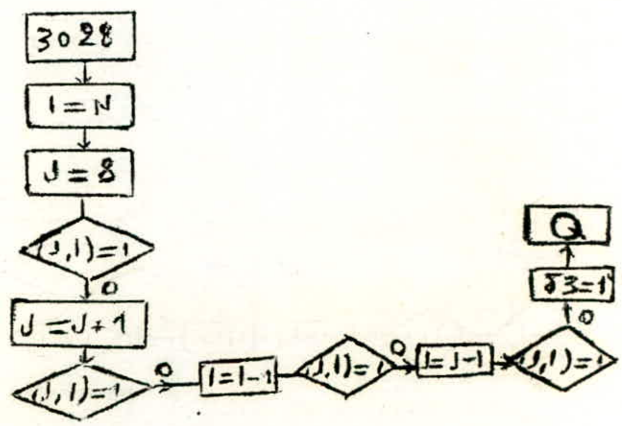

I
J

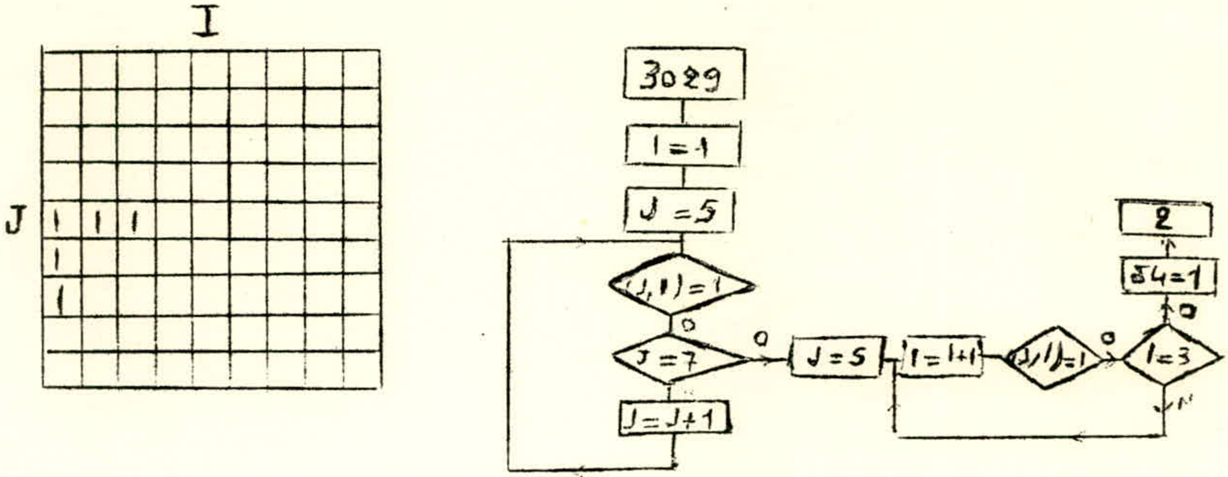

3027
J = N
I = 3
I = I - 1
I = I + 1
I = 3
Z
δ1 = 1

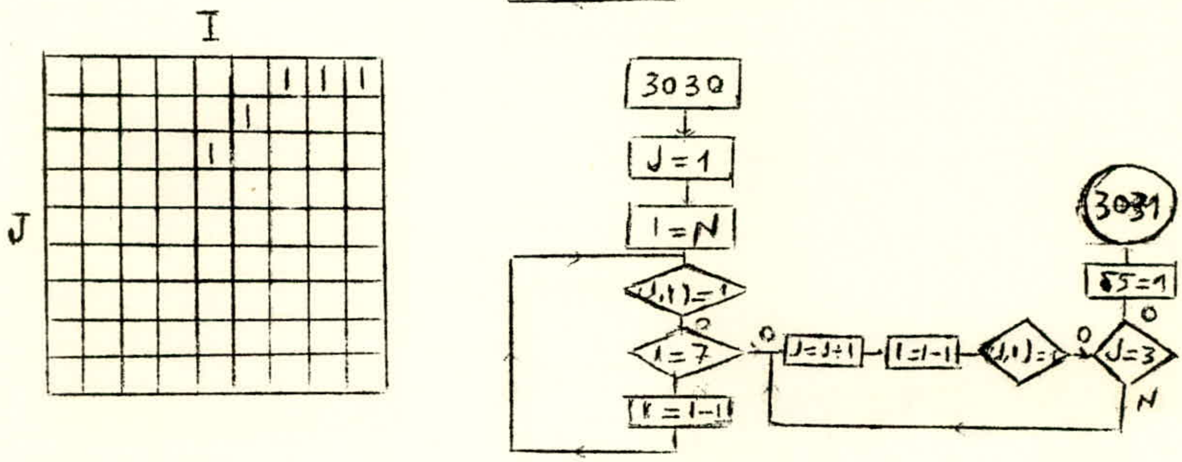

I
J

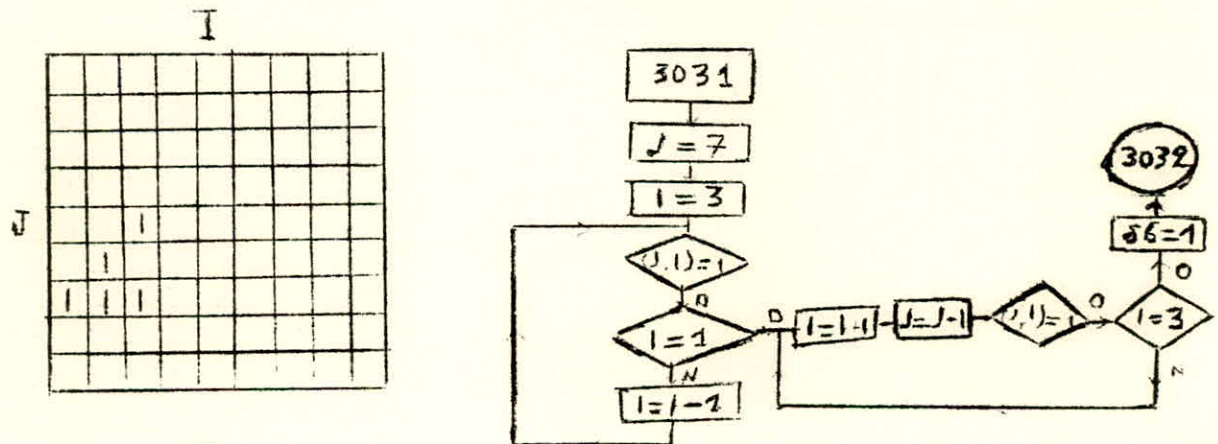

3042
J = 1
I = 4
I = I + 1
I = 6
J = J + 1
I = 5
T
δ2 = 1

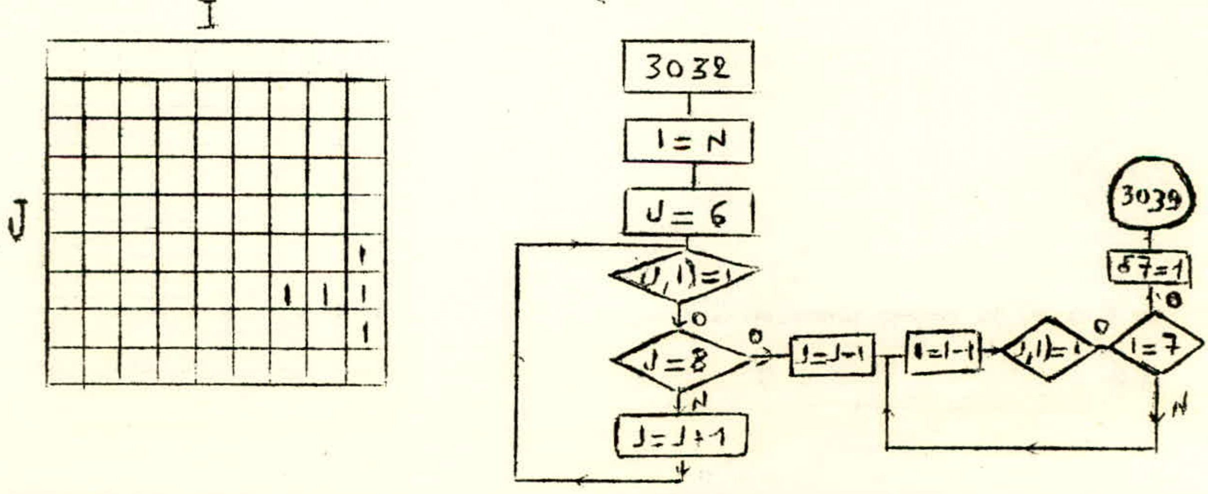

I
J

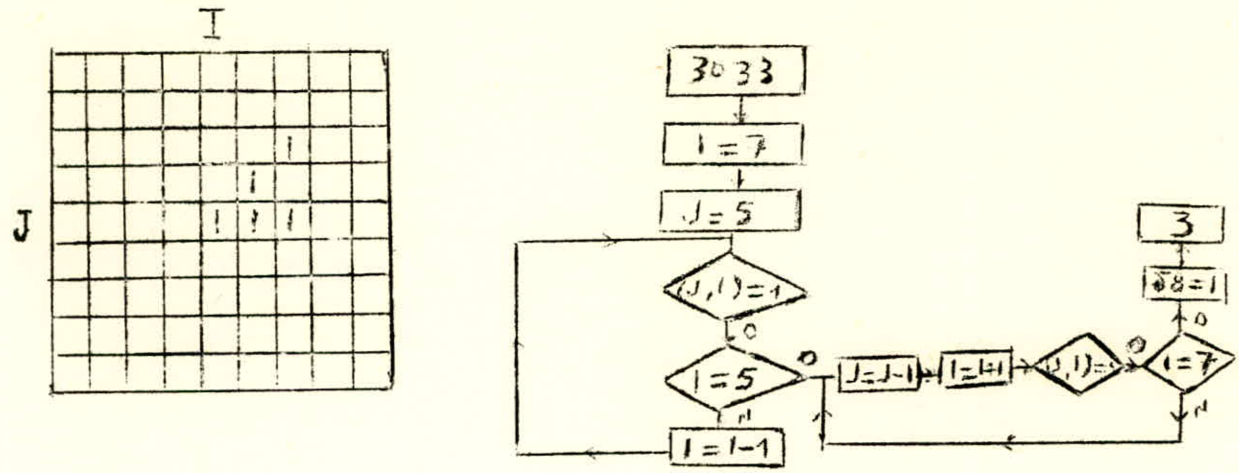

3028
I = N
J = 8
J = J + 1
I = I - 1
Q
δ3 = 1

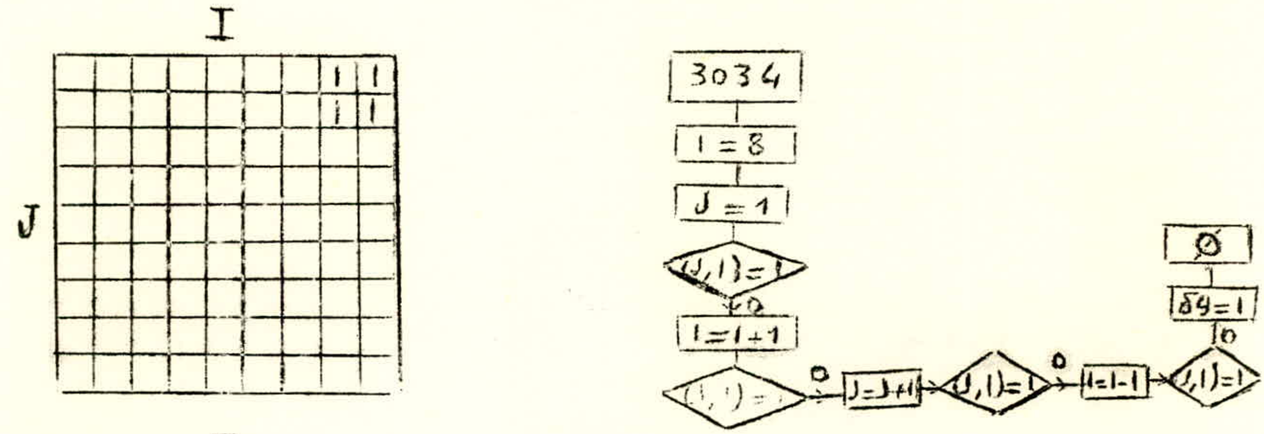

I
J
3029
I = 1
J = 5
(J,I) = 1
J = 7
J = J+1
J = 5
I = I+1
(J,I) = 1
I = 3
δ4 = 1
2

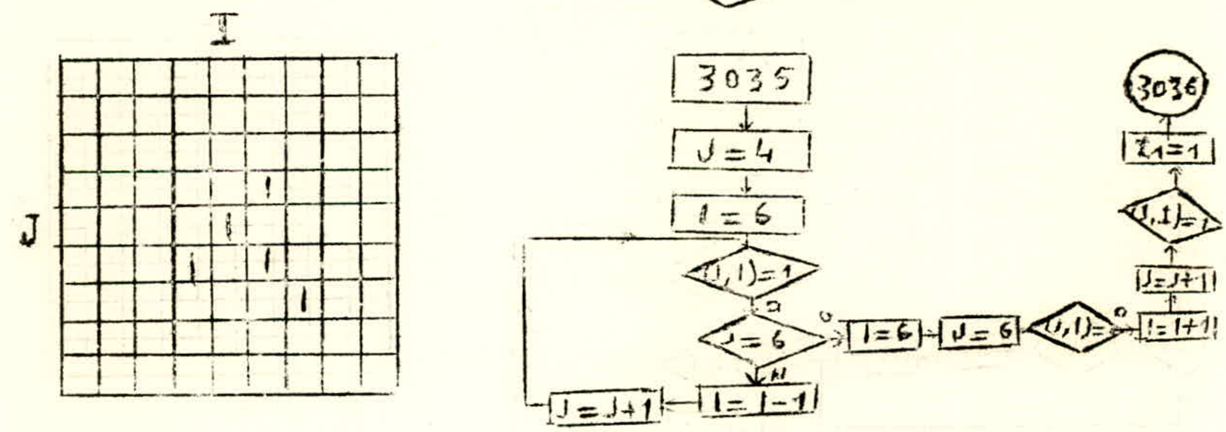

I
J
3030
J = 1
I = N
(J,I) = 1
I = 7
I = I-1
J = J+1
I = I-1
(J,I) = 1
J = 3
δ5 = 1
3031

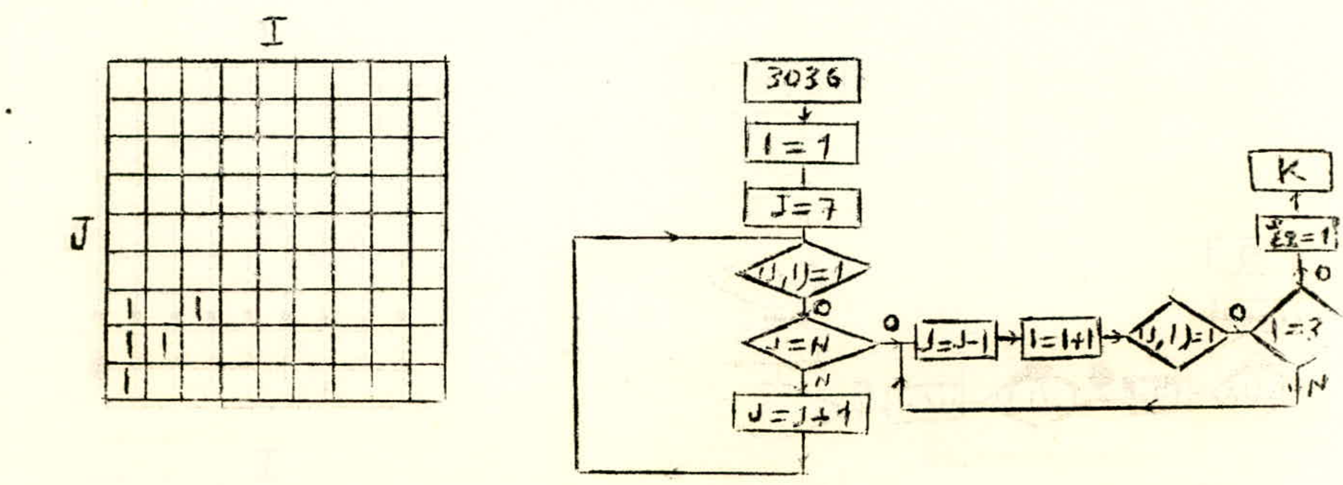

I
J
3031
J = 7
I = 3
(J,I) = 1
I = 1
I = I-1
I = I-1
J = J-1
(J,I) = 1
I = 3
δ6 = 1
3032

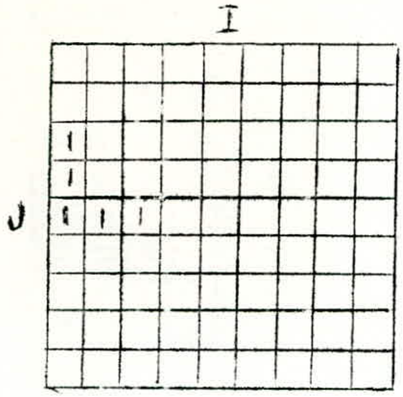

I
J
3032
I = N
J = 6
(J,I) = 1
J = 8
J = J+1
J = J-1
I = I-1
(J,I) = 1
I = 7
δ7 = 1
3039

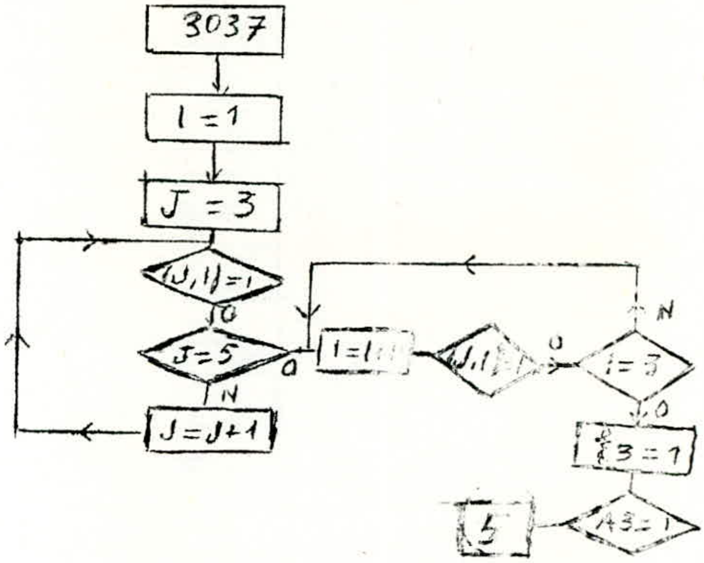

I
J
3033
I = 7
J = 5
I = 5
I = I-1
J = J-1
I = I+1
I = 7
3

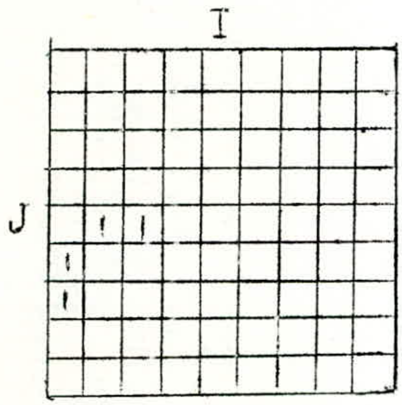

I
J
3034
I = 8
J = 1
I = I+1
J = J+1
I = I-1
Ø

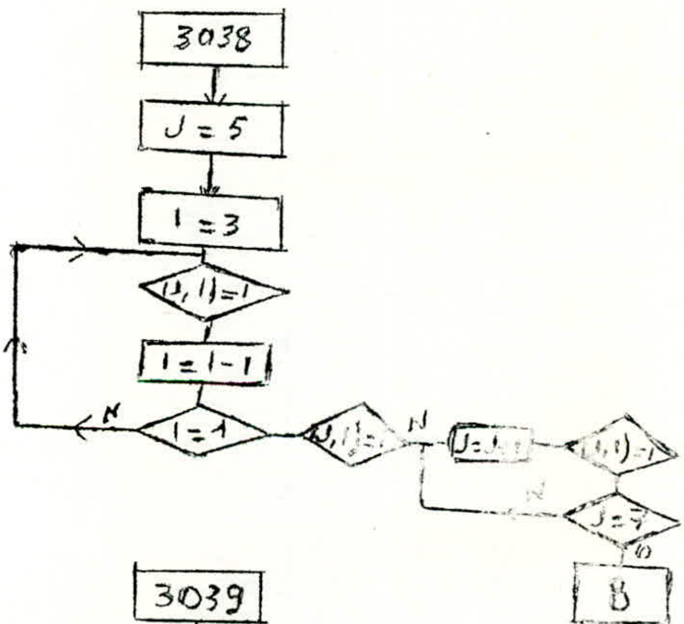

I
J
3035
J = 4
I = 6
J = 6
I = I-1
J = J+1
I = 6
J = 6
I = I+1
J = J+1
3036

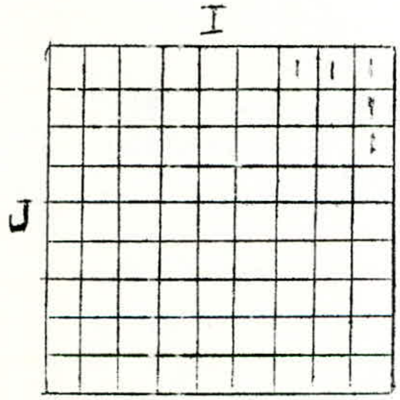

I
J
3036
I = 1
J = 7
J = N
J = J+1
J = J-1
I = I+1
K

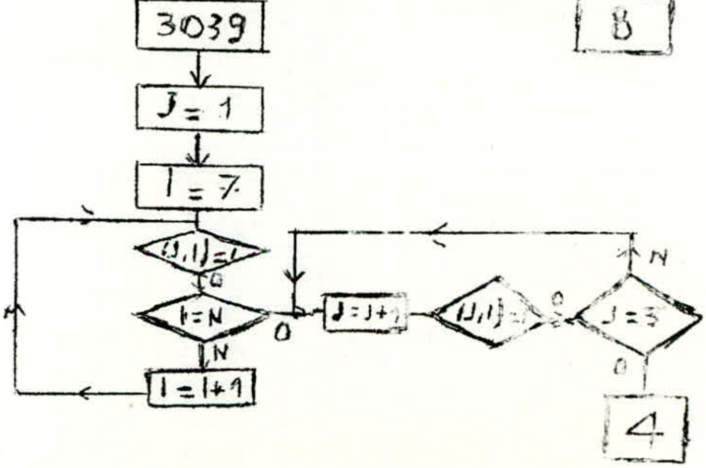

I
J


3037
I = 1
J = 3
(J,I)=1
J=5
J=J+1
N
O
I=I+1
(J,I)=1
I=3
5


I
J


3038
J = 5
I = 3
(J,I)=1
I = I-1
I=1
N
B

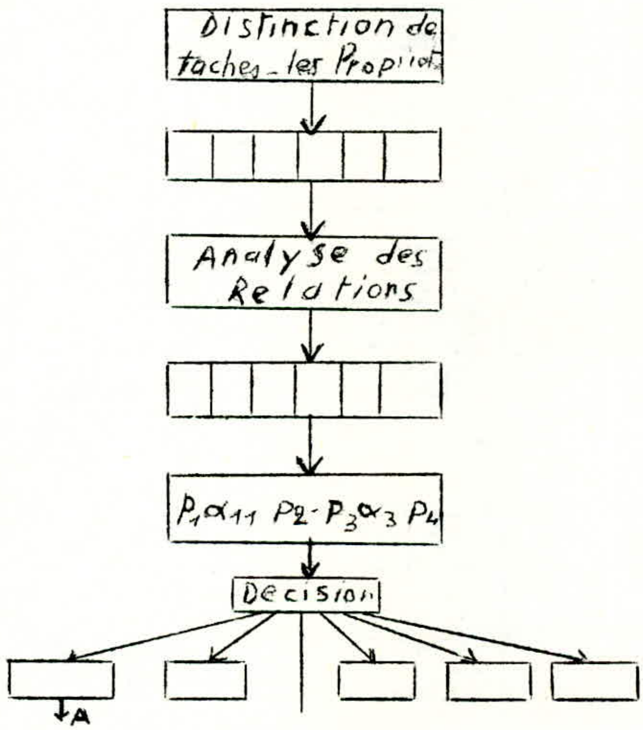

I
J


3039
J = 1
I = 7
(J,I)=1
I=N
I=I+1
N
O
J=J+1
(J,I)=1
J=3
4

CHAPITRE 5 - ANALYSE SYNTAXIQUE -

I - DEFINITIONS ET PROPRIETES

C'est une methode de reconnaissance des images qui est differente de la première (methode dynamique),et plus longue dans l'éxecution du fait qu'on est obligé de tester toutes les proprietés :



On distingue trois phases a,b et c :

a)- Former une pile IPIL(KC),danslaquelle on empile toutes les proprietés retenues et rencontrées dans un ordre fixé à priori.

b)- Comparer les élements de cette pile,avec les étalons qu'on a construit d'avance;chaque étalon correspond à une image de notre domaine.

c)- <u>Décision:</u>

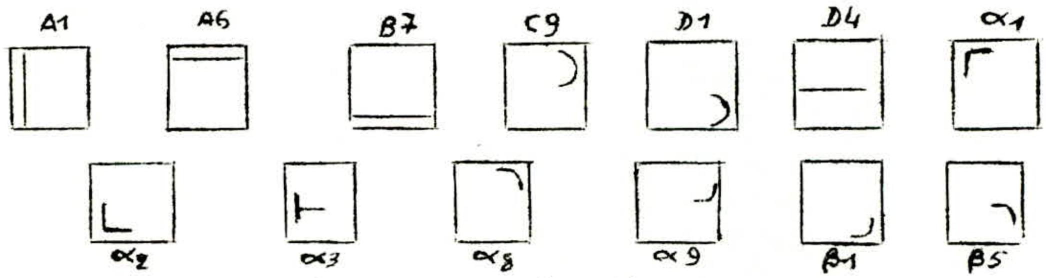
l'étalon qui coincide avec la pile initiale IPIL(KC),nous donne le résultat éscompté.

S'il n'y a aucune réponce;"le caractère est inconnu" .

Les étalons consistent en des piles différentes, qui caractérise chacune une image du Domaine consideré... Toutes les proprietés et relations de l'image y sont empilées dans l'ordre de leurs apparitions;

Exemple :

L'étalon de l'image "B" est une pile IPILB(KC) qui contient tous les élements de "B" ; qui sont :



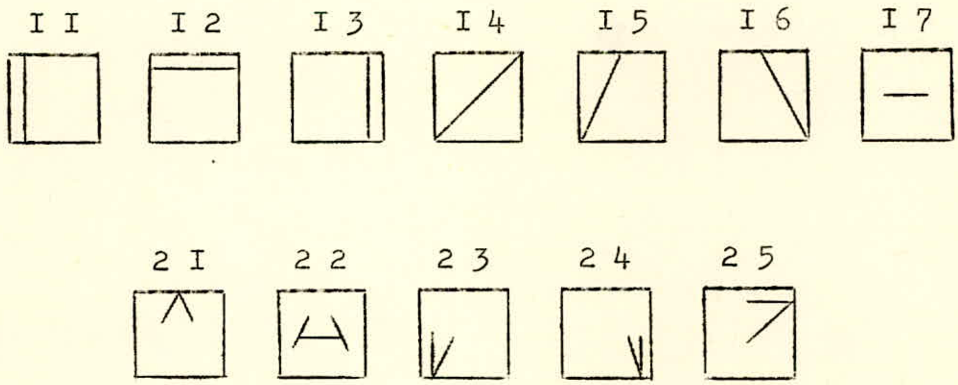
IPILB(KC) est représentée par :

I4	β5
I3	β1
I2	α9
II	α8
IO	α3
9	α2
8	α1
7	D4
6	D1
5	C9
4	B7
3	A6
2	A1
IPILB(I)	B
0	

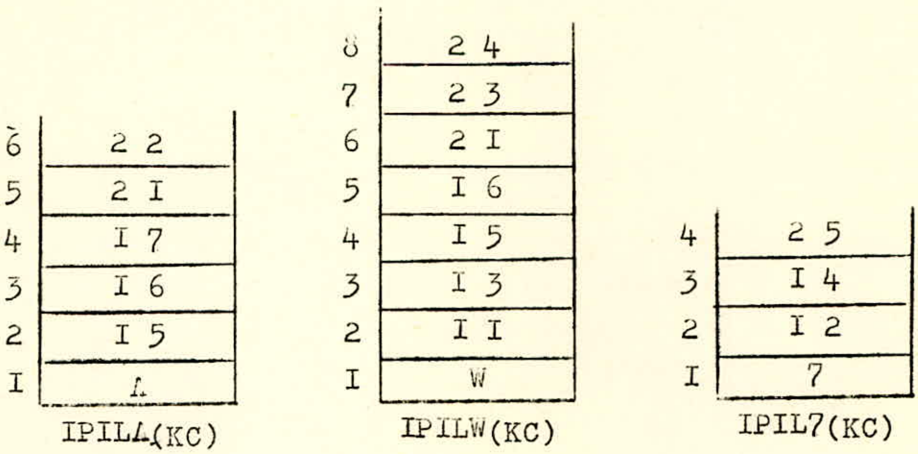
2 - EXAMEN D'UN CAS PRATIQUE

Supposons un domaine constitué de trois images; A, W, 7. Notre but est d'appliquer la methode syntaxique pour reconnaitre ces différentes images.

L'ensemble des proprietés(symboles et relations) de ces images sont décrits comme suit :



2-I - CONSTRUCTION DES ETALONS



Les étalons consistent en des piles; IPILA(KC), IPILW(KC), IPIL7(KC).

L'ordre de remplissage est celui d'apparition des proprietés il est fixé arbitrairement.

Ces étalons seront stockés en mémoire centrale ou sur disque,pour appel et comparaison avec un autre étalon IPIL(KC); qui décrit l'image qu'on veut lire .

<u>2-2 - PROGRAMMATION</u>

Pour illustrer cette théorie,on va écrire un programme qui reconnaittra les trois caractères (cités comme exemple):A, W et 7 appartenant au domaine initiale.

On décrit l'image à reconnaître,dans une matrice MU(J,I) à N dimensions,dans notre cas N=9 .

```
C                 ANALYSE SYNTAXIQUE
      DIMENSION IPIL(8),IPILA(8),IPILW(8),IPIL7(8),MU(  9)
      N=9
      LECT=2
      IMPR=3
      READ(LECT,80I)(IPILA(NA),NA=2,8),(IPILW(JP),JP=2,8),(IPIL7(IM
     I,IM=2,8)
80I   FORMAT(IX,2II2)
      READ(LECT,7002) A,W,7
7002  FORMAT(IX,3AI)
I070  READ(LECT,60I)(MU(J,I),J=I,N),I=I,N)
60I   FORMAT(IX,(79II))
      KC=I
      I=I
      DO IO J=I,N
      IF(MU(J,I)-I)200I,IO,200I
IO    CONTINUE
      KC=KC+I
      IPIL(KC)=II
200I  J=I
      DO II I=I,N
      IF(MU(J,I)-I)2002,II,2002
II    CONTINUE
      KC=KC+I
      IPIL(KC)=I2
```

```
2002  I=N
      DO I2 J=I,N
      IF(MU(J,I)-I)20I6,I2,20I6
I2    CONTINUE
      KC=KC+I
      IPIL(KC)=I3
20I6  I=N
      DO 99 J=I,N
      IF(MU(J,I)-I)2003,99,2003
99    I=I-I
      KC=KC+I
      IPIL(KC)=I4
2003  I=5
      DO I3 J=I,N,2
      IF(MU(J,I)-I)2004,I4,2004
I4    I=I-I
I3    CONTINUE
      KC=KC+I
      IPIL(KC)=I5
2004  I=5
      DO I5 J=I,N,2
      IF(MU(J,I)-I)2005,I6,2005
I6    I=I+I
I5    CONTINUE
      KC=KC+I
      IPIL(KC)=I6
2005  J=5
      DO I7 I=3,7
      IF(MU(J,I)-I)2006,I7,2006
I7    CONTINUE
      KC=KC+I
      IPIL(KC)=I7
2006  J=I
      DO I9 I=5,6
      IF(MU(J,I)-I)2007,I9,2007
I9    J=J+2
      I=4
      J=3
      IF(MU(J,I)-I)2007,20,2007
```

```
20      KC=KC+I
        IPIL(KC)=2I
2007    I=4
        DO 2I J=3,7,2
        IF(MU(J,I)-I)2008,22,2008
22      I=I-I
2I      COTINUE
        J=5
        DO 23 I=3,7
        IF(MU(J,I)-I)2008,23,2008
23      CONTINUE
        I=6
        DO 24 J=3,7,2
        IF(MU(J,I)-I)2008,25,2008
25      I=I+I
24      CONTINUE
        KC=KC+I
        IPIL(KC)=22
2008    I=I
        DO 26 J=7,9
        IF(MU(J,I)-I)2009,26,2009
26      CONTINUE
        I=I+I
        J=7
        IF(MU(J,I)-I)2009,27,2009
27      KC=KC+I
        IPIL(KC)=23
2009    I=N
        DO 28 J=7,9
        IF(MU(J,I)-I)2010,28,2010
28      CONTINUE
        I=I-I
        J=7
        IF(MU(J,I)-I)2010,29,2010
29      KC=KC+I
        IPIL(KC)=24
2010    J=I
        DO 30 I=7,9
```

```
        IF(MU(J,I)-I)20II,30,20II
30      CONTINUE
        I=8
        DO 3I J=2,3
        IF(MU(J,I)-I)20II,32,20II
32      I=I-I
3I      CONTINUE
        KC=KC+I
        IPIL(KC)=25
20II    DO 33 KC=2,6
        NA=KC
        IF(IPIL(KC)-IPILA(NA))20I2,33,20I2
33      CONTINUE
        WRITE(IMPR,500) A
500     FORMAT(20x,AI)
        GO TO 20I4
20I2    DO 34 KC=2,8
        JP=KC
        IF(IPIL(KC)-IPILW(JP))20I3,34,20I3
34      CONTINUE
        WRITE(IMPR,50I) W
50I     FORMAT(20x,AI)
        GO TO I070
20I3    DO 35 KC=2,4
        IM=KC
        IF(IPIL(KC)-IPIL7(IM))20I5,35,20I5
35      CONTINUE
        WRITE(IMPR,502) I7
502     FORMAT(20x,AI)
        GO TO I070
20I5    WRITE(IMPR,503)
503     FORMAT(20x,I9HCARACTERE ILLISIBLE)
20I4    CALL EXIT
        END
// XEQ
```

W
7
A

CHAPITRE 6 - AUTRE METHODE DYNAMIQUE ET SEQUENTIELLE

I - DEFINITIONS

Cette methode est différente de la première, du point de vue propriétés.

L'analyse d'un caractère se fait ligne par ligne . Et les propriétés décrivent la disposition des unités"I"sur une ligne :

- Unité célibataire : I
- Unités éspacées : I␣␣I
- Unités adjacentes : III

Cette methode est plus souple que la première. En effet elle permet de reconnaître les images même déformées.

Ici les propriétés sont qualitatives.

Nous allons décrire le principe avec quelques exemples ensuite on écrira un algorithme géneral.

2 - PRINCIPE

Nous allons utiliser deux sortes de variables :KI et KXI qui désignent respectivement, le nombre d'unités éspacées et adjacentes sur une ligne donnée .

Première ligne I=1

Recherche du nombre K d'unités sur cette ligne . Stocker au fur et à mesure les numéros des colonnes correspondantes dans les JI(K) (tableaux dimensionnés) .

KI=K ----- pour les unités éspacées, exemple: U, V, Y, W, N, M, X, I .

KXI=K ---- pour les unités adjacentes, exemple : D, 

C, 

O,  B, 

Si K=0 pour tous les I (I=I,Imax) ---- VIDE .

Pour les autres lignes I=2,Imax --- on utilise K2,KX2 et J2(K) .

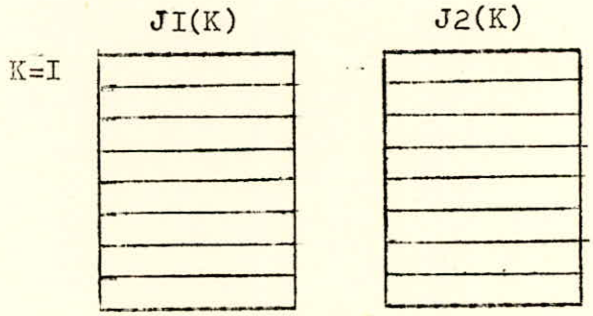
Et avant chaque incrémentation de I (I=I+I),on transfert les J2(K) dans les JI(K) et K2 dans KI .

Puis on augmente I (I+I),on recharge K2 et les J2(K) à nouveau .

Cela nous permet d'utiliser uniquement deux tables JI(K) et J2(K), on donne arbitrairement K=I,20 ,

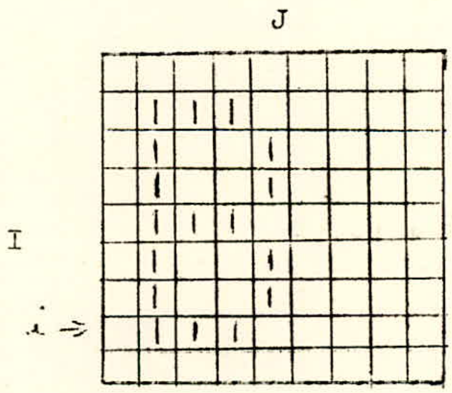
pendant toute la lecture du caractère MU(I,J) .

Pour une matrice MU(I,J) on a pris pour taille maximum des tables JI(K) et J2(K) ;20 .



On peut l'augmenter à volonté si on veut agrandir la matrice davantage.

Exemple de matrice MU(I,J) :



Pour cette matrice :

KXI=3 ---- JI(I), JI(2), JI(3) seront chaegés par les numéros des colonnes contenant l'unité :(JI(I)=3; JI(2)=4; JI(3)=5)

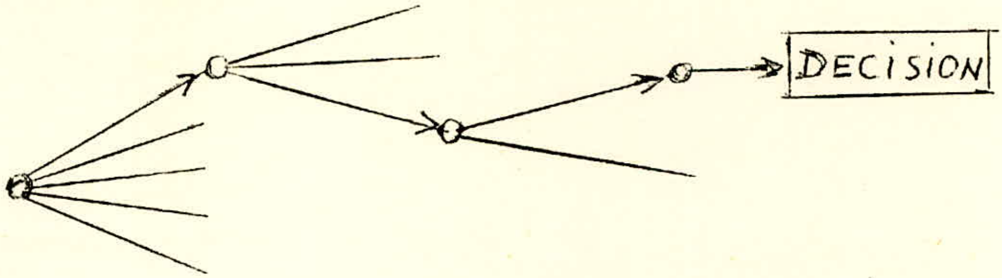
pour I=i --- KX2=3; J2(I); J2(2); J2(3) seront chargés

pour I=i-I --- K2=2; J2(I) et J2(2)

pour passer à I=i ; on doit trasferer J2(I) dans JI(I), J2(2) dans JI(2) et K2 dans KI .

En I=i,on charge les J2(I),J2(2),...........,J2(K) et K2 par les nouvelles valeurs trouvées .

On ne pert aucune information par ce processus.Et on doit s'acheminer vers la solution (Décision)finale par des tests successifs formant un système arborescent :



Ainsi l'algorithme que je me propose d'élaborer dans les pages qui suivent est un modèle arborescent et dynamique,qui mène obligato--irement vers la solution finale .

Cette solution consiste soit :

- reconnaître l'image et l'identifier
- déclarer erreur si l'image n'est pas connue .

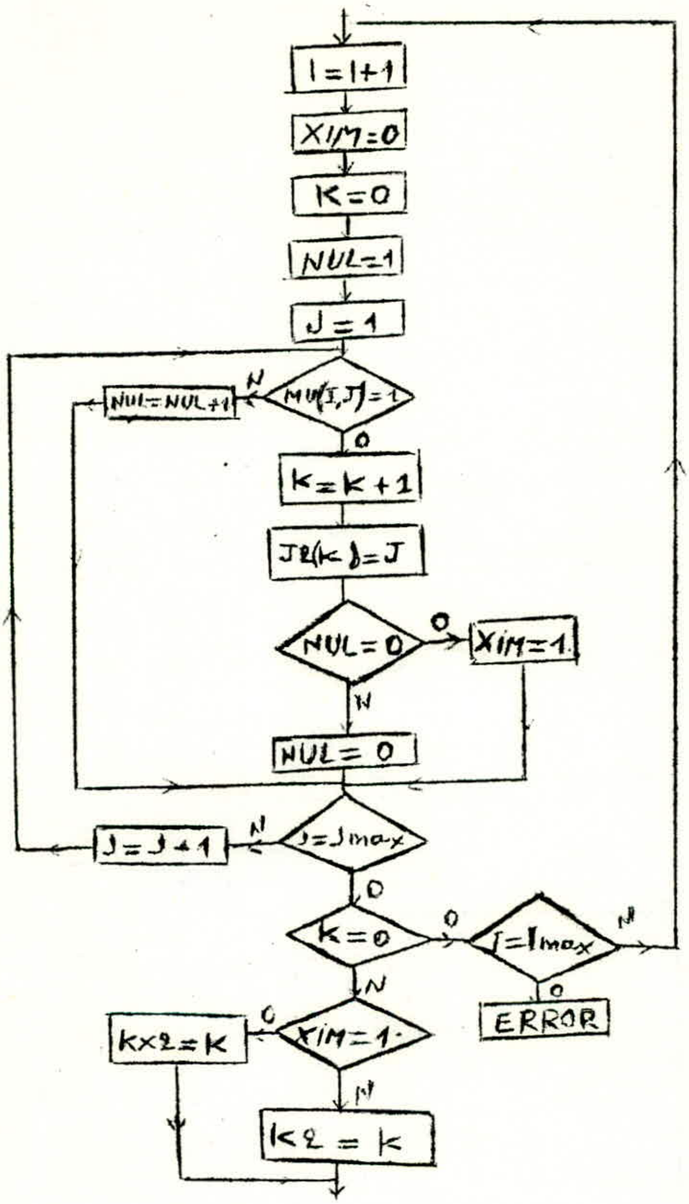
III - SOUS_PROGRAMMES

a)- Sous-programme SPK :

Son but est de charger les J2(K) par les numéros des colonnes des unités des K2 ou KX2 pour la ligne i .

K2 = nombre d'unités éspacées : I␣I␣I␣I

KX2 = nombre d'unités adjascentes (non éspacées) : IIII .



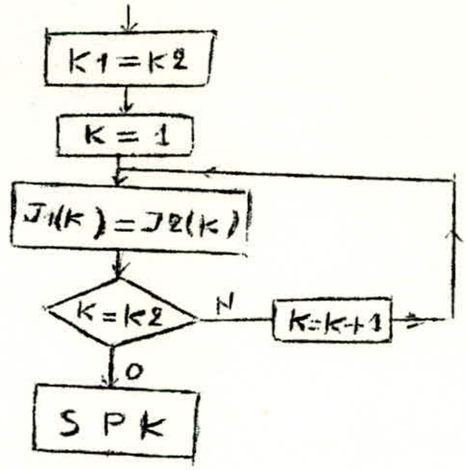
b)- <u>Sous-programme ESP</u>:

Son but est le transfert de K2 dans KI ——→ KI=K2
des J2(K) dans les JI(K) ——→ JI(K)=J2(K)

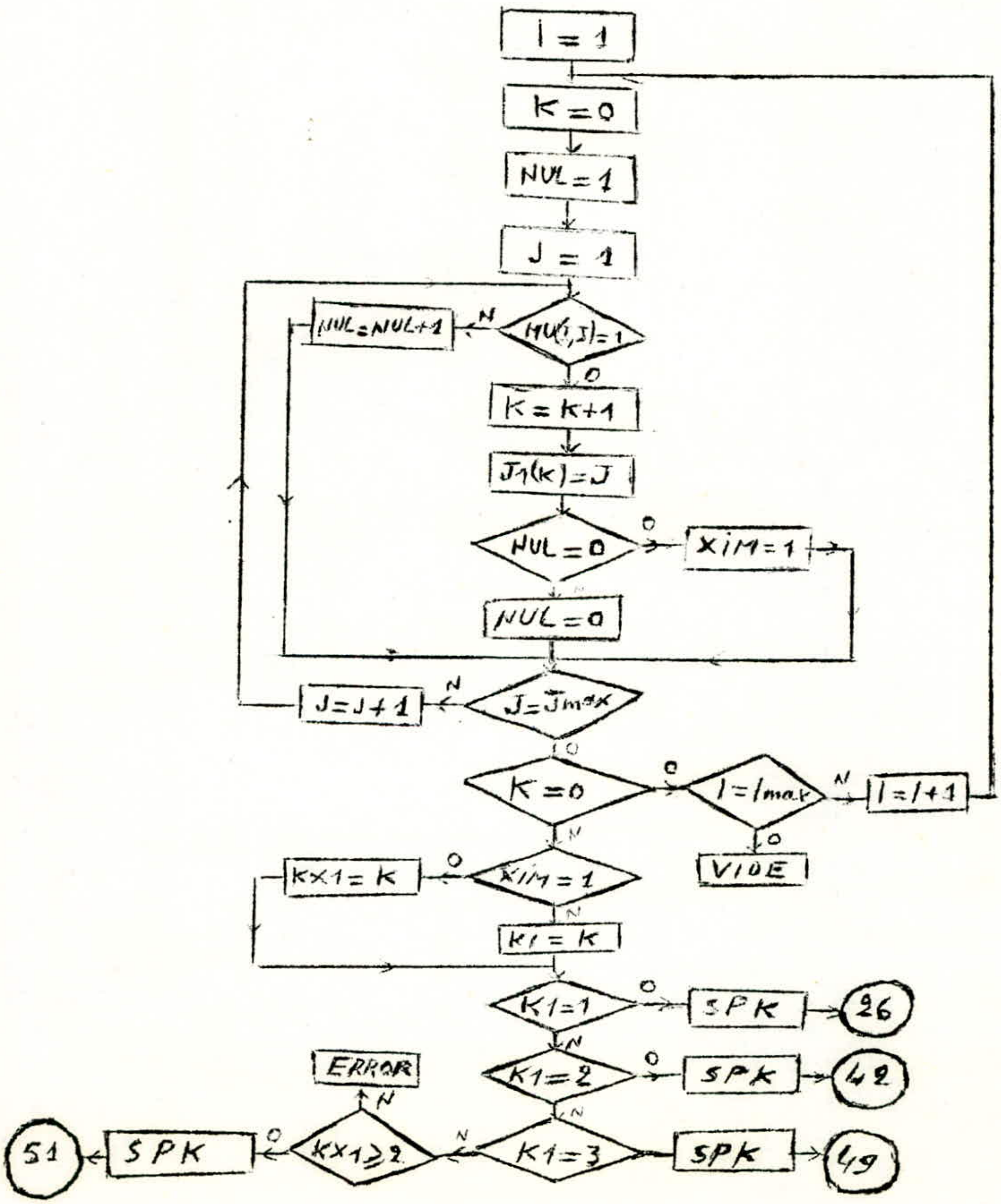
K variant de I à K2 .

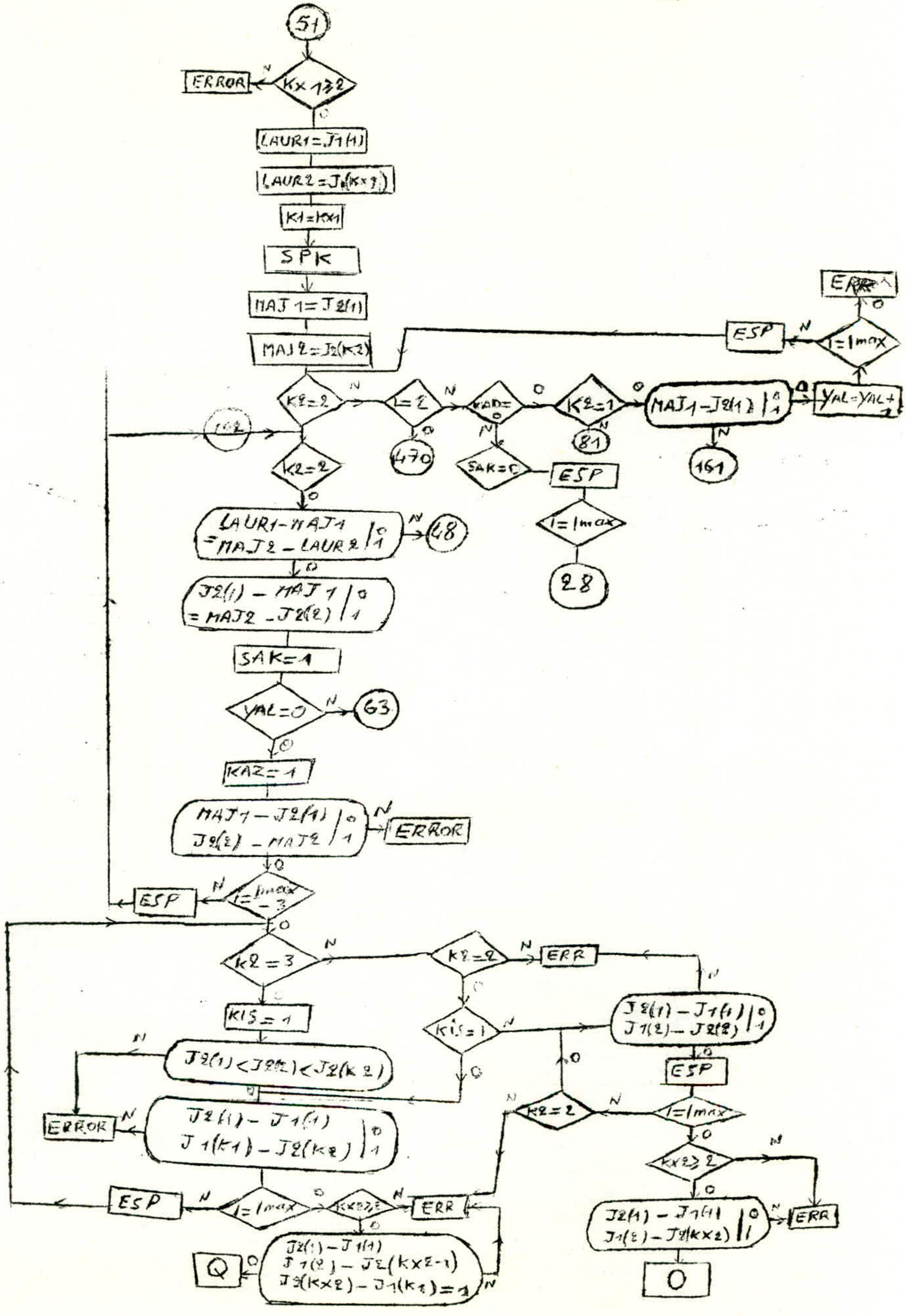
Charger à nouveau les J2(K) et K2 en passant à la ligne suivante.

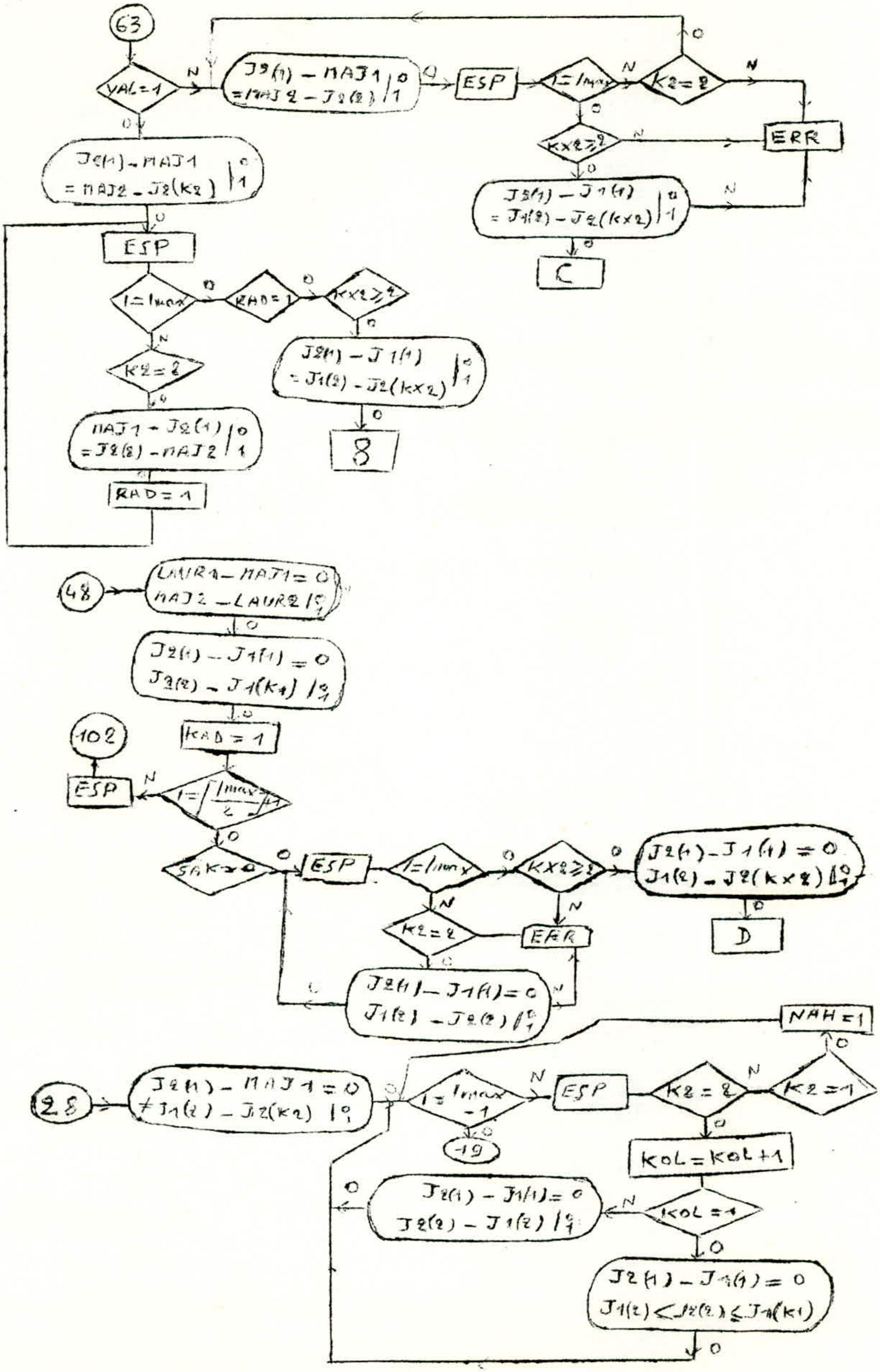
Le sous-programme ESP appelle le s/prog. SPK précedant .

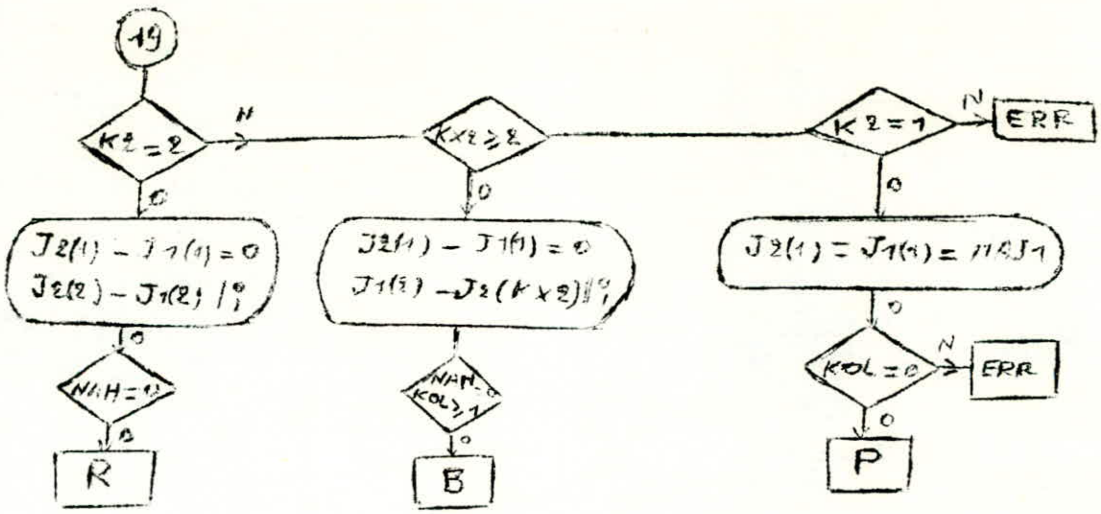


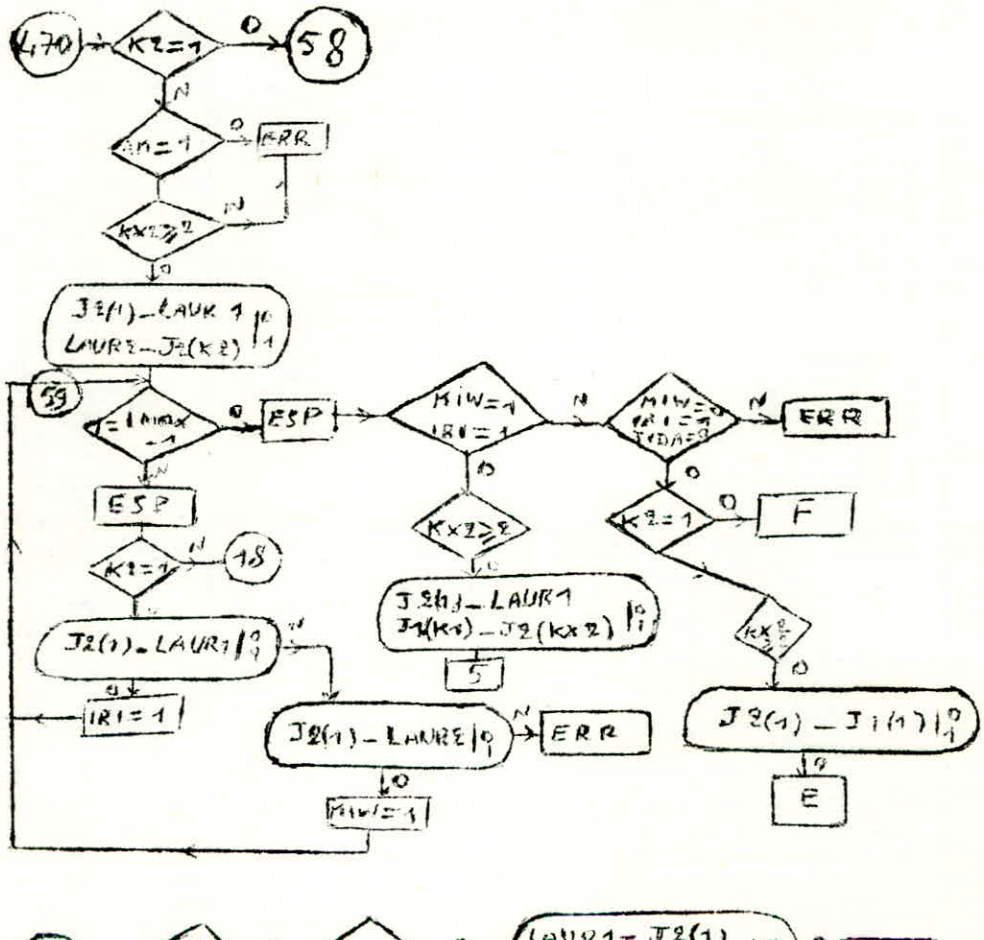
IV - ORGANIGRAMME

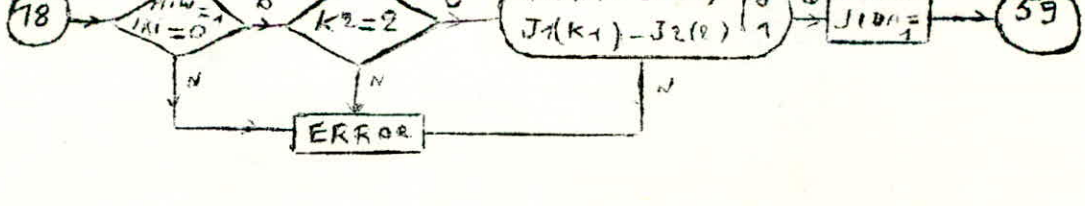


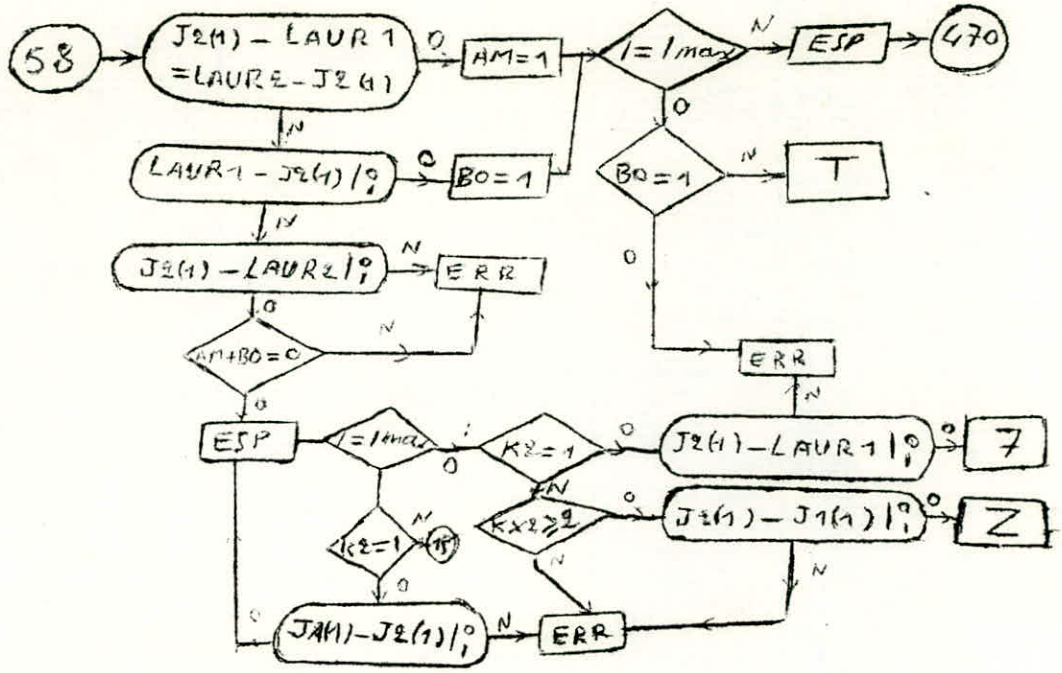

51
ERROR
LAUR1 = J1(1)
K1 = KX1
SPK
MAJ 1 = J2(1)
ESP
I = Imax
K2 = 2
162
470
SAK = 0
ESP
I = Imax
81
161
28
48
SAK = 1
YAL = 0
63
KAZ = 1
ERROR
ESP
k2 = 3
ERR
KIS = 1
ERROR
ESP
I = Imax
ERR
ESP
I = Imax
ERR
Q
O

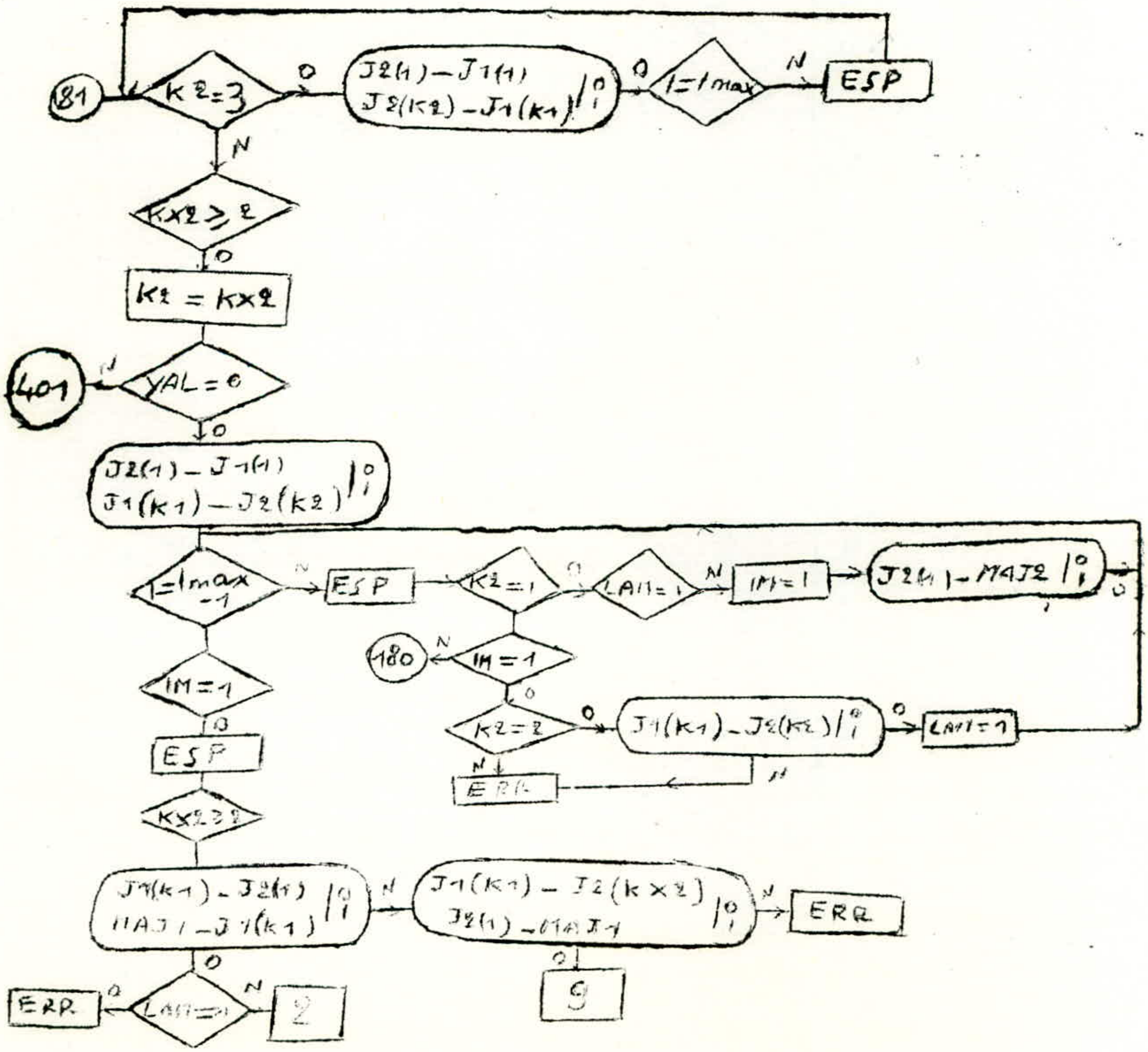

63
YAL=1
ESP
ERR
RAD=1
8
C
48
KAD=1
102
ESP
ERR
D
NAH=1
28
ESP
KOL=KOL+1
19

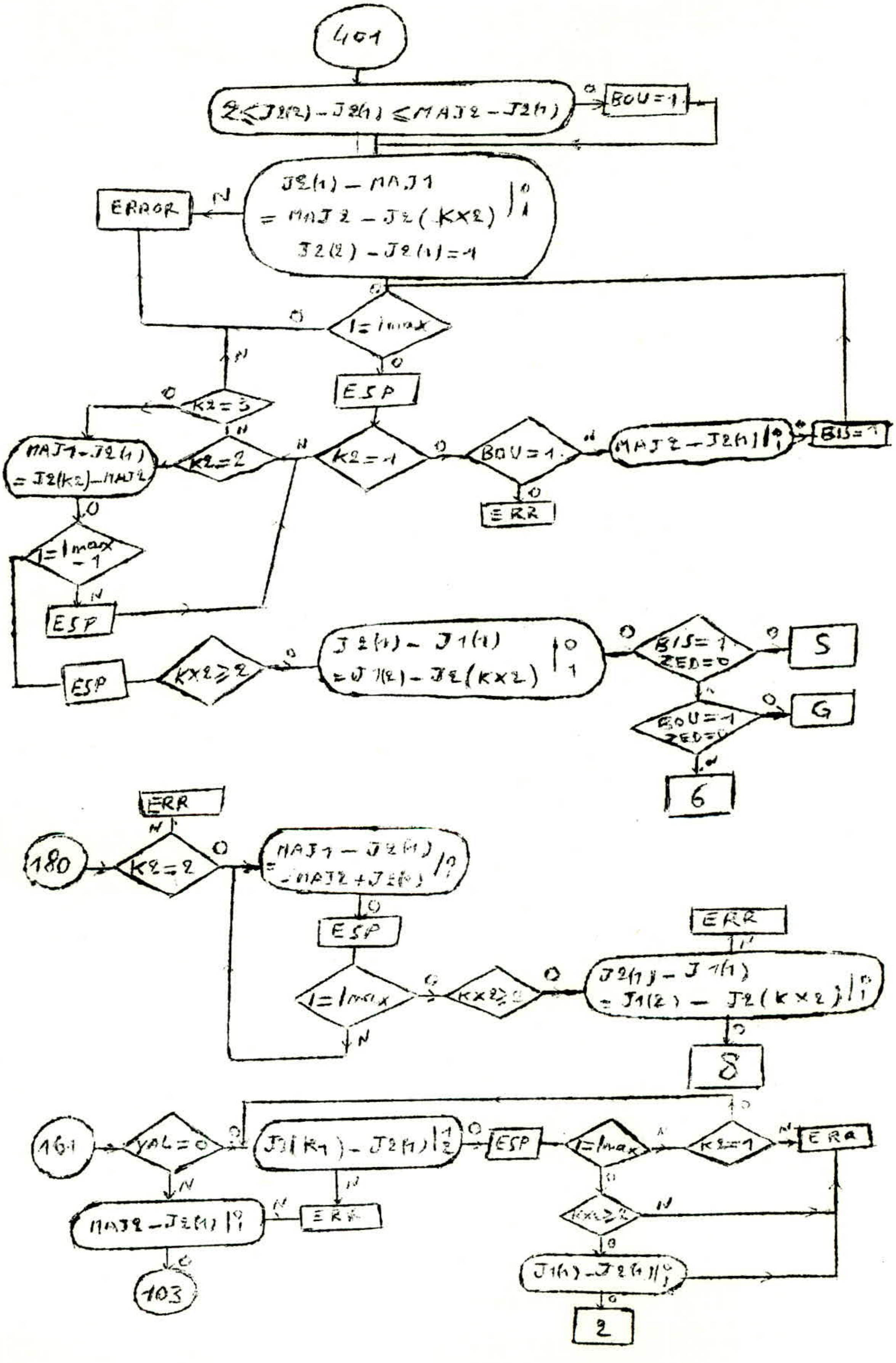

19
K2 = 2
Kx2 ≥ 2
K2 = 1
ERR
KOL = 0
ERR
R
B
P

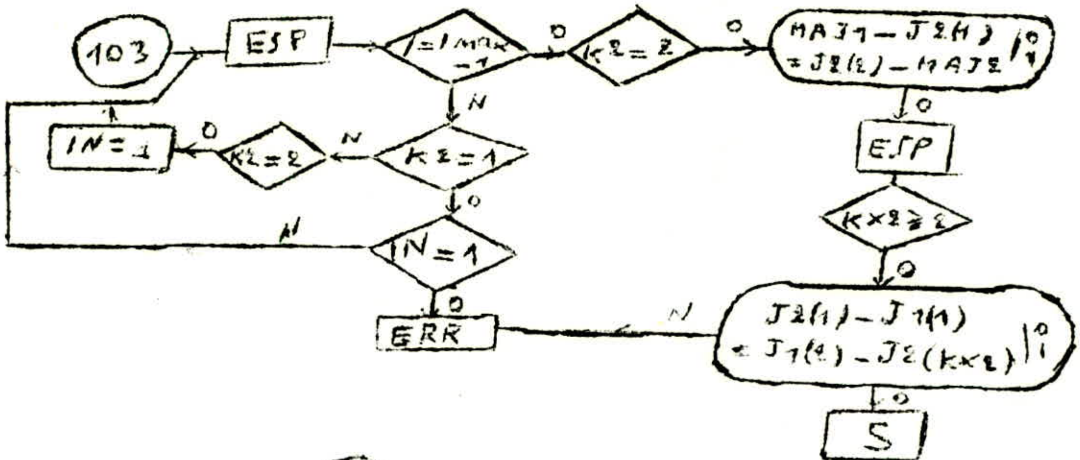

470
K2 = 1
58
ERR
ESP
ESP
18
ERR
F
IR1 = 1
ERR
E
5

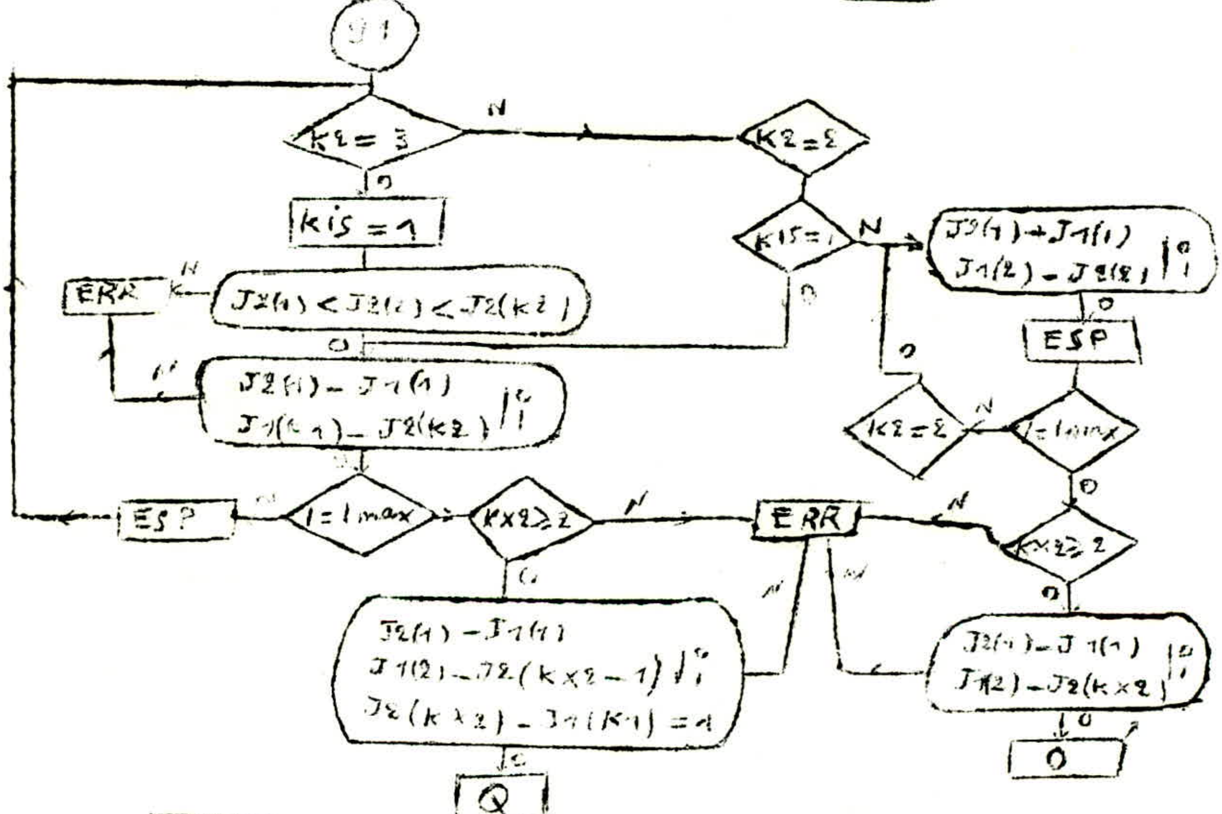

18
K2 = 2
59
ERROR

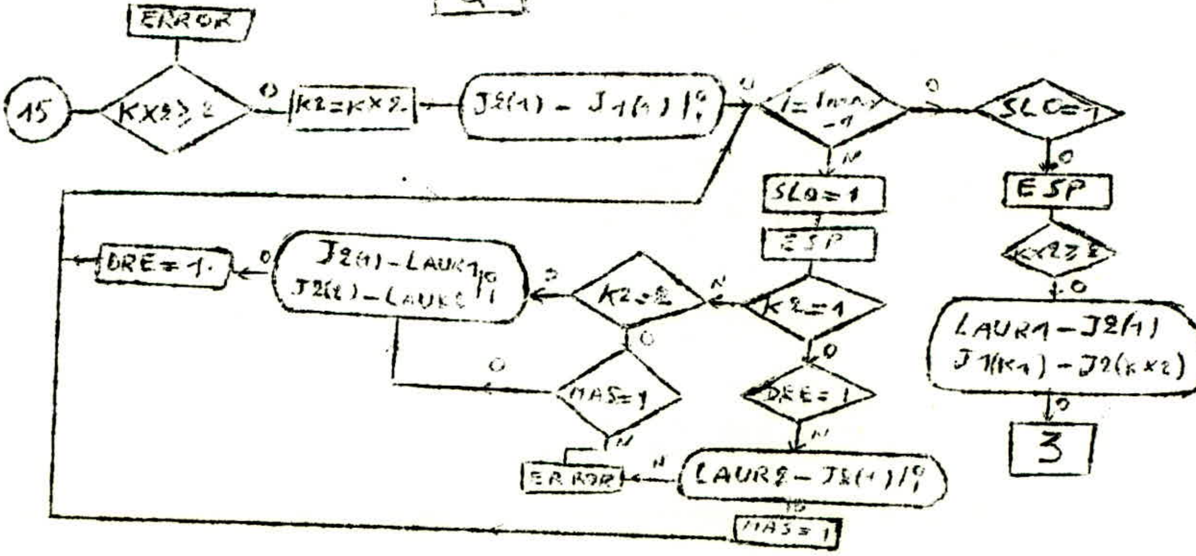

58
J2(1) – LAUR 1
=LAUR2 – J2(1)
AM=1
I=Imax
ESP
470
LAUR1 – J2(1) |
BO=1
BO=1
T
J2(1) – LAUR2 |
ERR
AM+BO=0
ERR
ESP
I=Imax
K2=1
J2(1) – LAUR1 |
7
KX2≥2
J2(1) – J1(1) |
Z
K2=1
JA(1) – J2(1) |
ERR

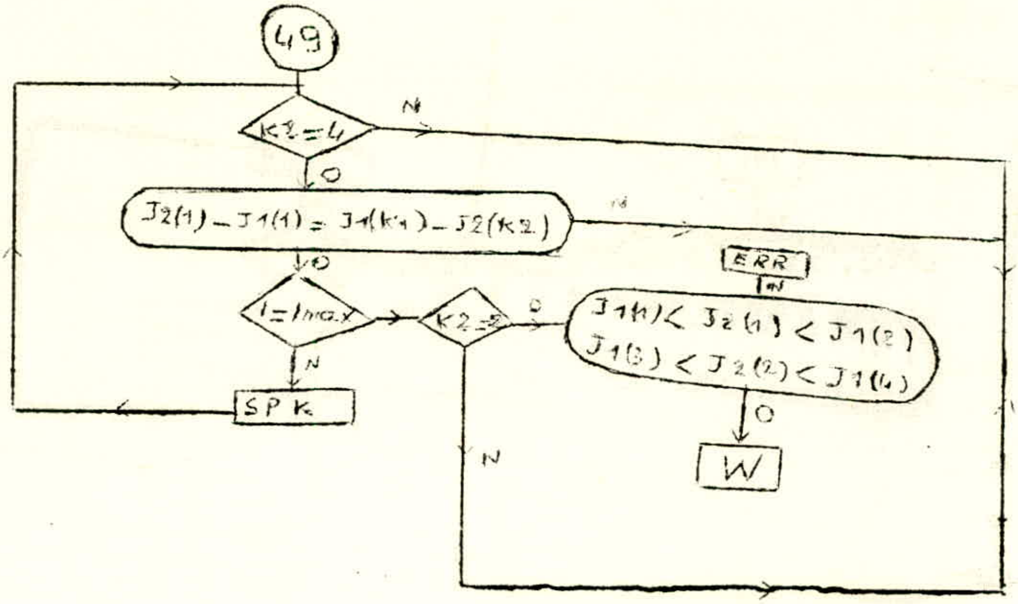

81
K2=3
J2(1) – J1(1)
J2(K2) – J1(K1)
I=Imax
ESP
KX2 ≥ 2
K2 = KX2
401
YAL=0
J2(1) – J1(1)
J1(K1) – J2(K2)
I=Imax
-1
ESP
K2=1
LAM=1
IM=1
J2(1) – MAJ2 |
180
IM=1
IM=1
K2=2
J1(K1) – J2(K2) |
LAM=1
ESP
ERR
KX2≥2
J1(K1) – J2(1)
MAJ1 – J1(K1)
J1(K1) – J2(KX2)
J2(1) – MAJ1
ERR
ERR
LAM=1
2
9


401
BOU=1
ERROR
I=Imax
ESP
K2=3
K2=2
K2=1
BOU=1
ERR
BIS=1
ESP
ESP
KX2≥2
S
G
6
ERR
180
K2=2
ESP
I=Imax
ERR
8
161
YAL=0
ESP
I=Imax
K2=1
ERR
ERR
103
2

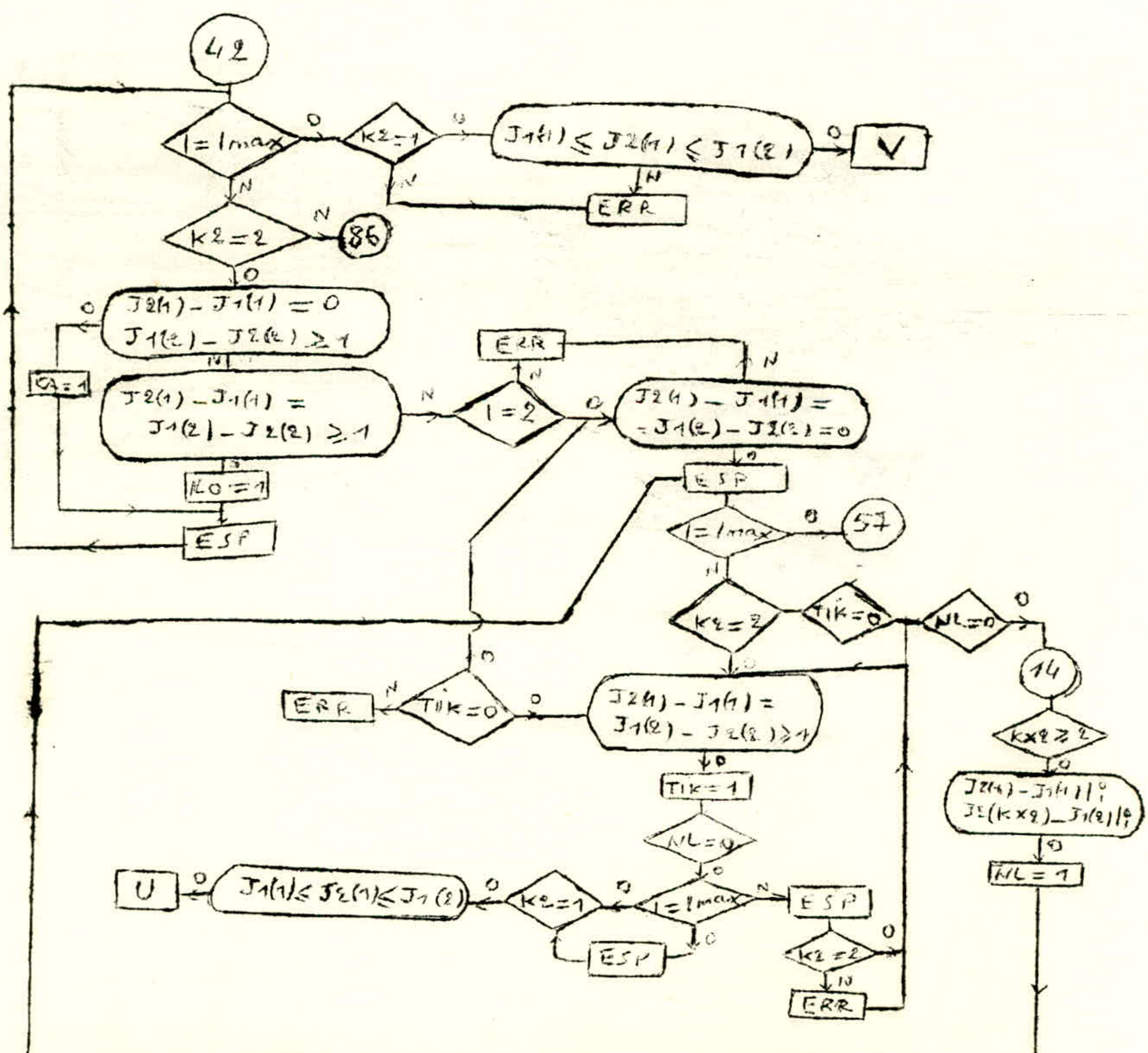

103
ESP
K2=2
IN=1
K2=1
IN=1
ERR
ESP
S


K2=3
K2=2
KIS=1
ERR
ESP
ERR
ESP
I=Imax
Kx2≥2
ERR
Q
0

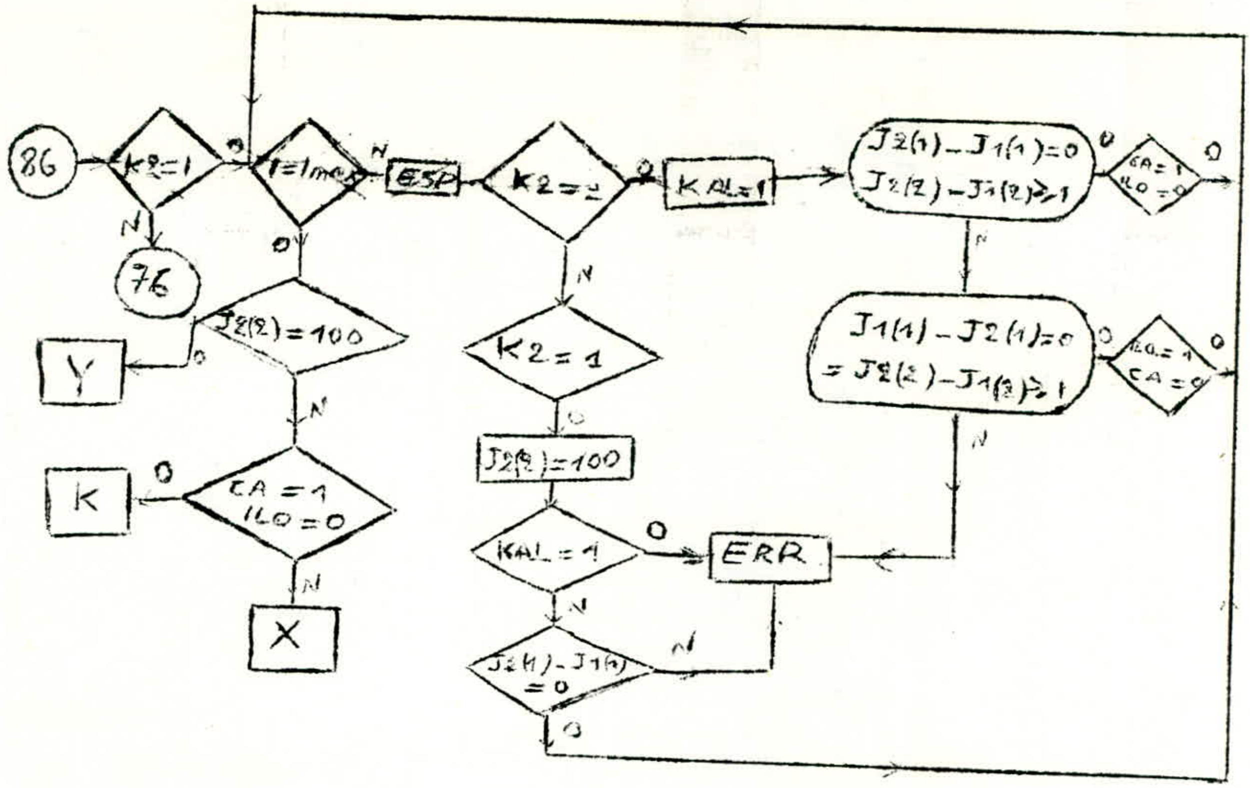

ERROR
15
Kx2≥2
K2=Kx2
SLO=1
SLO=1
ESP
ESP
DRE=1.
K2=2
K2=1
MAS=1
DRE=1
ERROR
MAS=1
3

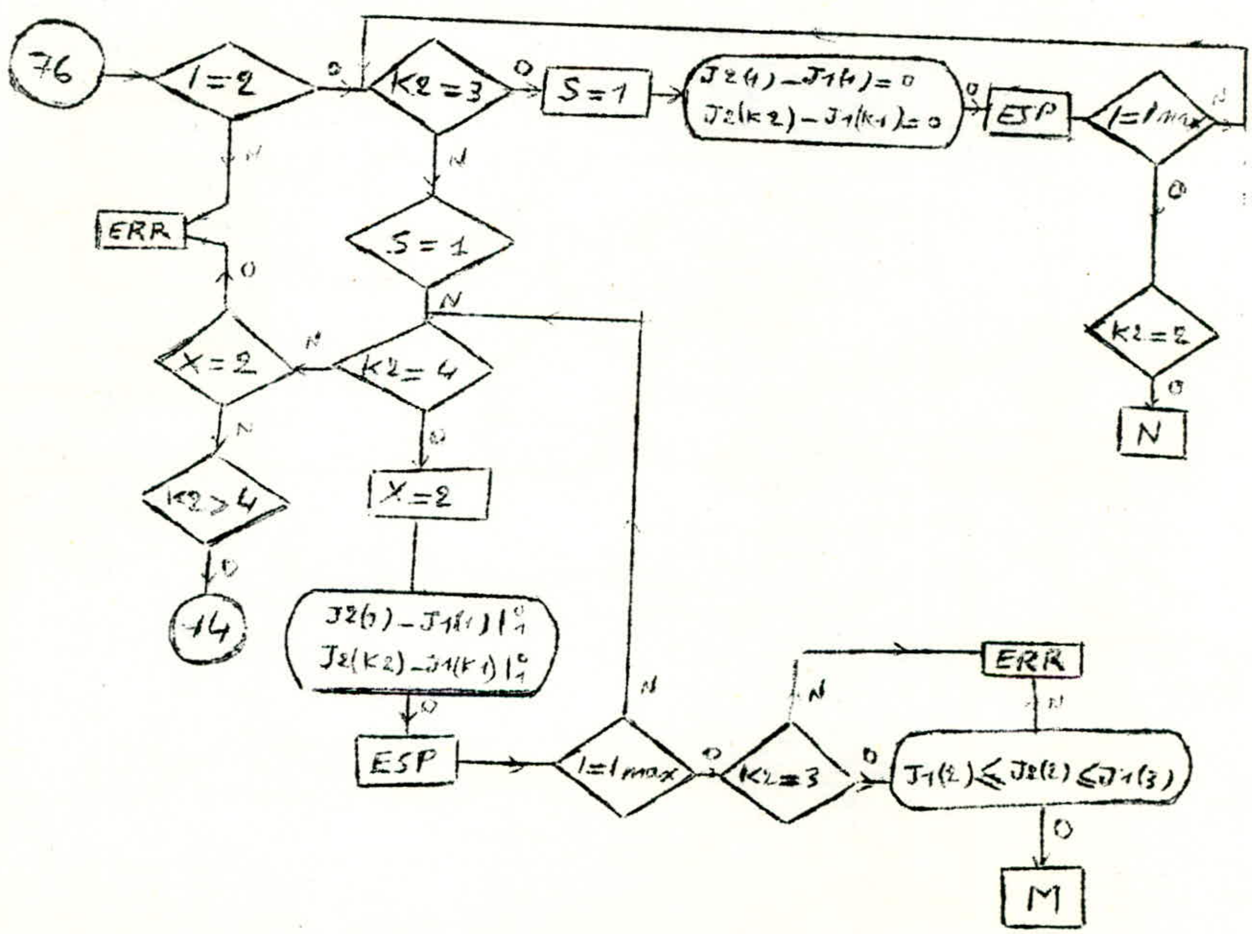


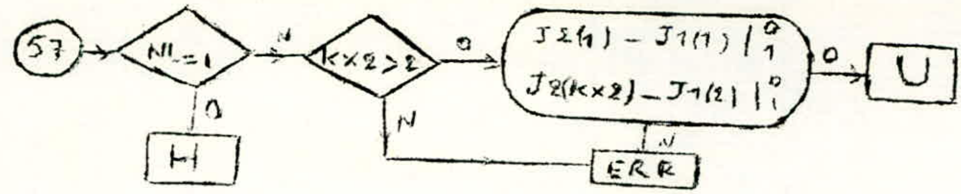
49
K2 = 4
J2(1) – J1(1) = J1(K1) – J2(K2)
ERR
I = Imax
K2 = 2
J1(1) < J2(1) < J1(2)
J1(3) < J2(2) < J1(4)
SPK
W

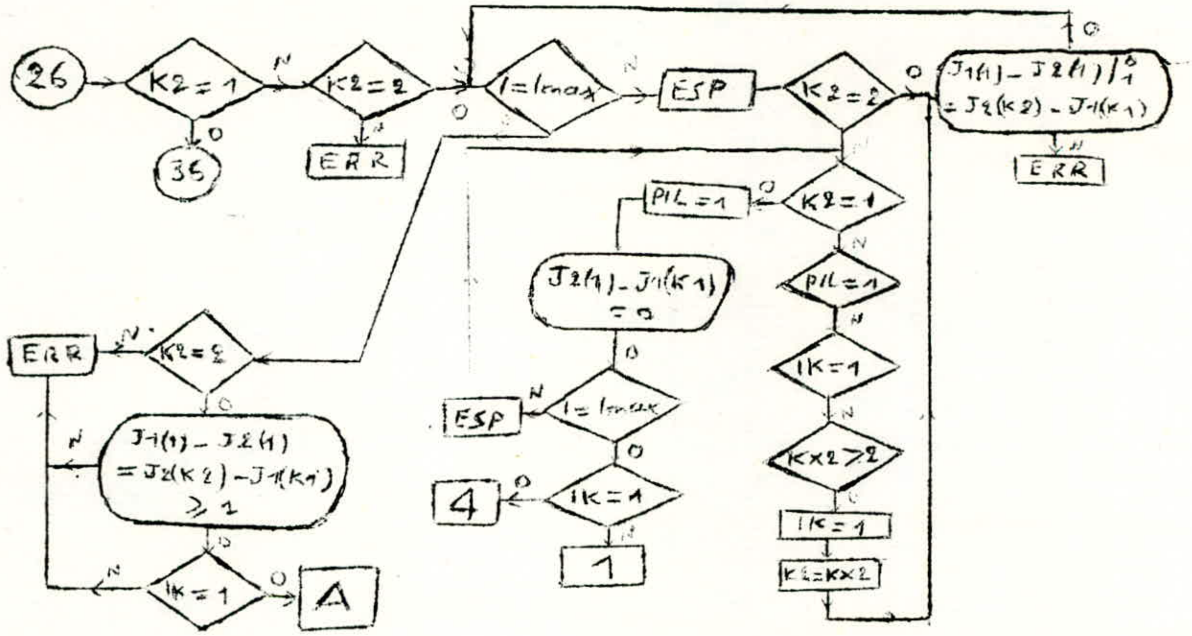


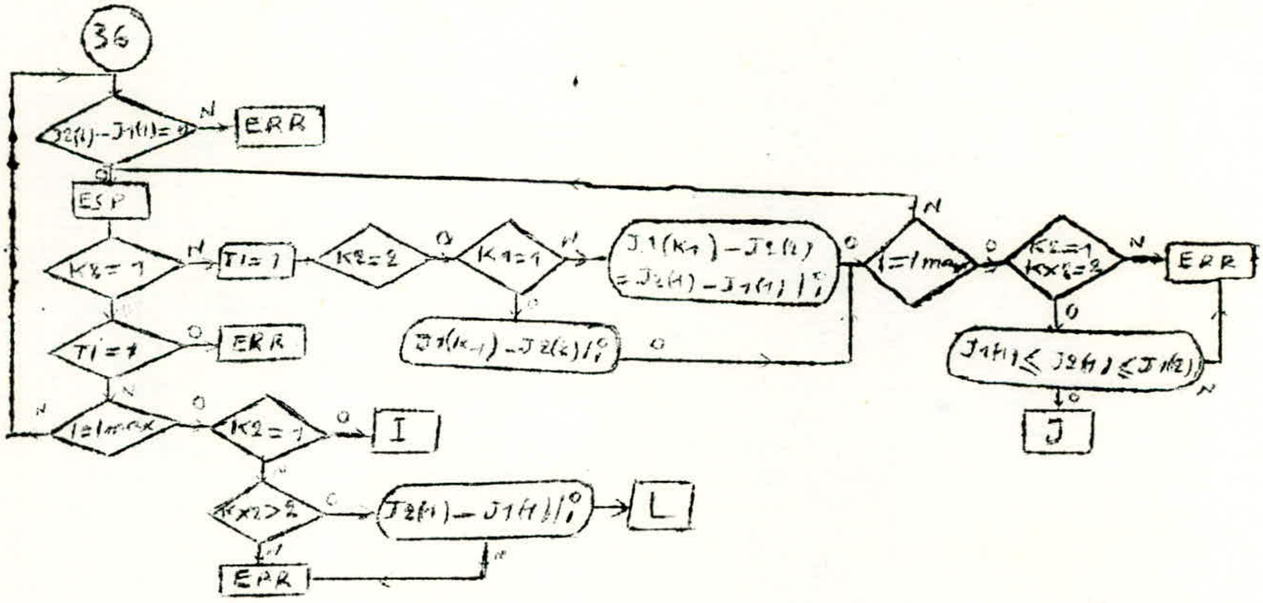
42
I = Imax
K2 = 1
J1(1) ≤ J2(1) ≤ J1(2)
V
ERR
K2 = 2
86
J2(1) – J1(1) = 0
J1(2) – J2(2) ≥ 1
KA = 1
J2(1) – J1(1) =
J1(2) – J2(2) ≥ 1
KO = 1
ESP
ERR
I = 2
J2(1) – J1(1) =
= J1(2) – J2(2) = 0
ESP
I = Imax
57
K2 = 2
TIK = 0
NL = 0
14
ERR
TIK = 0
J2(1) – J1(1) =
J1(2) – J2(2) ≥ 4
KX2 ≥ 2
TIK = 1
NL = 0
NL = 1
U
J1(1) ≤ J2(1) ≤ J1(2)
K2 = 1
I = Imax
ESP
ESP
K2 = 2
ERR


86
K2=1
I=Imax
ESP
K2=2
KAL=1
J2(1)-J1(1)=0
J2(2)-J1(2)≥1
CA=1
ILO=0
76
J2(2)=100
Y
K2=1
J1(1)-J2(1)=0
=J2(2)-J1(2)≥1
CA=0
J2(2)=100
CA=1
ILO=0
K
KAL=1
ERR
X
J2(1)-J1(1)
=0
O
N


76
I=2
K2=3
S=1
J2(1)-J1(1)=0
J2(K2)-J1(K1)=0
ESP
I=Imax
ERR
S=1
X=2
K2=4
K2=2
N
K2>4
X=2
14
J2(1)-J1(1)
J2(K2)-J1(K1)
ESP
I=Imax
K2=3
ERR
J1(2)≤J2(2)≤J1(3)
M
O
N







CONCLUSION

I_ REMARQUES

Dans les methodes dynamiques éxposées précedemment,on remarque la formation de groupes d'images,ce qui facilite la localisation et la distinction de ces derniers.
Ces groupes sont constitués par des images ayant des caracteristiques semblables(angles,courbures etc...)

Exemple:

I	A	4	(angles)
B	P	R	(courbures)
V	U	W	(intersection inferieure)
K	X	Y	(point central)

La methode syntaxique necessite une grande capacité de mémoire pour stocker l'ensemble de tous les étalons, qui reflette l'espace de nos images .

La methode du dérnier chapitre est une methode originale et plus souple;elle peut reconnaître les caractères même déformés.

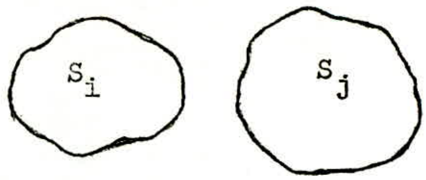
La methode dynamique(analyse des propriétés,-chap.4)est une methode scientifique,elle est sujette à une adaptation et à une amélioration,c'est une methode ouverte.

2- PERSPECTIVES DE LA METHODE

On veut se libérer du cadre rigide et standardisé danslequel on distingue les images.
Pour cela on doit assouplir l'algorithme pour qu'il reconnaîsse les caractère même déformés ou écrits à la main.Et ceci en formant des

classes (Alphabets) qui contiennent chacune des propriétés ayant la même valeure de similarité à une constante près, et par suite de distance (u+v) $\leqslant \varepsilon$, ε petit fixé d'avance.

Pour être fidèle la machine doit avoir une grande fiabilité. Et pour l'accroître; les classes formées doivent être disjointes: aucun élément commun



$$S_i \bigcap S_j = \emptyset$$

$i=I,N$

$j=I,N$

$i \neq j$

Si on veut itroduire un élement commun on doit ajouter des contraintes qui caracterisent l'appartenance de l'élément commun à telle ou telle classe.

3- LECTURE DES DOCUMENTS

Il faut passer par trois étapes successives et complémentaires:

a)- Lecture des caractères:

Etude dèja faite, mais on doit l'étendre à tous les signes, exemple :

, . ; : % ! ÷ - / etc...

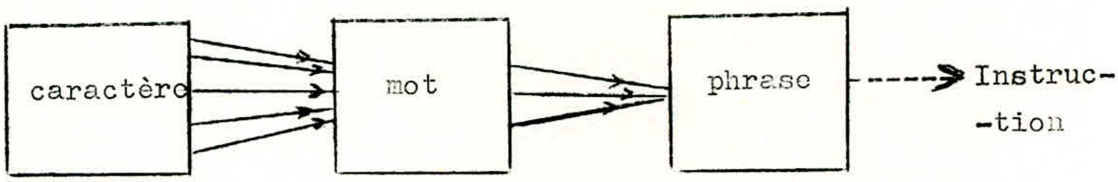
b)- Lecture des mots:

Pour cela on utilise un deuxieme automate dont la tâche est la distinction des différents mots que contient sa bibliothèque.

Les mots doivent être éspacés d'un blanc, d'une virgule, d'un point etc...

A chaque lecture d'un mot la machine cherche dans sa bibliothèque la signification, si elle trouve : le mot est compris, sinon il est inconnu. Donc la capacité de compréh-ension est fonction du volume de la mémoire de l'automate.

c)- Lecture des phrases:



Un groupe de mots constitue une phrase qui représente une instruction pour la machine. Les phrases doivent être significatives.

On construira des alphabets qui groupent des phrases ayant même sens. Ce sens est traduit par une instruction bien précise qui sera éxecut-ée par la machine.

Donc à chaque instruction correspond une alphabet. Le nombre de ces alphabets est fonction de la taille du compilateur. Plus ce dernier est grand plus le champs de connaissances de la machine est augmenté. Ceci est util pour la lecture optique des documents manuscrits, qui Et l'homme est libéré d'un grand fardeau de routine.

La machine va lire les documents et va stocker ~~en~~ mémoire toutes les données necessaires et utiles en créant des fichiers sur disque et donnera les indications necessaires (n° de fichier, nombre d'enregistrements dans le fichier, nombre de secteurs utilisés etc...) pour la recherche aisée des informations dont on a besoin .

4- ADAPTATION

Pour les petites machines, la longueur d'un algorithme complet de reconnaîssance peut dépasser leur capacité comme c'est le cas de notre programme pour l'IBM II30.

On peut adapter un tel algorithme à toutes les machines et ceci en le décomposant en morceaux et en créant un fichier sur disque qui assume le rôle de mémoire virtuelle à laquelle on a recours pendant l'éxecution de chaque petit programme.

Dans ce fichier on stocke toutes les variables (codes) après l'éxecution de chaque petit programme. Et dans le suivant on va lire le fichier, tester puis stocker à nouveau etc... Au début on initialise à zéro toutes les variables.

Dérrière cette simple déscription se cache des difficul-tés dûes au grand nombre de tests et à la complexité des branchemen-ts conditionnels et inconditionnels que contient l'algorithme en question.

Vu la longueur, la complexité et la nouveauté du problème étudié, nous nous excusons auprès des aimables lecteurs des erreurs, de frappe ou de langage, que peut contenir cet ouvrage en les remerciant d'avance .

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

BIBLIOGRAPHIE

ZAGORUIKO N.:Methodes de reconnaissance des formes et leur application. "Radio sovietique",n, 1972 .

DOLIATOVSKI V.:Theorie et pratique du traitement des informations (en russe).Rostov, 1972 .

DOLIATOVSKI V.;PONOMAREVA I.:Algorithme de la reconnaissance dynamique des images.In: Problèmes de la neurocybernet--ique.Rostov, 1967 .

I. C. LERMAN :Les bases de la classification automatique .

NILS J. NILSSON :Learning machines .

Revues mensuelles :

LA RECHERCHE , N°43 (Mars 1974) ;L'intelligence artificirlle. le cocept de force .

INFORMATIQUE et AUTOMATIQUE ,CNI, N°I (Février 1974) .

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%