

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

PROJET
DE
FIN D'ÉTUDES

Gm. 0375

Titre INFORMATISATION DU CALCUL DU FLOT
MAXIMAL DANS UN RÉSEAU

Auteur Moustapha COLY

Génie mécanique

Date JUIN 1983

78-004 10:004

ECOLE POLYTECHNIQUE de THIES

PROJET de FIN d'ETUDES

Titre: INFORMATISATION DU CALCUL
 DU
 FLOT MAXIMAL DANS UN RESEAU

Auteur: Moustapha COLY

Directeur de projet : André LANGEVIN

Date de remise: Le 16 Mai 1983

REMERCIEMENTS

Mes remerciements et mes sentiments de profonde gratitude vont à mon directeur de projet, le professeur André Langevin qui m'a ménagé aucun effort pour me permettre de mener à bonne fin ce projet.

Je remercie Monsieur Pierre Cléto professeur d'Informatique et Monsieur Gilles Bélanger responsable du Centre de Calcul pour leur compréhension et leur collaboration.

Je n'oublierai pas de remercier Monsieur Raymond Trembay pour son aide dans l'utilisation et le réglage de l'appareil de chronométrage.

Enfin, je remercie mon ami Khalifa Badji, élève-ingénieur en 4^e année, qui m'a aidé à taper bien les programmes.

SOMMAIRE

Cette étude porte sur l'informatisation de la résolution du problème du flot maximal dans les réseaux suivant différents algorithmes de marquage, ainsi que sur la comparaison de leur efficacité.

Huit types de marquages ont été traduits dans deux manières de représenter le réseau ; l'une par matrices, l'autre par vecteurs.

Les résultats obtenus indiquent, suivant le nombre de nœuds et la densité du réseau, quels sont les programmes les plus efficaces.

Quelques recommandations sont données pour l'amélioration des programmes développés, en vue de leurs utilisations multiples.

TABLE DES MATIERES

	Pages
<u>INTRODUCTION</u>	
<u>CHAPITRE I</u>	3
RAPPELS DE NOTION DE LA THEORIE DES GRAPHES	3
I ₁) Quelques définitions et théorèmes — — — —	3
I ₂) Algorithme de marquage pour résoudre les problèmes de flot maximal dans un réseau. — — —	7
I ₃) Résumé de quelques applications du problème du flot maximal — — — —	9
<u>CHAPITRE II</u>	12
LES ALGORITHMES	
II ₁) Description des différents algorithmes — — — —	12
II ₂) Représentation du réseau par matrices — — — —	17
II ₃) Représentation du réseau par vecteurs — — — —	19
II ₄) Résumé des algorithmes — — — —	22
<u>CHAPITRE III</u>	36
TESTS D'EFFICACITE : RESULTATS et ANALYSES	
III ₁) Liste - Résumé des programmes — — — —	36
III ₂) Tableaux des résultats et Classements — — — —	37
III ₃) Analyse des résultats — — — —	40
<u>CHAPITRE IV</u>	
RESOLUTION D'UN PROBLEME FICTIF DE TRANSPORT. — —	44
<u>CONCLUSION</u>	47
<u>ANNEXE 1</u> Les Programmes — — — —	50
<u>ANNEXE 2</u> Les Ordinogrammes — — — —	86

INTRODUCTION

Cette approche scientifique traite de la solution, par ordinateur, de cette partie de la Théorie des programmes linéaires communément appelés "Problèmes de transport" ou "Problèmes de flots dans un graphe".

Pour la petite histoire, il faut dire que des modèles statiques de transport à coût minimal ont été étudiés indépendamment par Hitchcock, Kantorovitch et Koopmans dans les années 1940. Ensuite, quand la programmation linéaire commençait à se faire connaître comme discipline organisée, Dantzig montra comment la méthode du Simplex (son algorithme de résolution des programmes linéaires) pouvait être rendu plus simple et plus efficace, dans le cas particulier des modèles de transport. Il est à noter qu'auparavant, il y a eu des recherches sur les graphes en mathématiques pures, qui ont été faites par König, Egervary, Henger et même Hall. Dans le même ordre, il faut citer la Théorie de Maxwell - Kirchhoff de la distribution du courant dans un réseau électrique. Notons tout de suite que notre approche ne permet que la résolution de problèmes linéaires à l'intérieur desquels l'hypothèse de données à valeurs entières implique l'existence d'une solution entière. La linéarité exclut le problème du réseau électrique de Maxwell qui consiste à minimiser une fonction quadratique sous des contraintes linéaires.

Tout ce dont nous venons de parler est du domaine de la Recherche Opérationnelle. Il est difficile de dire à quel moment elle est apparue, mais son utilisation est très active pendant la seconde guerre mondiale, dans ses applications aux opérations militaires. La recherche opérationnelle, appelée aussi Mathématique de la décision, c'est l'application de la méthode scientifique pour modéliser et résoudre les problèmes dans des domaines très variés. Vers la fin des années 1940, la venue des ordinateurs donna un élan considérable à la Recherche Opérationnelle. Aussi, allons nous utiliser l'ordinateur pour résoudre le problème du flot maximal dans les réseaux. Dans certains cas, la solution de ce problème, parfois longue et fastidieuse, nécessite rapidité et fiabilité.

CHAPITRE I

RAPPELS DE NOTIONS DE LA THEORIE des GRAPHES

I.1 Quelques définitions et théorèmes

I.1.1) Graphes :

En Recherche Opérationnelle, un graphe $G = (N; \mathcal{A})$ est formé par un ensemble N d'éléments x, y, \dots , et d'un sous-ensemble \mathcal{A} de $N \times N$ de couples (x, y) d'éléments de N . Les éléments de N sont appelés nœuds ou sommets, et ceux de \mathcal{A} sont des arcs ou branches. Un tel graphe est non orienté. Lorsque chaque arc a une direction spécifique, le graphe est orienté.

La présente étude ne concerne que les graphes orientés, ne comportant pas de boucles (c'est à dire de couples (x, x)), et n'admettant au plus qu'un couple (x, y) .

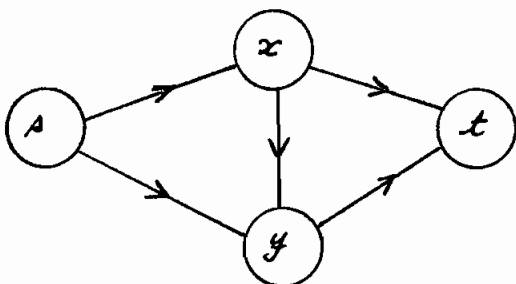
I.1.2) Chemins et Chaînes :

Soit une suite x_1, x_2, \dots, x_n ($n \geq 2$) de sommets distincts d'un graphe orienté telle que pour tout $i = 1, \dots, n-1$, (x_i, x_{i+1}) soit un arc. La suite de sommets et d'arcs $x_1, (x_1, x_2), x_2, \dots, (x_{n-1}, x_n), x_n$ est appelée chemin.

Si au contraire, on a (x_i, x_{i+1}) ou (x_{i+1}, x_i) qui est un arc, en choisissant pour chaque sommet i une de ces possibilités, nous obtenons une suite de sommets et d'arcs ^{appelée} chaîne de x_1 à x_n . Les arcs (x_i, x_{i+1}) sont appelés arcs-avant, et les arcs (x_{i+1}, x_i) de la chaîne sont des arcs-arrière.

Exemple :

Soit le graphe suivant :



Ce graphe est orienté :

$$N = \{s, x, y, t\}, \quad \mathcal{A} = \{(s, x), (s, y), (x, y), (x, t), (y, t)\}$$

La suite $s, (s, x), x, (x, y), y, (y, t), t$ est un chemin.

La suite $s, (s, y), y, (y, x), x, (x, t), t$ est une chaîne.

I.3) Flot dans les graphes :

Soit un graphe orienté (N, \mathcal{A}) , on associe à chaque arc (x, y) élément de \mathcal{A} , un nombre non négatif $c(x, y)$, appelé capacité de l'arc (x, y) . Soit $x \in N$, notons $A(x)$, l'ensemble des sommets $y \in N$ tels que $(x, y) \in \mathcal{A}$ et $B(x)$ l'ensemble des sommets $y \in N$ tels que $(y, x) \in \mathcal{A}$. Soit s et t , deux sommets distincts de N , on appelle flot statique de valeur v de s à t dans (N, \mathcal{A}) une application f de \mathcal{A} dans les réels non négatifs satisfaisant les équations linéaires et inégalités suivantes.

$$\sum_{y \in A(x)} f(x, y) - \sum_{y \in B(x)} f(y, x) = \begin{cases} v & \text{si } x = s \\ 0 & \text{si } x \neq s, t \\ -v & \text{si } x = t \end{cases}$$

$$f(x, y) \leq c(x, y), \quad \forall (x, y) \in \mathcal{A}$$

s est appelé source ou entrée. t est appelé puits ou sortie.

Les sommets autres que s et t sont les sommets intermédiaires.
 Remarquons que ce système d'équations et d'inégalités peut être résolu comme un problème de programmation linéaire, mais la solution n'en serait que trop longue et fastidieuse.
 Notons pour cela qu'on peut s'éclairer au théorème de la dualité, le problème du flot maximal et de la coupe minimale.

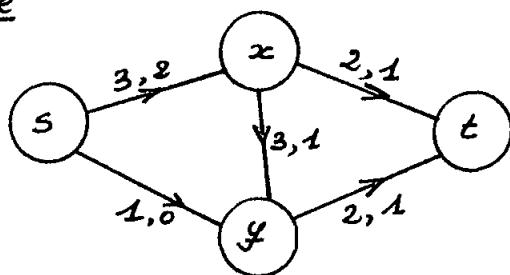
1.1) Définition de la notion de coupe

Soient X et Y deux sous-ensembles de N , appelons (X, Y) l'ensemble des arcs menant de $x \in X$ à $y \in Y$ et pour toute application g de X dans l'ensemble des réels, on note :

$$g(x, y) = g(x, Y).$$

Une coupe C dans (N, \mathcal{A}) séparant s et t , est un sous-ensemble d'arcs (x, \bar{x}) où $s \in X$ et $t \in \bar{X}$ (\bar{X} est le complémentaire de X dans N). La capacité de la coupe (X, \bar{X}) est $c(X, \bar{X})$. Une coupe de capacité minimale est telle que, dans un graphe donné, sa capacité est inférieure ou égale à la capacité de toute autre coupe.

Exemple



$$c(s, x) = 3 \quad ; \quad f(s, x) = 2$$

sont la coupe (X, \bar{X}) avec $X = \{s, x\}$, $\bar{X} = \{y, t\}$

$$(X, \bar{X}) = \{(s, y), (x, y), (x, t)\} \quad ; \quad c(X, \bar{X}) = 1 + 1 + 1 = 3$$

I.5) Théorème du flot maximal:

Pour tout graphe, la valeur du flot de s à t est égale à la capacité de la coupe qui, parmi toutes les coupes séparant s et t , est minimale.

I.6) Définition

Une chaîne de s à t est appelée chaîne augmentant le flot par rapport à un flot f si $f < C$ sur tout arc-avant de la chaîne, et $f > 0$ sur tout arc-arrière. Un arc est saturé si $f = C$.

I.7) Corollaire :

Un flot est maximal si, et seulement si, il n'existe aucune chaîne augmentant le flot par rapport au flot précédent.

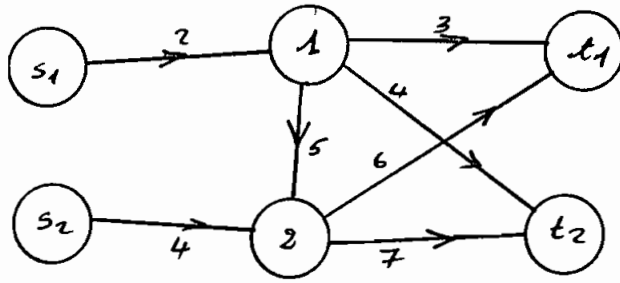
I.8) Graphes à sources et puits multiples :

Dans le cas où il existe un flot de chaque source à chaque puits, ce problème peut être ramené, avec l'addition de deux nouveaux sommets, à un graphe à source et puits uniques. L'un de ces sommets (source unique) est relié par un arc-avant de capacité infinie, à chacune des sources. L'autre sommet (le puits unique) est relié à tous les puits par un arc-arrière de capacité infinie. Le graphe ainsi obtenu vérifie le théorème et le corollaire énoncés plus haut.

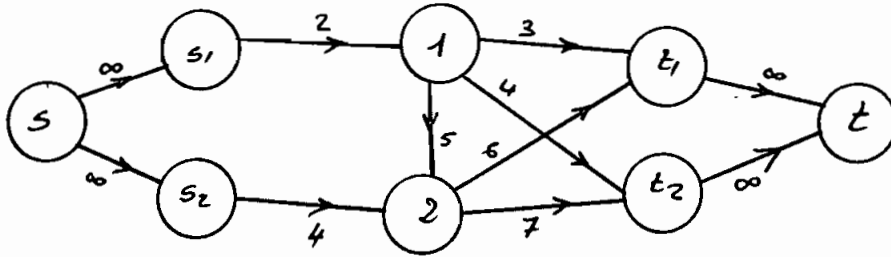
Exemple :

Soit le graphe suivant ayant deux sources et deux puits :

A mon père et à ma mère
Aux personnes qui m'ont
aidé dans les études et à
celles qui me sont chères,
Je dédie ces pages .



il devient équivalent au suivant :



I 2) Algorithme de marquage pour résoudre les problèmes de flot maximal dans un réseau.

Les théorèmes du flot maximal et de la coupe minimale, fournissent cet algorithme dit de Ford et Fulkerson. Il s'agit d'une recherche systématique d'une chaîne augmentant le flot. L'algorithme peut débuter avec un flot nul, comme avec un flot non nul réalisable. Le calcul progresse par une suite de marquages, dont chacun donne, soit un flot de valeur supérieure, soit la conclusion que le flot trouvé est maximal. L'algorithme consiste en deux procédures.

I.2.1) Procédure A

Pendant cette procédure, on considère un sommet, comme appartenant à l'un des trois états suivants : non marqué, marqué et examiné, marqué et non examiné. Initialement, aucun sommet n'est marqué.

Tout d'abord, la source reçoit la marque $[-, E(s)=\infty]$. La source est alors marquée et non examinée. De manière générale, il s'agit de choisir un sommet x quelconque, marqué et non examiné $[z^{\pm}, E(x)]$. A tous les sommets y non marqués et tels que $f(x, y) < c(x, y)$, on affecte la marque $[x^{\pm}, E(y)]$ avec $E(y) = \min [E(x), c(x, y) - f(x, y)]$; à ceux non marqués et qui sont tels que $f(y, x) > 0$, on affecte la marque $(x^{\pm}, E(y))$ avec $E(y) = \min [E(x), f(y, x)]$. Les sommets y sont marqués et non examinés; le sommet x est marqué et examiné.

On répète cette opération jusqu'à ce que, soit le puits t soit marqué et non examiné, soit qu'on ne puisse plus affecter aucune marque alors que t n'est pas marqué. Dans le premier cas, on passe à la procédure B. Dans le second cas, on arrête. Un marquage $(x^{\pm}, E(y))$ est un marquage direct. Un marquage $(x^{\pm}, E(y))$ est un marquage indirect.

1.2) Procédure B (Changement de Flot) :

Le puits ayant été marqué $(y^{\pm}, E(t))$, on remplace $f(y, t)$ par $f(y, t) + E(t)$. De manière générale, si y est marqué $(x^{\pm}, E(y))$, on remplace $f(x, y)$ par $f(x, y) + E(t)$; et s'il est marqué $(x^{\pm}, E(y))$, on remplace $f(y, x)$ par $f(y, x) - E(t)$, et l'on passe au sommet x . Quand la source s a été atteinte, on arrête le changement de flot et après avoir effacé l'ancien marquage, on revient à la procédure A.

I₂₃) Théorème

Si la fonction de capacité c est à valeurs entières, il existe un flot maximal f qui est à valeurs entières. Pour être assuré de la convergence de l'algorithme, il faut poser l'hypothèse que la fonction de capacité c est à valeurs entières. Nous voyons aisément que des nombres rationnels peuvent être ramenés en nombres entiers facilement, en éliminant les fractions.

I₃) Résumé de quelques applications du problème du flot maximal.

Le problème du flot maximal a des applications très diverses. Nous ne parlerons que de quelques^{unes}. Cependant, il est à signaler que certains problèmes, ne ressemblant guère à des problèmes de flot maximal, ont été résolus par cet outil d'une manière directe, ou indirectement par le problème de la coupe minimale qui est son dual.

I₃₁) Les problèmes de transport

C'est certainement l'une des applications les plus directes et l'une des plus fréquentes du problème du flot maximal.

Il s'agit, dans un réseau de transport donné, de trouver la quantité maximale d'une matière donnée qui pourrait être transportée de certaines sources à certaines destinations, en tenant compte des possibilités et caractéristiques du réseau existant.

I₃2) Le problème de l'approvisionnement et de la demande

C'est une application indirecte du problème du flot maximal. Il s'agit de trouver si le problème de l'approvisionnement en un certain bien de différentes sources et de la demande en ce bien par différents puits est soluble. La solution à ce problème consiste à rechercher un flot maximal, donc une coupe minimale dans le réseau. Cette coupe (X, \bar{X}) doit vérifier la condition suivante :

$$b(T \cap \bar{X}) - a(S \cap \bar{X}) \leq c(X, \bar{X}) \quad I_3(a)$$

b = demande ; a = approvisionnement ; T et S ensemble des puits et sources

$b(T \cap \bar{X})$ demande totale des sommets éléments de $T \cap \bar{X}$

$a(S \cap \bar{X})$ approvisionnement total des sommets éléments de $S \cap \bar{X}$

Si la condition $I_3(a)$ est satisfaite, le problème est soluble.

Si non il ne l'est pas.

Si on considère un approvisionnement comme une demande négative, la condition $I_3(a)$ signifie que la demande nette de \bar{X} de N ne peut être supérieure à la capacité totale des arcs qui entrent dans \bar{X} .

Remarque :

Pour la démonstration des théorèmes, corollaires et propositions, se rapporter au livre "Flots dans les graphes" de L.R. Ford et D.R. Fulkerson (Traduit par J.C. Arinal). Gauthiers-Villars. Editeurs (Référence [1]).

Pour la première application sur les problèmes de transport, voir la référence [2].

Pour la deuxième application sur le problème de l'approvisionnement et de la demande, voir la référence [1].

CHAPITRE II

LES ALGORITHMES

II 1) DESCRIPTION DES DIFFERENTS ALGORITHMES

Dans la procédure de recherche systématique d'une chaîne augmentant le flot, des vecteurs et des compteurs sont utilisés. Un vecteur A contient les sommets et des compteurs le divisent en listes de sommets examinés, de sommets marqués et non examinés et de sommets non marqués. Dans le vecteur A , ces trois listes sont dans l'ordre dans lequel elles sont citées. Un compteur I indique la place du dernier sommet dans la liste des sommets examinés ou le sommet qui est en train d'être examiné. Dans la case $I+1$ du vecteur A , se trouve le premier sommet de la liste des sommets marqués et non examinés (s'il en existe), et le compteur M en indique la fin. Tous les sommets qui sont au-delà de la case M ne sont pas marqués. Pour marquer un sommet, il faut indiquer son précédent et son Emin, d'où un vecteur P des sommets précédents et un vecteur E des Emin.

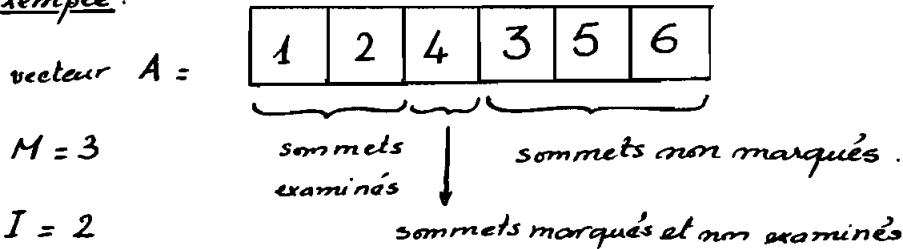
En résumé, la procédure est la suivante: une création successive de listes de sommets non marqués, puis marqués et non examinés, et enfin examinés se fait tant que le sommet N n'a pas été marqué et tant qu'il existe des sommets marqués et non examinés. Si le sommet N , le puits, est marqué, le changement de flot intervient et puis le marquage à

partir de la source est repris.

S'il n'y a pas de sommets marqués et non examinés, le flot est maximal, et une coupe minimale a été trouvée.

Alors, intervient le calcul de la valeur du flot maximal.

Exemple:



II.1) Le marquage d'un sommet

Le marquage commence avec le sommet 1; la source. Pour cela, la valeur 0 est donnée à la case 1 du vecteur P . Cela signifie que le précédent de 1 est 0 (1 n'a pas d'antécédent). Ensuite la valeur 9999 (qui remplace ∞) est donnée à la case 1 du vecteur E .

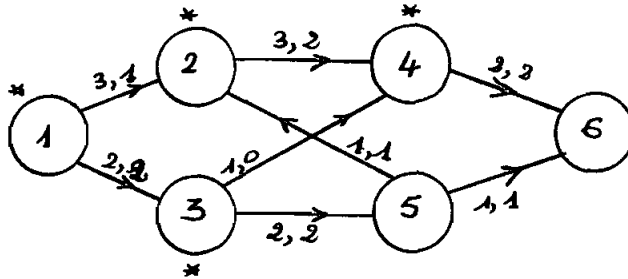
En général, pour marquer un sommet x (capacité d'arc supérieure au flot d'arc) :

- on attribue à la case x du vecteur P la valeur du sommet qui est en train d'être examiné, multipliée par 1 pour un arc-avant, ou multipliée par -1 pour un arc-arrière.
- on attribue à la case x du vecteur E , le minimum entre le E_{min} du sommet qui est en train d'être examiné et la différence capacité d'arc - flot d'arc (pour un arc-avant), ou le flot d'arc (pour un arc-arrière).
- enfin, le sommet qui vient d'être marqué est placé à la suite

des sommets marqués et non examinés. Le sommet qui était à cette place prenant celle qu'occupait le sommet marqué.

Exemple:

Soit le réseau avec marques, suivant :



* indique que le sommet a été marqué

le premier nombre (à côté d'un arc) indique la capacité, et le second le flût.

Avant le marquage de 5, on a :

$$A: \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 4 & 3 & 5 & 6 \\ \hline \end{array}$$

$$P: \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline 0 & 1 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}$$

$$E: \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline 999 & 2 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}$$

Après le marquage de 5, on a :

$$A: \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 4 & 5 & 3 & 6 \\ \hline \end{array}$$

$$P: \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline 0 & 1 & 0 & 2 & -2 & 0 \\ \hline \end{array}$$

$$E: \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline 999 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ \hline \end{array}$$

112) Le changement de flût:

Une fois que le sommet N (le puits), a été marqué, le changement de flût se fait comme ceci : sur la chaîne augmentant le flût qui a été trouvée, ajouter au flût de tous les arcs-avant, ou retrancher du flût de tous les arcs-arrière, la valeur E_{min} de N .

Pour cela, la chaîne est parcourue dans le sens inverse, c'est à dire du puits N à la source 1 .

II₁₃) Calcul du flot maximal:

Pour cela, il suffit de faire la somme du flot dans tous les arcs qui partent de la source 1 .

Remarque: Après chaque changement de flot, on peut remettre le vecteur A des sommets dans l'ordre croissant de ceux-ci.

II₁₄) Les différentes modifications

II_{14.1}) Le marquage du dernier sommet:

Il signifie l'examen du dernier sommet à avoir été marqué. A partir d'un sommet qu'on examine, on marque tous les sommets possibles. A la fin, le sommet suivant qu'on examine est celui qui a été marqué au dernier moment. Dans le même ordre d'idée, on doit décaler (à chaque fin d'examen) d'une case à droite, tous les autres sommets marqués et non examinés. Comme ça, à chaque fois, avant qu'on ne choisisse un sommet à examiner, on change l'ordre des sommets marqués et non examinés, et le dernier sommet de cette liste qu'on aura ramené au début de liste sera chronologiquement, le dernier à avoir été marqué. Ce procédé vise à faire une fouille en profondeur. L'idée est de se rapprocher le plus rapidement du puits.

II_{14.2}) Le marquage direct de préférence:

Il vise à ne faire que le marquage direct tant que c'est possible. Si ce n'est pas possible d'atteindre le sommet N uniquement par

ce biais, on fait un marquage indirect dès que possible et on retourne tout de suite au marquage direct. Peut être que cette procédure permettrait d'avancer le plus rapidement possible, compte tenu du fait que le marquage indirect est la base du point de vue de certains algorithmes.

Une fois qu'on ne peut plus faire de marquage direct à partir de tous les sommets examinés, on reprend l'examen indirect des sommets examinés (directement) un par un jusqu'au moment où on aura fait un seul marquage indirect, et ensuite on retourne à l'examen direct à partir du sommet qui vient d'être marqué indirectement. On arrête le processus général de recherche quand on n'arrive pas à faire de marquage indirect après avoir repassé par tous les sommets examinés directement auparavant.

1.43) Le marquage capacitif :

Il s'agit de chercher la chaîne augmentant le flot qui peut faire passer le plus grand flot supplémentaire possible, et ainsi de faire diminuer le nombre d'itérations. Il implique que même si le but N est marqué, on n'arrête pas tout de suite, mais on cherche si on ne peut faire un meilleur marquage du but à partir d'un autre sommet. Cette méthode sans restriction est appelée marquage capacitif total. La restriction qu'on peut lui apporter est que l'on s'arrête dès que le but a été marqué, on parle alors de marquage capacitif partiel.

En gros, il s'agit de choisir, parmi les sommets marqués et non examinés, celui qui a le plus grand E_{min} , et de le placer en début de liste des sommets marqués, avant de passer de sommet à examiner, ce que nous appelons recherche capacitive.

II.4) Combinaisons des différentes modifications

On peut essayer de multiplier les effets recherchés, en faisant des combinaisons des modifications citées plus haut. On obtient :

- le marquage du dernier sommet - direct de préférence.
- le marquage direct de préférence - Capacitif total
- le marquage direct de préférence - capacitif partiel.

II.2) REPRESENTATION DU RESEAU PAR MATRICES

Deux matrices (n, n) sont utilisées pour représenter un réseau de n sommets. L'une d'elles représente le réseau avec ses capacités, l'autre représente le réseau avec son flot.

Si un sommet x est relié à un sommet y , soit c la valeur de la capacité $c(x, y)$, la case (x, y) de la matrice des capacités prend la valeur c . Si la capacité est infinie, la valeur 9999 lui est donnée. S'il n'y a pas d'arcs reliant les deux sommets x et y , la capacité c est zéro.

La matrice du flot est nulle au départ, mais change au fur et à mesure que des changements de flot se font.

Exemple :

Soit le réseau suivant (à côté de chaque arc, le premier nombre représente la capacité, le second représente le flot) :

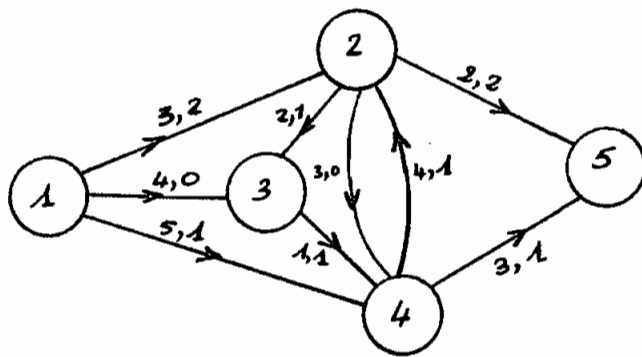


figure 12)

Matrice C des Capacités

	1	2	3	4	5
1	0	3	4	5	0
2	0	0	2	3	2
3	0	0	0	1	0
4	0	4	0	0	3
5	0	0	0	0	0

Matrice F du Flot

	1	2	3	4	5
1	0	2	0	1	0
2	0	0	1	0	2
3	0	0	0	1	0
4	0	1	0	0	1
5	0	0	0	0	0

II 2.1) Spécificités dans le marquage

Pour le marquage, on choisit - quand on examine un sommet placé dans la case I du vecteur A - les sommets non marqués dans l'ordre croissant du vecteur A, jusqu'au sommet placé dans la case N. Et puis, on vérifie si le sommet N (le puits), a été marqué. Si oui, on passe au changement de flot et on annule I. Sinon, on passe à l'examination du premier sommet de la liste des sommets marqués et non examinés, s'il y en a. Dans le cas contraire, le flot est maximal. Notons qu'ici, la nature de la représentation fait que pour des raisons d'efficacité, on ne s'arrête pas dès que le puits N a été marqué.

II₂) Spécificités dans le Changement de flot :

Le changement de flot est assez simple. Le sommet N étant marqué $(P(N), E_0)$, il faut ajouter au flot de l'arc $(P(N), N)$ la valeur de E_0 .

En général, pour un sommet X marqué $(P(X), E(X))$, il s'agit de faire ceci :

- si $P(X)$ est positif, ajouter E_0 au flot de l'arc $(P(X), X)$ et prendre $P(X)$ comme étant le X suivant.

- si $P(X)$ est négatif, retrancher E_0 au flot de l'arc $(X, -P(X))$ et prendre $-P(X)$ comme étant le X suivant.

Il faut reprendre ce processus tant qu'on n'ait pas atteint la source (tant que $P(X) \neq 1$), et arrêter dans le cas contraire.

Pour les spécificités dans les modifications, il faut voir le résumé des algorithmes.

II₃ REPRESENTATION DU RESEAU PAR VECTEURS

Pour cela, il y a un vecteur H qui contient tous les sommets-arrivées de tous les arcs. Ce vecteur H a donc comme longueur, le nombre d'arcs du réseau. Il est divisé en diverses zones, chaque zone contenant les sommets qui ont pour départ d'arc un sommet donné. Pour délimiter ces zones, il a été introduit un vecteur D qui contient les valeurs indiquant le début de chaque zone.

$D(I) = Z$ veut dire que la zone de I commence à partir de la position Z du vecteur H . D'autre part, pour des raisons d'efficacité, on place N en début de zone d'un sommet I si il est relié au puits N .

Cela permettra l'arrêt immédiat du marquage, dès que le puits est marqué. D'autre part, il ne faut aucun arc du puits qui n'a donc aucune zone dans le vecteur H . Cependant, il faut lui assigner une zone fictive qui n'existe pas dans H , en lui donnant comme début de zone la valeur du nombre d'arcs ajoutée de un. Si N_1 est le nombre d'arcs, on a $D(N) = N_1 + 1$. Cela nous servira d'ailleurs dans l'algorithme, en donnant le repère pour trouver la fin de zone ^{du} sommet $N-1$.

Exemple :

Représentons par vecteurs, le réseau de la figure IIg.

A:

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

D:

1	4	7	8	10
---	---	---	---	----

H:

2	3	4	5	3	4	4	5	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---

C:

3	4	5	2	2	3	1	3	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---

F:

2	0	1	2	1	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---

II.3.1) Spécificités dans le marquage

Si, on examine un sommet donné dans A , il faut voir si le premier sommet dans sa zone d'arrivée est le puits N et si N peut être marqué (capacité d'arc $>$ flot d'arc). Si oui, il faut marquer N , changer de flot et puis recommencer le processus. Sinon, il faut faire tous les marquages directs possibles et éventuellement tous les marquages indirects possibles avant de recommencer le processus avec l'examination d'un autre sommet.

Pour l'examination directe d'un sommet, il faut parcourir toute la zone qui lui est allouée dans H , après avoir vérifié si le sommet

n'a pas été marqué auparavant.

Pour l'examen indirecte, il y a deux alternatives :

- soit parcourir tous les sommets non marqués dans le vecteur A et à chaque fois voir si le sommet non marqué est relié au sommet qu'on examine (en parcourant la zone d'arrivée du sommet non marqué).

- soit parcourir le vecteur H à partir de la zone d'arrivée du sommet z , et à chaque fois qu'est rencontré le sommet qu'on examine, rechercher sa position pour voir s'il est dans la zone d'arrivée d'un sommet examiné ou non. Sinon, il faut faire le marquage.

Les tests sur des réseaux de 15 nœuds, de 34, 92 et 128 arcs ont montré que la seconde examen indirecte est plus lente que la première. Cela a fait que toutes les modifications ont été faites à partir de la première sorte d'examen indirecte, étant donné que notre problème n'a sa raison d'être que dans les réseaux surtout assez grands.

11.2) Spécificités dans le changement de flot :

La procédure est analogue à celle du changement de flot dans la représentation matricielle. Mais la différence est que, pour un sommet x donné, son précédent est relié à x , mais la position du flot correspondant à cet arc n'est pas connue et est à chercher. Alors que dans la représentation matricielle, la position d'un flot est connue, dès lors que l'arc est connu.

Pour les spécificités dans les modifications, il faut voir le résumé des algorithmes.

II₄ RESUME DES ALGORITHMES

Ce résumé est une description plus détaillée des différents programmes développés et plus explicite que les ordiogrammes.

II_{4.1}) Représentation du réseau par matrices

II_{4.1.1} Marquage simple.

Variables utilisées : A, B vecteur des sommets ; P vecteur précédent ; E vecteur des Emin ; I compteur des sommets examinés ; M compteur des sommets marqués, G = stockeur pour le calcul du flot maximal ; J compteur pour le Changement de Flot ; N nombre de sommets.

Debut

On initialise I à 0, M à 0, G à 2, J à N

10 Tant que I \neq M+1, faire :

103 Debut : Tant que I = 0, faire

1033 Debut - Faire l'initialisation de I à 1, M à 1, S à 0

- Annuler les vecteurs P et E

- Remettre éventuellement l'ordre dans A

- Initialiser E(1) à 9999

- Faire l'examen du sommet A(I)

1036 Fin

106 suite : Si I \neq M+1, alors

Debut : faire l'examen de A(I)

Fin :

109 Fin

20 Tant que G \neq N+1, faire le calcul du flot maximal comme suit :

203 Debut : Ajouter à V la valeur du flot dans l'arc (1, G)

Faire G = G + 1

206 Fin

30 Faire l'affichage et l'impression des résultats

Fin

Examination du sommet I

Variables supplémentaires : $E_0 = E$ min du sommet N

Debut:

Faire $S = N + 1$

30 Si $P(N) = 0$, alors faire :

303 Debut : Tant que $S \neq N + 1$, faire :

3033 Debut, faire :

30333 Si le flot dans l'arc $(A(I), A(S))$ est strictement inférieur à sa capacité, faire :

Debut : Marquer directement
Choisir le Emin

Suite : Intervenir le sommet qui vient d'être marqué et celui qui suit le pointeur H

Fin

30336 Sinon : faire :

303363 Si le flot dans l'arc $(A(S), A(H)) > 0$:

Debut : Marquer indirectement

Suite : Intervenir les sommets $A(S)$ et $A(H + 1)$
Augmenter S de 1

Fin

303366 Sinon : Augmenter S de 1

3036 Fin

306 Suite Augmenter la valeur de I de l'unité

309 Fin

40 Sinon faire :

403 $E_0 = E(N)$

406 Faire le changement de flot

409 Annuler I

Fin

Changement de FlotDebut50 Si $J \neq 1$, faire501 si $P(J) > 0$, alors :Debut : Ajouter E_0 au flot de l'arc $(P(J), J)$ Donner à J la valeur de $P(J)$ Fin502 sinon faireDebut : Enlever E_0 au flot de l'arc $(J, -P(J))$ Donner à J la valeur de $-P(J)$ Fin60 sinon Remettre la valeur de J et N FinMarquage directDebutDonner au précédent du sommet $A(S)$, la valeur $A(I)$ [$P(A(S)) = A(I)$]70 si le E_{\min} de ce précédent $>$ à la différence capacité-flot de l'arc $(A(I), A(S))$, donner à $E(A(S))$ la valeur de cette différence80 sinon donner à $E(A(S))$ la valeur du E_{\min} du précédentFinMarquage IndirectDebutDonner au précédent de $A(S)$, la valeur négative $-A(I)$, pour signifier que c'est un marquage indirect90 si le E_{\min} du précédent est $>$ au flot dans l'arc $(A(S), A(I))$, donner à $E(A(S))$ la valeur du flot dans l'arc $(A(S), A(I))$.95 sinon donner à $E(A(S))$ la valeur du E_{\min} du précédentFin

II₄₁₂) Marquage "à partir" du dernier sommet "marqué"

Pour cela, il s'agit de faire la modification suivante dans le marquage simple (on examine le sommet I). Dès que $S = N+1$, après la ligne 3036, avant de passer à la ligne 306, insérons la partie suivante :

3036 . Fin

304 Suite faire :

3043 Si $M-I \geq 2$, intervenir comme suit :

début : Stocker la valeur de $A(M)$ dans K

Suite : Translater d'une case à droite tous les

sommets, de la case $I+1$ à la case $M-1$ en faisant :

de $L = M$ à $L = I+2$ par pas de -1 , donner

à $A(L)$ la valeur $A(L-1)$

suite : Placer le dernier sommet marqué en début

de liste des sommets marqués et non exami-

nés en donnant à $A(I+1)$ la valeur de K

Fin

3046 Si non Continuer à la ligne 306, car la liste des sommets marqués et non examinés ne contient qu'un seul sommet ou bien elle est inexistante.

306 Suite

NB. K est un stockeur

L est un compteur de sommets.

1.13) Marquages capacitifs total et partiel

Pour le marquage capacitif total, il faut introduire dans le marquage simple et la recherche capacitive et le marquage capacitif du sommet N (ci-dessous). Alors que pour le marquage capacitif partiel, introduire seulement la recherche capacitive suffit.

Recherche Capacitive

Il s'agit de choisir, comme sommet à examiner, celui qui a le plus grand E_{min} parmi les sommets marqués et non examinés. Pour cela, modifier l'examen du sommet I (marquage simple), dès que $S = N + 1$, après la ligne 3036, avant de passer à la ligne 306.

Variables supplémentaires: Z : stockeur initialisé à 9999; T : indicateur de la position du sommet ayant le plus grand E_{min} ; Q : compteur de sommets.

3036 Fin

305 suite faire

3053 si $H - I > 1$, faire la recherche capacitive comme suit:

30533 De $Q = I + 1$ à H faire

si $Z > E(A(Q))$, donner à Z la valeur $E(A(Q))$

et à T la valeur de Q

sinon retourner à la ligne 30533

30536 Redonner à Z la valeur 9999

et intervenir $A(I+1)$ et $A(T)$

3056 sinon Ne pas faire de recherche capacitive

306 suite

Marquage Capacitif du sommet N

Il s'agit de chercher, parmi les sommets marqués et non examinés à partir desquels on peut marquer N, celui qui donnera le $E(N) = E_0$ le plus grand. Il faut alors modifier l'examination du sommet (marquage simple), entre les lignes 403 et 406, comme suit :

403 $E_0 = E(N)$

404 Tant que $I \neq M+1$ (I sera augmenté jusqu'à M), faire :

4043 Si $E(A(I)) > E_0$ et la différence $C(A(I), N) - F(A(I), N) > E_0$, alors

Marquer N en donnant à $P(N)$ la valeur $A(I)$.

Donner à E_0 la valeur de $\min[E(A(I)), C(A(I), N) - F(A(I), N)]$

Augmenter I de 1

4046 Sinon Augmenter I de 1

406 Faire le changement de flot

II.4.4) Marquage direct de préférence

Pour ce cas, nous faisons une modification majeure, en sorte que nous sommes obligés de reprendre tout l'organigramme. On commence par faire l'initialisation. Ensuite, on pose une première condition Tant que $I \neq M+1$ qui nous permettra d'entrer ou de sortir de la boucle de Recherche. Sous cette boucle, une deuxième condition Tant que $I \neq M+1$ permettra d'entrer dans la boucle d'examination directe ou d'en sortir pour aller faire si possible un seul marquage indirect.

Début

Initialiser I à 0, M à 0, G à 2, J à N

10 Tant que $I \neq M+1$, faire :

103 Debut Tant que $I \neq M+1$, faire

1033 Debut. Tant que $I = 0$, faire

Debut Initialiser I à 1, M à 1, S à 0, Annuler les vecteurs

P et E , Remettre l'ordre dans A (eventuellement).

Initialiser $E(1)$ à 9999

Faire l'examination directe du sommet I

Fin

1036 Suite Si $I \neq M+1$, faire l'examination directe du sommet I

1039 Fin

106 Suite : Faire: $S = M+1$, stocker I à I_1 , ramener I à M

1063 Tant que $I \geq 2$ et $Y \neq 1$ (Y compteur de marquage indirect), faire

10633 Tant que $Y \neq 1$ et $S \neq M+1$, faire :

Si le flot dans l'arc $(A(S), A(I))$ est > 0 , faire le
marquage ni direct, Intervertir $A(S)$ et
 $A(M+1)$, donner à Y la valeur 1 et à S la
valeur $M+1$

Augmenter S de 1

Si non Augmenter S de 1

10636 Diminuer I de 1

1066 Ramener la valeur de I à I_1 , et annuler Y .

109 Fin

20 Tant que $G \neq N+1$, faire :

- Ajouter à V la valeur du flot dans l'arc (A, G)

- Augmenter G de l'unité

30 Faire l'Affichage et l'impression des résultats

Fin

Examination directe du sommet I

Il s'agit en examinant, de ne pas faire de marquage indirect. Pour cela il suffit de modifier l'examination du sommet I (marquage simple).

On supprime la partie de la ligne 30336 à la ligne 303366, on la remplace par la ligne 30336' suivante:

30336' sinon Augmenter S de l'unité

II₄₁₅) Marquage du dernier sommet - direct de préférence.

Pour cela, il faut faire les modifications du marquage du dernier sommet (lignes 304 à 3046), entre les lignes 1036 et 1039 du marquage direct de préférence.

II₄₁₆) Marquage direct de préférence - Capacitif total

Pour cela, il faut introduire la recherche capacitive (lignes 305 à 3056) entre les lignes 1036 et 1039 du marquage direct de préférence; et faire de même pour le marquage capacif du sommet N (lignes 404 à 4046) entre les lignes 403 et 406 de l'examination du sommet direct de I, dans le marquage direct de préférence.

II₄₁₇) Marquage direct de préférence - Capacitif partiel

Il suffit d'introduire, dans l'examination directe du sommet I (marquage direct de préférence), le marquage capacif du sommet N (lignes 404 à 4046) entre les lignes 403 et 406 de l'examination directe, citée plus haut.

II₄₂) Représentation du réseau par vecteurs

II₄₂₁) Marquage simple N°1

Variables utilisées: I compteur des sommets examinés, M compteur des

sommets marqués et non examinés ; Z : compteur pour le changement de flot,
 K_2 : compteur de sommets ; K_3 : compteur ; N : nombre de sommets ; N_1 : nom-
 bre d'arcs, J : compteur pour le changement de flot, A : vecteur des sommets,
 Δ : vecteur indicateur des débuts de zone ; H : vecteur des sommets arrivées ;
 C : vecteur des capacités ; F : vecteur du flot dans le réseau ; P : vecteur des
 précédents, E : vecteur des Emin ; B : vecteur des sommets ordonnés.

Début

On commence par initialiser M à 1, I à 1, Z à 1, K_2 à 0, $D(N)$ à

$N_1 + 1$, J à N et $E(1)$ à 9999.

010 Tant que $I \neq M + 1$, faire :

0103 Si le premier sommet relié à $A(I)$ est N et si l'arc n'est pas saturé,
 faire le marquage du sommet N , annuler K

Rechercher Emin

01033 Faire $E_0 = E(N)$

01036 Changer de Flot

Reinitialiser I à 0, M à 1, annuler les vecteurs P et E ,

Donner à $E(1)$ la valeur 9999

Remettre à l'actuellement l'arête dans A (Mat $A = B$)

Augmenter I de l'unité.

0106 Sinon faire

01063 Début : Tous les marquages directs possibles comme suit :

de $K = 0$ à $D(A(I) + 1) - D(A(I)) - 1$ (soit pour tous les sommets
 reliés à $A(I)$ ou pour tous les arcs avant), faire :

010633 Si le sommet n'est pas marqué et l'arc non saturé

- faire le marquage direct du sommet
- Rechercher le Emin
- Passer au K suivant

010636 Sinon Passer au K suivant

01066 suite Si $N \neq M+1$ et $I \neq 1$, faire les marquages ci-dessus
comme suit:

010663 De $I_1 = M+1$ à $N-1$, faire :

$$K_3 = 0$$

0106633 Tant que $K_3 \leq D(A(I_1)) + 1 - D(A(I_1)) - 1$

et $X_4 \neq 1$, faire :

Si un tel arc est trouvé et si son flot > 0 ,

Marquer $A(I_1)$, et mettre $X_4 = 1$

Rechercher Emin

Augmenter K_3 de 1

sinon Augmenter K_3 de 1

0106636 Annuler X_4

0106639 Passer au I_1 suivant

01069 sinon Augmenter I de l'unité

Fin

020 De $G = 1$ à $D(2) - 1$ (soit pour tous les arcs ayant reliés à la source 1)

- Ajouter à la valeur du flot précédent, la valeur du flot de

$$\text{l'arc. } [F = V + F(G)]$$

- Augmenter G de l'unité.

030 Faire l'affichage et l'impression des résultats

Fin

Changement de flot

le changement de flot se fait comme ceci :

(Notons que J a été initialisé à N , K_2 à 0, Z à 1)

Début

040 Tant que $J \neq 1$, faire

0403 Si $P(J) > 0$, faire ceci

04033 Tant que $Z \neq 0$ ($Z=0$ signifie que le changement de flot a été fait), faire :

Si à la position K_2 , $H(D(P(J))+K_2) = J$

Augmenter de le flot de l'arc $(P(J), J)$

Donner à J la valeur de $P(J)$

Annuler Z

Sinon Augmenter K_2 de 1

04036 Faire $Z = 1$ et Annuler K_2

0406 Sinon, faire :

04063 Tant que $Z \neq 0$, faire :

Si à la position K_2 , $H(D(J)+K_2) = -P(J)$,

- Diminuer de E_0 le flot de l'arc $(J, -P(J))$

- Donner à J la valeur de $-P(J)$

- Annuler Z

Sinon, augmenter la valeur de K_2 de 1

04066 Faire $Z = 1$ et annuler K_2

Fin

II₄₂₂) Marquage simple N°2

Il ne diffère du marquage simple N°1 qu'au niveau du marquage indirect. Pour cela, on remplace la partie de la ligne 010633 à la

ligne 010639 par ce qui suit :

010633' De $K_1 = D(2)$ à $N-1$ (Pour balayer tout le vecteur H à partir de $D(2)$)

0106333' Si le sommet de la case K_1 est $A(I)$, et si le flot d'arc arrière de $A(I)$ est > 0 , faire :

$I_1 = H + 1$

01063333' Tant que $I_1 \leq N-1$ et $X_3 \neq 1$, faire :

Si K_1 est dans la zone des sommets reliés à $A(I_1)$ [si $D(A(I_1)+1) > K_1$ et $D(A(I_1)) \leq K_1$]

faire :

. Le marquage de $A(I_1)$

- $X_3 = 1$ (pour dire que le précédent a été trouvé)

- Augmenter I_1 de 1

Sinon . Augmenter I_1 de 1

0106336' Annuler X_3 et Passer au K_1 suivant.

0106639' Sinon Passer au K_1 suivant

N.B.: K_1 compteur des positions dans H ; X_3 : compteur de sommet précédent

II_{4.23}) "Marquage "à partir" "du dernier sommet" à être marqué

Il se fait exactement, comme dans la représentation matricielle, la modification est à placer entre les lignes 0106639 et 01069 du marquage simple n° 1.

II_{4.24}) Marquages Capacitifs total et partiel

Pour le marquage capacitif total, on fait la recherche capacitive et le marquage capacitif du sommet N . Alors que pour le marquage capacitif partiel, on ne fait que la recherche capacitive.

Recherche Capacitive:

Elle se fait exactement de la même manière que celle de la représentation matricielle. Ici, on la place entre les lignes 0106639 et 01069 du marquage simple n° 1

Marquage Capacitif du sommet N

Il a le même esprit que celui de la représentation matricielle.

Entre les lignes 01033 et 01036, faire ceci :

Tant que $I \neq M+1$, faire

Si le sommet $A(I)$ est relié au puits, faire

Si le E min de $A(I)$ et la différence capacité. flst
 de l'arc (A, N) sont supérieurs à E_0 ,

- Faire le marquage de N
- Donner à E_0 la valeur du minimum entre $E(A(I))$ et la différence citée plus haut
- Augmenter I de 1

Si non Augmenter I de 1

Si non Augmenter I de 1

II₄₂₅) Marquage direct de préférence

Ici aussi, l'idée est la même que celui du marquage correspondant dans la représentation matricielle. On entre ou on sort d'une grande boucle de Recherche. On fait la même chose dans une ^{boucle} intérieure de marquages directs, au sortir de laquelle on fait un seul marquage indirect si possible.

Debut

On initialise M à 1, I à 1, Z à 1, K_2 à 0, $\alpha(N)$ à $N_1 + 1$, J à N , $E(I)$ à 9999.

Tant que $I \neq H + 1$, faire :

debut Tant que $I \neq H + 1$, faire :

- les lignes 0103
 =
 =
 à 010636 } lignes du marquage simple n° 1

010637. Augmenter I de l'unité.

Suite : faire :

si $I \neq 2$ et $H + 1 \neq N$, faire :

stocker I dans I_2
 Ramener I à H

Tant que $I \geq 2$ et $X_4 \neq 1$ faire :

$$I_1 = M + 1$$

Tant que $I_1 \leq N - 1$ et $X_4 \neq 1$, faire :

$$K_3 = 0$$

de la ligne 0106633 } lignes du
à la ligne 0106639 } marquage
suite n°1

Diminuer I de 1

Ramener I à I_2 et annuler X_4

Fin

Faire la suite de la ligne 020 à la ligne 030 du marquage suite n°1.

Fin

II₄₂₆) Marquage du dernier sommet - direct de préférence

Pour cela, il faut faire les modifications en vue du marquage à partir du dernier sommet, dans le marquage direct de préférence (entre les lignes 010636 et 010637).

II₄₂₇) Marquage direct de préférence - capacitif total

Pour le faire, placer la recherche capacitive entre les lignes 010636 et 010637 du marquage direct de préférence, et le marquage capacitif du sommet N tout juste avant le changement de flot dans le marquage direct de préférence.

II₄₂₈) Marquage direct de préférence - capacitif partiel

Pour cela, il suffit de placer la recherche capacitive entre les lignes 010636 et 010637 du marquage direct de préférence.

CHAPITRE III

TESTS D'EFFICACITE :

RESULTATS ET ANALYSES

Les dix neuf programmes qui ont été développés ont été testés en prenant leur temps d'exécution suivant différents cas. Ces programmes sont basés sur huit types de marquage et sont, au nombre de neuf pour la représentation du réseau par matrices et sont dix pour la représentation par vecteurs.

III.1) LISTE RESUME DES PROGRAMMES

Notation du type de marquage	Description du type de marquage	Notation ou Représentation par:	
		Matrices	Vecteurs
C_1	Marquage simple avec rearrangement	M_1	V_{11} V_{12} (1)
$C_1(S.R.)$ (2)	Marquage simple sans rearrangement	$M_1(S.R.)$ (2)	$V_{11}(S.R.)$ (2)
C_2	Marquage du dernier sommet	M_2	V_2
C_3	Marquage direct de préférence	M_3	V_3
C_4	Marquage capacitif total	M_4	V_4
C_5	Marquage capacitif partiel	M_5	V_5
C_6	Marquage du dernier sommet - direct de préférence	M_6	V_6
C_7	Marquage direct de préférence - Capacitif total	M_7	V_7
C_8	Marquage direct de préférence - Capacitif partiel	M_8	V_8

(1) V_{11} = marquage simple N°1 ; V_{12} = marquage simple N°2

(2) Une notation suivie de SR est sans rearrangement, sinon elle l'est.

III 2) TABLEAUX DES RESULTATS ET CLASSEMENTS

III 2 a) Résultats et Classements pour : un réseau de 15 nœuds à 18,6%
et un réseau de 15 nœuds à 50%.

Rang	Classement Général des Programmes			
	$n=15$ $d=18,6\%$ $m_1=34$		$n=15$ $d=50\%$ $m_1=92$	
	Programme	Temps	Programme	Temps
1 ^{er}	V ₃	1mn 27s	M ₆	2mn 7s
2 ^e	V ₆	1mn 28s	V ₆	2mn 8s
3 ^e	M ₆	1mn 44s	M ₃	2mn 14s
4 ^e	M ₃	1mn 45s	M ₂	2mn 16s
5 ^e	V ₇	1mn 53s	M ₁	2mn 20s
6 ^e	V ₈	2mn 2s	M ₇	2mn 25s
7 ^e	M ₁	2mn 3s	M ₄	2mn 30s
8 ^e	M ₂	2mn 11s	V ₇	2mn 38s
9 ^e	M ₇	2mn 13s	V ₃	3mn 15s
10 ^e	M ₈	2mn 23s	M ₈	3mn 16s
11 ^e	V ₁₂	2mn 49s	M ₅	3mn 25s
12 ^e	M ₅	2mn 51s	V ₈	3mn 33s
13 ^e	M ₄	2mn 56s	V ₂	3mn 34s
14 ^e	V ₁₁	3mn 4s	V ₄	3mn 57s
15 ^e	V ₂	3mn 9s	V ₁₁	4mn 0s
16 ^e	V ₅	4mn 1s	V ₁₂	4mn 20s
17 ^e	V ₄	4mn 6s	V ₅	5mn 12s
Classement entre M ₁ et M ₁ (SR)				
1 ^{er}	M ₁	2mn 3s	M ₁	2mn 20s
2 ^e	M ₁ (SR)	2mn 16s	M ₁ (SR)	2mn 30s
Classement entre V ₁₁ et V ₁₁ (SR)				
1 ^{er}	V ₁₁ (SR)	3mn 2s	V ₁₁ (SR)	3mn 50s
2 ^e	V ₁₁	3mn 4s	V ₁₁	4mn 0s
Classement Prévisionnel				
1 ^{er}	V ₃ (SR)		M ₆	
2 ^e	V ₆ (SR)		V ₆ (SR)	
3 ^e	M ₆		M ₃	
4 ^e	M ₃		M ₂	

III₂₂) Résultats et Classements pour un réseau de 15 noeuds à 70%
et un réseau de 25 noeuds à 18%

Classement Général des Programmes					
Rang	n=15 d=70% m=128		n=25 d=18% , m=100		
	Programme	Temps	Programme	Temps	
1 ^{er}	M6	2mn 11s	M3	8mn 17s	
2 ^e	V6	2mn 12s	M8	8mn 24s	
3 ^e	M2	2mn 16s	M6	8mn 36s	
4 ^e	M7	2mn 46s	V3	8mn 51s	
5 ^e	M4	2mn 49s	V8	8mn 52s	
6 ^e	M3	2mn 50s	V6	9mn 9s	
7 ^e	M1	2mn 57s	M1	9mn 39s	
8 ^e	V7	3mn 14s	M7	9mn 52s	
9 ^e	M8	3mn 15s	V7	10mn 10s	
10 ^e	M5	3mn 20s	V4	11mn 7s	
11 ^e	V8	3mn 57s	M2	11mn 50s	
12 ^e	V2	4mn 4s	M5	22mn 25s	
13 ^e	V4	4mn 12s	V5	22mn 59s	
14 ^e	V3	4mn 41s	V2	23mn 6s	
15 ^e	V11	4mn 32s	V11	24mn 1s	
16 ^e	V5	5mn 33s	V12	24mn 20s	
17 ^e	V12	6mn 22s	V4	24mn 49s	
		Classement entre M ₁ et M _i (SR)		Classement entre M ₁ et M _i (SR)	
1 ^{er}	M ₁ (SR)	2mn 11s	M1	9mn 39s	
2 ^e	M1	2m 57s	M1(SR)	9mn 40s	
		Classement entre V ₁₁ et V ₁₁ (SR)			
1 ^{er}	V ₁₁ (SR)	5mn 11s	V ₁₁ (SR)	21mn 40s	
2 ^e	V ₁₁	5mn 32s	V ₁₁	24mn 1s	
Classement Prévisionnel					
1 ^{er}	M6(SR)		M3		
2 ^e	V6(SR)		M8		
3 ^e	M2(SR)		M6		
4 ^e	M7(SR)		V3(SR)		

III 23) Résultats et classements pour un réseau de 35 nœuds à 18%
et classement Général par type de marquage

Classement Général des Programmes		
Rang	m = 35 d = 18% n _i = 203	
	Programme	Temps
1 ^{er}	M ₇	8mn 34s
2 ^e	V ₇	9mn 45s
3 ^e	M ₃	10mn 29s
4 ^e	M ₄	11mn 1s
5 ^e	V ₃	11mn 42s
6 ^e	M ₁	12mn 27s
7 ^e	M ₆	15mn 16s
8 ^e	V ₈	16mn 34s
9 ^e	M ₈	16mn 36s
10 ^e	V ₆	16mn 51s
11 ^e	M ₂	16mn 54s
12 ^e	M ₅	19mn 29s
non classés (1)	V ₄	> 31mn 44s
	V ₂	> 37mn 6s
	V ₁₂	> 42mn 10s
	V ₁₁	> 41mn 29s
	V ₅	> 58mn 11s
Classement entre M ₁ et M ₁ (SR)		
1 ^{er}	M ₁ (SR)	11mn 48s
2 ^e	M ₁	12mn 27s
Classement entre V ₁₁ et V ₁₁ (SR) (2)		
1 ^{er}	V ₁₁ (SR)	42mn 2s
2 ^e	V ₁₁	> 41mn 29s
Classement Prévisionnel		
1 ^{er}	M ₇ (SR)	-
2 ^e	V ₇ (SR)	-
3 ^e	M ₃ (SR)	-
4 ^e	M ₄ (SR)	-

Classement Général par type de marquage (3)	
Rang	Type de marquage
1 ^{er}	C ₆
2 ^e	C ₃
3 ^e	C ₇
4 ^e	C ₈
5 ^e	C ₂
6 ^e	C ₄
7 ^e	C ₁
8 ^e	C ₅

(1) Les temps d'exécution sont trop longs. Il était inutile de les connaître exactement.

(2) Pour ce classement, nous supposons qu'il doit refléter les précédents, où le cas (SR) a été toujours le plus efficace.

(3) Pour établir le classement général, il a fallu faire la somme des rangs pour chaque type de marquage. Pour le type C₆, la somme 1+2+3+6+7+3+1+2+7+10 = 37 a été faite. Le rang suit l'ordre croissant des nombres obtenus.

III 3) ANALYSE DES RESULTATS

Il y a, parmi les huit types de marquages, cinq types fondamentaux de marquages : le marquage simple (C_1), le marquage à partir du dernier sommet à être marqué (C_2), le marquage direct de préférence (C_3), le marquage capacitif total (C_4), le marquage capacitif partiel (C_5). Les trois autres types sont des combinaisons des cinq premiers types de marquage : le marquage du dernier sommet - direct de préférence (C_6 qui est une combinaison de C_2 et de C_3), le marquage direct de préférence - capacitif total (C_7 qui est une combinaison de C_3 et de C_4), le marquage direct de préférence - capacitif partiel (C_8 qui est une combinaison de C_3 et de C_5).

III₃) Comparaison entre les types de marquage fondamentaux :

Le classement général par type de marquage nous fait dire que :

- le marquage simple (type C_1) est souvent l'un des moins efficaces ; il ne devance que le marquage capacitif partiel (type C_5).
- le marquage direct de préférence (type C_3) est le plus efficace. En effet, les marquages indirects sont souvent la borieux mais peu nombreux.
- le marquage à partir du dernier sommet (type C_2) vient en deuxième position. Il est plus efficace que les marquages simples et capacitifs.
- le marquage capacitif total vient en troisième position, bien qu'elle soit très ardue. Mais, à y voir de près, le marquage simple lui égale à peu près en efficacité. C'est ainsi que pour les réseaux à grand nombre de noeuds, le marquage capacitif total (type C_4) est plus efficace. Pour les réseaux à moyen et petit nombre de noeuds, c'est l'inverse.

- le marquage capacitif partiel (type C_5), est le moins efficace. En effet, l'algorithme perd en efficacité dans la recherche capacitive, sans pour autant combler cette lacune par le marquage capacitif du sommet N (le puits) comme le fait le marquage capacitif total.

II₃₁) Comparaison entre tous les types de marquage :

En général, le résultat de la combinaison est le meilleur. C'est ainsi que :

- le type C_6 (combinaison des types C_2 et C_3) est plus efficace que les types C_2 et C_3 respectivement.
- le type C_7 (combinaison des types C_3 et C_4) donne un résultat meilleur à celui de C_4 , mais moins bon que celui de C_3 .
- le type C_8 (combinaison des types C_3 et C_5) est plus efficace que le type C_5 et moins efficace que le type C_3 .

Le classement général par type de marquage donne le type C_6 comme meilleur, suivi par ordre des types $C_3, C_7, C_8, C_2, C_4, C_1$ et C_5 .

II₃₂) Comparaison suivant la nature du réseau

Cette étude n'a tenu compte que de deux paramètres : le nombre de noeuds n et la densité d . Soit n_1 le nombre d'arcs, la densité est :

$$d = \frac{n_1}{(n-1)^2 - (n-2)}$$

de paramètre étendue (différence entre plus grande et plus petite capacité), pourrait être considéré, mais le volume horaire à notre disposition ne le permet pas.

Pour le nombre de noeuds, nous le considérons comme petit s'il est

inférieur à 20, comme moyen s'il est compris entre 20 et 30 et comme grand s'il est supérieur à 30.

Pour la densité, nous la classons petite quand elle est inférieure à 30%, moyenne quand elle est comprise entre 30% et 60%, et grande quand elle est supérieure à 60%.

La comparaison entre les programmes de type C_1 avec réarrangement $[C_1(AR)]$ et ceux de type C_1 sans réarrangement $[C_1(SR)]$, a été faite. Quand le type de programme (AR) avec réarrangement est le plus efficace pour un type de réseau, nous le considérons comme le plus efficace (que le type (SR)) dans ce cas et vice-versa. C'est cela qui nous a conduit à faire le classement prévisionnel des quatre meilleurs programmes dans chaque type de réseau.

Cinq types de réseaux ont été étudiés :

- un réseau à petit nombre de nœuds et à petite densité ($n = 15$; $d = 18,6\%$; $m_1 = 34$). Le classement prévisionnel est dans l'ordre, les types de programmes $V_3(SR)$, $V_6(SR)$, M_6 et M_3 .

En effet, pour les petits nombres de nœuds et les petites densités dans les réseaux, la représentation vectorielle est la plus indiquée.

- un réseau à petit nombre de nœuds et à densité moyenne ($n = 15$, $d = 50\%$, $m_1 = 92$). Le classement prévisionnel donne par ordre, les types de programmes M_6 , $V_6(SR)$, M_3 et M_2 . Ici, la représentation matricielle tend à être plus efficace.

- un réseau à petit nombre de nœuds et à grande densité ($n = 15$, $d = 70\%$, $m_1 = 128$). Le classement prévisionnel donne, par ordre,

Les types de programme $M_6(SR)$, $V_6(SR)$, $M_2(SR)$ et $M_7(SR)$.

La représentation matricielle est largement plus efficace.

- un réseau à moyen nombre de noeuds et à petite densité ($n = 25$, $d = 18\%$, $m_1 = 100$). La représentation matricielle est la plus efficace, le classement prévisionnel donnant par ordre, les types de programme M_3 , M_8 , M_6 et $V_3(SR)$.

- un réseau à grand nombre de noeuds et à petite densité ($n = 35$, $d = 18\%$, $m_1 = 203$). Le classement prévisionnel donne par ordre, les programmes $M_7(SR)$, $V_7(SR)$, $M_3(SR)$ et $M_4(SR)$. La représentation matricielle est largement plus efficace. Notons que c'est à partir des réseaux à grand nombre de noeuds que les programmes de type C_7 et C_4 commencent à être efficaces comparés aux autres types.

Les autres types de réseaux n'ont pas été étudiés, néanmoins nous pouvons extrapoler à partir des tendances constatées et dire que:

- pour les réseaux à grand nombre de noeuds, à moyenne et grande densités, la représentation par matrices (qui ici utilise moins de mémoire) est la plus indiquée.

- pour les réseaux à moyen nombre de noeuds, à moyenne et grande densités, les constatations précédentes demeurent valables.

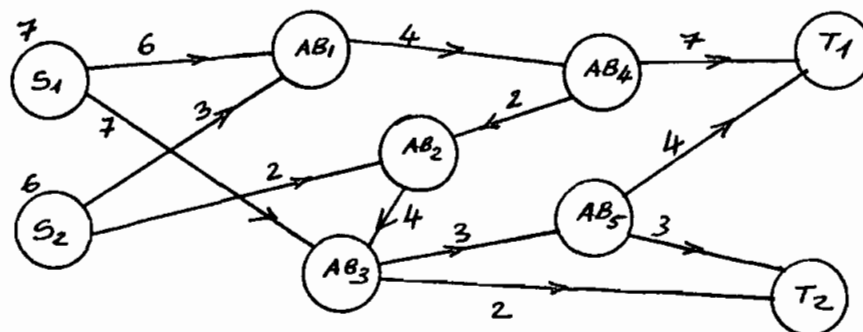
CHAPITRE IV

RESOLUTION D'UN PROBLEME

FICTIF DE TRANSPORT

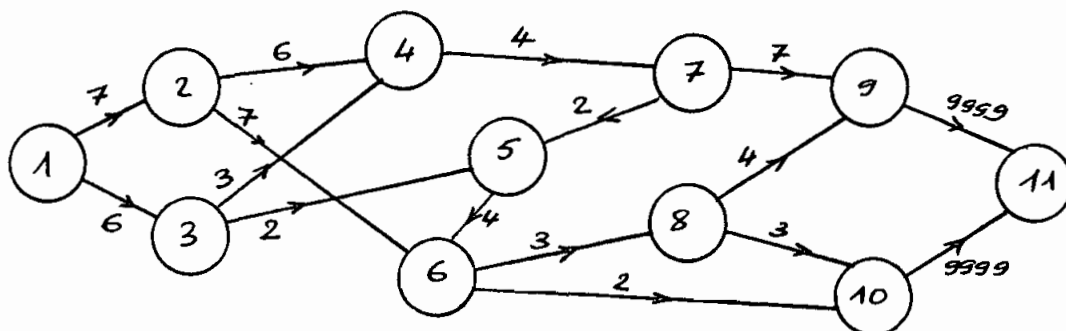
Soit dans une ville, une société de transport, qui cherche à maximiser le nombre de travailleurs à acheminer de deux points de départ, à deux points d'arrivées, le nombre de personnes qui veulent aller à chacune des arrivées n'étant pas limité, à cette heure là. En ce moment, la circulation est si dense que le nombre de bus ne peut dépasser un certain nombre dans certaines artères. Au point de départ 1, la société dispose de 7 bus. Au point de départ 2, elle en a 6.

Pour résoudre ce problème, nous dirons d'abord que le nombre maximum de travailleurs est fonction du nombre maximum de bus. Le nombre maximum de bus permis dans une artère est la capacité de l'artère. Les rencontres des différentes artères, constituent les nœuds intermédiaires (il y a des arrêts de bus aux points de rencontre). Les départ 1 et 2 sont les sources de capacités respectives 7 et 6. Les arrivées 1 et 2 sont les puits. Le flot est constitué par les bus qui circulent. Le réseau de transport dans la ville est le suivant :



$AB_1 =$ arrêt de bus 1

Il faut introduire une source fictive 1, relié à S_1 par 7 et à S_2 par 6 à cause des capacités de sommet de S_1 et S_2 . Nous reprenons les appellations des sommets comme suit: S_1 devient 2, S_2 devient 3, AB_1 devient 4, et ainsi de suite $AB_2, AB_3, AB_4, AB_5, T_1, T_2$ deviennent 5, 6, 7, 8, 9, 10 respectivement. Le puits fictif introduit devient le sommet 11. Les arcs arrivant sur le sommet 11 ont une capacité infinie. Nous remplaçons l' ∞ par 9999. Le réseau final obtenu sera le suivant:



Le chiffre à côté de l'arc indique la capacité de l'arc.

Le nombre de noeuds n est 11, le nombre d'arcs n_1 est 16. La densité est de 17,6 % ($d = \frac{16}{91}$).

Selon notre étude, le nombre de noeuds est petit, la densité est petite ($n = 11 < 20$; $d = 17,6\% \leq 30\%$); nous utilisons alors la représentation des réseaux par vecteurs. Le programme V_3 sans réarrangement est le plus indiqué.

Représentation du réseau par vecteurs

$A =$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

$D =$

1	3	5	7	8	9	11	13	15	16	17
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----

$H =$

2	3	4	6	4	5	7	6	8	10	9	5	9	10	11	11
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---	----	----	----

$C =$

7	6	6	7	3	2	4	4	3	2	7	2	4	3	9999	9999
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------	------

La solution du programme par le programme V_3 (SR) donne le résultat suivant :

Vecteur F du Flot Maximal

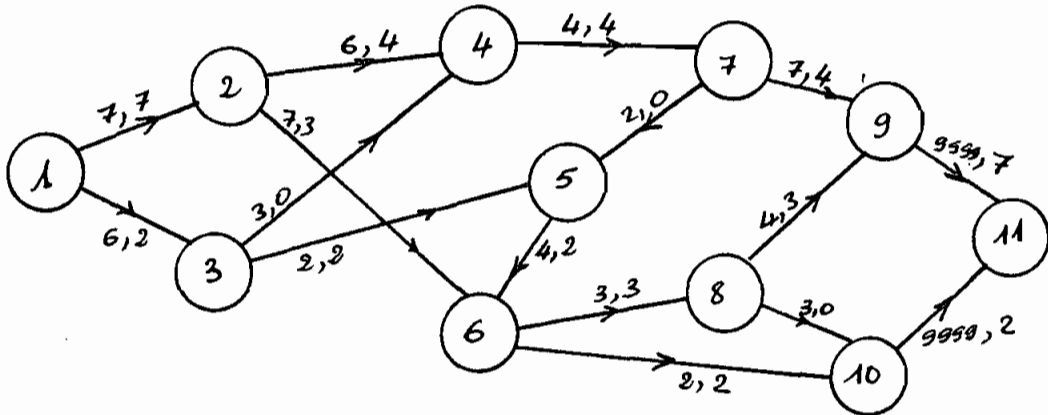
7	2	4	3	0	2	4	2	3	2	4	0	3	0	7	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

La valeur du Flot maximal est 9.

Conclusion

Le flot maximal étant 9, le nombre de bus qui va transporter le maximum de travailleurs est 9.

Pour résoudre son problème, la société doit prévoir d'envoyer les bus selon le circuit suivant :



Dans chaque arc, le premier chiffre indique la capacité et le deuxième chiffre indique le nombre de bus qui doivent y circuler.

CONCLUSION

Les programmes qui ont été développés permettent la résolution du problème du flot maximal, ainsi que celui de la coupe minimale dans un réseau. Pour ce dernier, il suffit de faire imprimer le vecteur A (vecteur des sommets), d'imprimer la valeur de H (compteur des sommets marqués et non examinés) et de lever les sommets de 1 à H qui sont alors les éléments de X dans la coupe minimale (X, \bar{X}) .

Pour passer d'un programme avec réarrangement à un autre sans réarrangement, il suffit d'enlever ou d'introduire :

- les dimensions du vecteur B , et de remplacer A par B ou vice versa au niveau des INPUT, MAT INPUT et GET
- MAT $A = B$ au début de la sous-initialisation ou de la reinitialisation, et pour la représentation du réseau par vecteurs, après l'introduction des données.

Pour des considérations académiques et ayant été préoccupé au début par la compréhension des programmes, nous avons fait des renvois sur des lignes de Remarques et une formulation des conditions des boucles et embranchements pas très efficace. Si cela était fait, on remarquerait une amélioration de l'efficacité de l'ordre de 10% à 15%. Mais cela n'affecte en rien la comparaison des programmes.

Pour plus d'efficacité, une étude plus approfondie (avec introduction de compteurs de boucles) permettrait de connaître les variables les plus utilisées pour, les placer par ordre de plus grande utilisation, au début de l'initialisation.

Dans le cas d'une utilisation économique, un choix judicieux du programme selon la nature du réseau permet une solution assez efficace du problème du flot maximal et de la coupe minimale.

Pour résoudre les problèmes dans des réseaux à :

- petit nombre de nœuds n ($n \leq 20$) et à densité d petite ($d \leq 30\%$), il faut choisir le programme $V_3(SR)$ [Marquage direct de préférence sans réarrangement en représentation du réseau par vecteurs]. La représentation par vecteurs est la plus efficace.

- petit nombre de nœuds et à densité moyenne ($30\% < d \leq 60\%$), il faut choisir le programme M_6 [Marquage direct de préférence - à partir du dernier sommet à être marqué] en représentation matricielle. La représentation du réseau par matrices est la plus efficace.

- petit nombre de nœuds et à grande densité ($d > 60\%$), il faut choisir le programme $M_6(SR)$ [Marquage direct de préférence - à partir du dernier sommet à être marqué en représentation matricielle]. La représentation du réseau par matrices est largement la plus efficace.

- petite densité et moyen nombre de nœuds ($n \in [20, 30]$), il faut choisir le programme M_3 [Marquage à partir du dernier sommet à être marqué en représentation matricielle]. La représentation matricielle est la plus efficace.

- grand nombre de nœuds ($n > 35$), et à petite densité, la représentation du réseau par matrices est la plus efficace; il faut choisir le programme $M_7(SR)$ [Marquage direct de préférence - capacitatif total sans réarrangement en représentation matricielle].

Pour les autres types de réseaux à moyen et à grand nombre de noeuds (de densité moyenne ou grande), la représentation du réseau par matrice sera la plus efficace. Il faudrait surtout choisir les programmes : M_3 [Marquage direct de préférence], ou M_7 (Marquage direct de préférence - Capacitif total), ou enfin M_8 (Marquage direct de préférence - Capacitif partiel).

ANNEXE 1

LES PROGRAMMES

A1) REPRESENTATION DU RESEAU PAR MATRICES

Entête des programmes de la représentation du réseau par matrices.

Elle contient la liste de toutes les variables utilisées dans la représentation du réseau par matrices.

```

0010 REM INFORMATISATION DE LA RESOLUTION DU FLOT MAXIMAL
0020 REM DANS LES RESEAUX DE TRANSPORT SELON L'ALGORITHME
0030 REM DE FORD ET FULKERSON
0040 REM AUTEUR:MOUSTAPHA COLY 5E ANNEE GENIE MECANIQUE
0050 REM A L'ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES
0060 REM PERIODE:ANNEE SCOLAIRE 1982_1983
0070 REM PROJET DE FIN D'ETUDES
0080 REM DIRECTEUR DE PROJET:ANDRE LANGEVIN
0090 REM PROFESSEUR DE RECHERCHE OPERATIONNELLE
0100 REM -----REPRESENTATION DU RESEAU PAR MATRICES-----
0110 REM ----- DESCRIPTION DES VARIABLES UTILISEES
0120 REM C:MATRICE DES CAPACITES DU RESEAU
0130 REM F :MATRICE DU FLOT DANS LE RESEAU
0140 REM S:COMPTEUR DES SOMMETS A MARQUER
0150 REM M:COMPTEUR DES SOMMETS DEJA MARQUES
0160 REM I:COMPTEUR DES SOMMETS EXAMINES
0170 REM A,B:VECTEUR DE TOUS LES SOMMETS
0180 REM P:VECTEUR DES SOMMETS PRECEDENTS
0190 REM E:VECTEUR DES EPSILON(E MIN)
0200 REM N:NOMBRE DE SOMMETS (REPRESENTE LE PUIITS AUSSI)
0210 REM C1:NUMERO DE FICHIER DE DONNEES
0220 REM Y:COMPTEUR DE MARQUAGE INDIRECT
0230 REM Q,T,W,Z:STOCKEURS
0240 REM G,J,L:COMPTEURS DES SOMMETS
0250 REM V:VALEUR DU FLOT MAXIMAL
0260 REM R:STOCKEUR POUR CHANGER L'ORDRE DANS A
0270 REM X:LE NOMBRE DE CAPACITES
0280 REM N$,M$,D$:REPONSE 'OUI' OU 'NON'

```

A11) Programme du marquage simple avec réarrangement (M1)

```

0010 REM -----REPRESENTATION DU RESEAU PAR MATRICES-----
0020 REM :CAS 'MARQUAGE SIMPLE AVEC REARRANGEMENT'
0030 REM ----- INITIALISATION
0040 PRINT 'VEUILLEZ INSCRIRE LA VALEUR N DU NOMBRE DE SOMMETS'
0050 INPUT N
0060 PRINT 'AVEZ-VOUS DIMENSIONNE A';N;'?'
0070 PRINT 'REPONDEZ EN INSCRIVANT 'OUI' OU 'NON''
0080 INPUT N$
0090 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT DE DIMENSIONNEMENT
0100 IF N$='NON' GOTO 0120
0110 GOTO 0220
0120 REM ----- DIMENSIONNER
0130 PRINT 'POUR DIMENSIONNER A';N;'FAITES CECI:'
0140 PRINT 'INSCRIVEZ LESCOMMANDES 'LIST 230' ET 'LIST 390';'
0150 PRINT 'A CES LIGNES, REMPLACEZ LES NOMBRES QUI SONT ENTRE'
0160 PRINT 'PARENTHESES PAR LE NOMBRE';N
0170 PRINT 'ET N'OUBLIEZ PAS ENSUITE D'APPUYER SUR 'EXECUTE''
0180 PRINT ''
0190 PRINT 'ET PUIS ENFIN,VOUS RECOMMENCEREZ L'EXECUTION '
0200 PRINT 'DU PROGRAMME AVEC 'RUN''
0210 STOP
0220 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
0230 DIM B(15),A(15),P(15),E(15),C(15,15),F(15,15)
0240 MAT F=(0)*F
0250 I=0
0260 M=0
0270 J=N
0280 G=2
0290 X=N*N
0300 PRINT 'VOS DONNEES SONT 'OUI' OU 'NON' SUR CASSETTE?'
0310 INPUT D$
0320 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT: INTRODUIRE LES DONNEES
0330 IF D$='OUI' GOTO 0350
0340 GOTO 0420
0350 REM ----- DONNEES SUR CASSETTE
0360 PRINT 'INSCRIVEZ LE NUMERO DE FICHIER DE DONNEES'
0370 INPUT C1
0380 OPEN FL1,'E80',C1,IN
0390 MAT GET FL1,B(15),C(15,15)
0400 CLOSE FL1
0410 GOTO 0480
0420 REM ----- DONNEES AU CLAVIER
0430 PRINT 'VEUILLEZ INSCRIRE LES NOMBRES SUCCESSIFS DE 1 A';N
0440 PRINT 'ET A LA SUITE ,LES';X;'VALEURS DE LA MATRICE DES'
0450 PRINT 'CAPACITES,LIGNE APRES LIGNE'
0460 MAT INPUT B,C
0470 PRINT 'MERCI'
0480 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
0490 PRINT 'DEBUT DU CHRONOMETRAGE'
0500 REM ----- DEBUT DE LA RECHERCHE DU FLOT MAXIMAL
0510 REM ----- DEBUT DE LA BOUCLE DE RECHERCHE
0520 IF I≠M+1 GOTO 0540
0530 GOTO 0690
0540 REM ----- DEBUT DE BOUCLE: POUR CHAQUE I
0550 IF I=0 GOTO 0570
0560 GOTO 0610
0570 REM ----- EXAMINATION POUR I=0

```

```

0580 GOSUB 1040
0590 GOSUB 1140
0600 GOTO 0540
0610 REM ----- FIN DE BOUCLE
0620 REM ----- EXAMINATION POUR I≠0
0630 IF I≠M+1 GOTO 0650
0640 GOTO 0670
0650 REM ----- EXAMINER
0660 GOSUB 1140
0670 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
0680 GOTO 0510
0690 REM ----- FIN DE BOUCLE DE RECHERCHE
0700 REM ----- CALCUL DU FLOT MAXIMAL
0710 REM ----- DEBUT DE BOUCLE DE CALCUL
0720 IF G≠N+1 GOTO 0740
0730 GOTO 0780
0740 REM ----- AJOUTER LA VALEUR DU FLOT DANS L'ARC (1,G)
0750 V=V+F(1,G)
0760 G=G+1
0770 GOTO 0710
0780 REM ----- FIN DE BOUCLE DE CALCUL
0790 PRINT 'FIN DU CHRONOMETRAGE'
0800 PRINT ' '
0810 PRINT 'MERCI POUR VOTRE PATIENCE'
0820 PRINT ' '
0830 REM ----- AFFICHAGE DES RESULTATS
0840 PRINT 'LA VALEUR DU FLOT MAXIMAL EST';V
0850 PRINT ' '
0860 REM ----- IMPRESSION DES RESULTATS
0870 PRINT 'VOULEZ_VOUS IMPRIMER LES RESULTATS ?'
0880 PRINT 'ET AVEZ_VOUS L''IMPRIMANTE EN LIGNE ?'
0890 PRINT 'REPONDEZ EN INSCRIVANT ''OUI'' OU ''NON'' '
0900 INPUT M$
0910 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT:IMPRIMER OU NON
0920 IF M$='OUI' GOTO 0940
0930 GOTO 1010
0940 REM ----- IMPRIMER
0950 :###
0960 PRINT FLP,TAB(15),'MATRICE_F_DU_FLOT_MAXIMAL'
0970 MAT PRINT USING FLP,0950,F;
0980 PRINT FLP,
0990 PRINT FLP,
1000 PRINT FLP,' LA VALEUR DU FLOT MAXIMAL EST ';V
1010 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
1020 STOP
1030 :
1040 REM ----- SOUS PROGRAMME D'INITIALISATION
1050 MAT A=B
1060 MAT P=(0)*P
1070 MAT E=(0)*E
1080 E(1)=9999
1090 M=1
1100 I=1
1110 S=0
1120 RETURN
1130 :
1140 REM ----- SOUS PROGRAMME D'EXAMINATION

```

```

1150 REM ----- POUR UN SOMMET I
1160 S=M+1
1170 REM ----- DOUBLE EMBRANCHEMENT:EXAMINER OU CHANGER DE FLOT
1180 IF P(N)=0 GOTO 1200
1190 GOTO 1650
1200 REM ----- EXAMINER
1210 REM ----- DEBUT DE BOUCLE D'EXAMINATION
1220 IF S≠N+1 GOTO 1240
1230 GOTO 1610
1240 REM ----- EMBRANCHEMENT TRIPLE DE MARQUAGE
1250 IF F(A(I),A(S))<C(A(I),A(S)) GOTO 1280
1260 IF F(A(S),A(I))>0 GOTO 1400
1270 GOTO 1570
1280 REM ----- MARQUAGE DIRECT
1290 P(A(S))=A(I)
1300 REM ----- EMBRANCHEMENT DOUBLE DE RECHERCHE DE E MIN
1310 IF E(P(A(S)))>C(A(I),A(S))-F(A(I),A(S)) GOTO 1330
1320 GOTO 1360
1330 REM ----- CHANGER LA VALEUR DE E MIN
1340 E(A(S))=C(A(I),A(S))-F(A(I),A(S))
1350 GOTO 1380
1360 REM ----- GARDER LA VALEUR PRECEDENTE DE E MIN
1370 E(A(S))=E(P(A(S)))
1380 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1390 GOTO 1510
1400 REM ----- MARQAGE INDIRECT
1410 P(A(S))=-A(I)
1420 REM ----- EMBRANCHEMENT DOUBLE DE RECHERCHE DE E MIN
1430 IF E(-P(A(S)))>F(A(S),A(I)) GOTO 1450
1440 GOTO 1480
1450 REM ----- CHANGER LA VALEUR DE E MIN
1460 E(A(S))=F(A(S),A(I))
1470 GOTO 1500
1480 REM ----- GARDER LA VALEUR PRECEDENTE DE E MIN
1490 E(A(S))=E(-P(A(S)))
1500 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1510 REM ----- INTERVERTIR A(S) ET A(M+1)
1520 R=A(S)
1530 A(S)=A(M+1)
1540 A(M+1)=R
1550 REM ----- DEPLACER LE MARQUEUR
1560 M=M+1
1570 REM ----- PASSER AU S SUIVANT
1580 S=S+1
1590 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT TRIPLE
1600 GOTO 1200
1610 REM ----- FIN DE BOUCLE D'EXAMINATION
1620 REM ----- CHANGER DE I
1630 I=I+1
1640 GOTO 1700
1650 REM ----- CHANGER DE FLOT
1660 E0=E(N)
1670 GOSUB 1730
1680 REM ----- ANNULER I
1690 I=0
1700 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1710 RETURN

```

```

1720 :
1730 REM ----- SOUS PROGRAMME DE CHANGEMENT DE FLOT
1740 REM ----- BOUCLE DE CHANGEMENT DE FLOT
1750 IF J#1 GOTO 1770
1760 GOTO 1890
1770 REM ----- DOUBLE EMBRANCHEMENT:CHANGER DE FLOT
1780 IF P(J)>0 GOTO 1800
1790 GOTO 1840
1800 REM ----- CHANGER DE FLOT APRES MARQUAGE DIRECT
1810 F(P(J),J)=F(P(J),J)+E0
1820 J=P(J)
1830 GOTO 1870
1840 REM ----- CHANGER LE FLOT APRES MARQUAGE INDIRECT
1850 F(J,-P(J))=F(J,-P(J))-E0
1860 J=-P(J)
1870 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1880 GOTO 1740
1890 REM ----- FIN DE BOUCLE
1900 J=N
1910 RETURN
1920 END

```

A₁₂) Programme du marquage simple sous rearrangement [M₁ (SR)]

C'est une modification de A₁₁ (programme M₁) dans laquelle :

- les lignes suivantes remplacent les lignes 230 à 460 de M₁

```

0230 DIM A(35),P(35),E(35),C(35,35),F(35,35)
0240 MAT F=(0)*F
0250 I=0
0260 M=0
0270 J=N
0280 G=2
0290 X=N*N
0300 PRINT 'VOS DONNEES SONT ''OUI'' OU ''NON'' SUR CASSETTE?'
0310 INPUT D#
0320 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT:INTRIDUIRE LES DONNEES
0330 IF D#='OUI' GOTO 0350
0340 GOTO 0420
0350 REM ----- DONNEES SUR CASSETTE
0360 PRINT 'INSCRIVEZ LE NUMERO DE FICHIER DE DONNEES'
0370 INPUT C1
0380 OPEN FL1,'E80',C1,IN
0390 MAT GET FL1,A(35),C(35,35)
0400 CLOSE FL1
0410 GOTO 0480
0420 REM ----- DONNEES AU CLAVIER
0430 PRINT 'VEUILLEZ INSCRIRE LES NOMBRES SUCCESSIFS DE 1 A';N
0440 PRINT 'ET A LA SUITE,LES';X;'VALEURS DE LA MATRICE DE '
0450 PRINT 'LA MATRICE DES CAPACITES,LIGNE APRES LIGNE'
0460 MAT INPUT A,C

```

- les lignes suivantes prennent la place des lignes 1040 à 1120 de M₁

```

1040 REM ----- SOUS PROGRAMME D'INITIALISATION
1050 MAT P=(0)*P
1060 MAT E=(0)*E
1070 E(1)=9999
1080 M=1
1090 I=1
1100 S=0
1110 RETURN

```

A13 Programme de marquage à partir du dernier sommet marqué (M_2)

*c'est une modification du programme de A11 (M_1) dans laquelle
les lignes suivantes ont été insérées entre les lignes 1610 et 1620 de M_1*

```

1620 REM ..... CHANGER L'ORDRE DES SOMMETS MARQUES
1630 REM ..... DEBUT D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1640 IF M-I<2 GOTO 1660
1650 GOTO 1740
1660 REM ..... POUR M-I<2
1670 K=A(M)
1680 REM ..... DEBUT DE BOUCLE DE CHANGEMENT D'ORDRE
1690 FOR L=M TO I+2 STEP -1
1700 A(L)=A(L-1)
1710 NEXT L
1720 REM ..... FIN DE BOUCLE
1730 A(I+1)=K
1740 REM ..... FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE

```

A14 - Programme du marquage capacitif partiel (M5)

```

0010 REM ----- REPRESENTATION DU RESEAU PAR MATRICES -----
0020 REM : CAS 'MARQUAGE CAPACITIF PARTIEL'
0030 REM ----- INITIALISATION
0040 PRINT 'VEUILLEZ INSCRIRE LA VALEUR N DU NOMBRE DE SOMMETS'
0050 INPUT N
0060 PRINT 'AVEZ-VOUS DIMENSIONNE A';N;'?'
0070 PRINT 'REPONDEZ EN INSCRIVANT 'OUI' OU 'NON''
0080 INPUT N#
0090 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT DE DIMENSIONNEMENT
0100 IF N#='NON' GOTO 0120
0110 GOTO 0220
0120 REM ----- DIMENSIONNER
0130 PRINT 'POUR DIMENSIONNER A';N;'FAITES CECI:'
0140 PRINT 'INSCRIVEZ LES COMMANDES 'LIST 230' ET 'LIST400';'
0150 PRINT 'A CES LIGNES, REMPLACEZ LES NOMBRES QUI SONT ENTRE'
0160 PRINT 'PARENTHESES PAR LE NOMBRE';N
0170 PRINT 'ET N'OUBLIEZ PAS ENSUITE D'APPUYER SUR 'EXECUTE''
0180 PRINT '
0190 PRINT 'ET PUIS ENFIN, VOUS RECOMMENCEREZ L'EXECUTION '
0200 PRINT 'DU PROGRAMME AVEC 'RUN''
0210 STOP
0220 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
0230 DIM B(15),A(15),P(15),E(15),C(15,15),F(15,15)
0240 Z=9999
0250 MAT F=(0)*F
0260 I=0
0270 M=0
0280 J=N
0290 G=2
0300 X=N*N
0310 PRINT 'VOS DONNEES SONT 'OUI' OU 'NON' SUR CASSETTE ?'
0320 INPUT D#
0330 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT: INTRODUIRE LES DONNEES
0340 IF D#='OUI' GOTO 0360
0350 GOTO 0430
0360 REM ----- DONNEES SUR CASSETTE
0370 PRINT 'INSCRIVEZ LE NUMERO DE FICHIER DE DONNEES'
0380 INPUT C1
0390 OPEN FL1,'E80',C1,IN
0400 MAT GET FL1,B(15),C(15,15)
0410 CLOSE FL1
0420 GOTO 0490
0430 REM ----- DONNEES AU CLAVIER
0440 PRINT 'VEUILLEZ INSCRIRE LES NOMBRES SUCCESSIFS DE 1 A';N
0450 PRINT 'ET A LA SUITE, LES';X;'VALEURS DE LA MATRICE DES'
0460 PRINT 'CAPACITES, LIGNE APRES LIGNE'
0470 MAT INPUT B,C
0480 PRINT 'MERCI'
0490 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
0500 PRINT 'DEBUT DU CHRONOMETRAGE'
0510 REM ----- DEBUT DE LA RECHERCHE DU FLOT MAXIMAL
0520 REM ----- DEBUT DE LA BOUCLE DE RECHERCHE
0530 IF I#M+1 GOTO 0550
0540 GOTO 0700
0550 REM ----- DEBUT DE BOUCLE: POUR CHAQUE I
0560 IF I=0 GOTO 0580
0570 GOTO 0620

```

```

0580 REM ----- EXAMINATION POUR I=0
0590 GOSUB 1040
0600 GOSUB 1140
0610 GOTO 0550
0620 REM ----- FIN DE BOUCLE
0630 REM ----- EXAMINATION POUR I≠0
0640 IF I≠M+1 GOTO 0660
0650 GOTO 0680
0660 REM ----- EXAMINER
0670 GOSUB 1140
0680 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
0690 GOTO 0520
0700 REM ----- FIN DE BOUCLE DE RECHERCHE
0710 REM ----- CALCUL DU FLOT MAXIMAL
0720 REM ----- DEBUT DE BOUCLE DE CALCUL
0730 IF G≠N+1 GOTO 0750
0740 GOTO 0790
0750 REM ----- AJOUTER LA VALEUR DU FLOT DANS L'ARC (1,G)
0760 V=V+F(1,G)
0770 G=G+1
0780 GOTO 0720
0790 REM ----- FIN DE BOUCLE DE CALCUL
0800 PRINT 'FIN DU CHRONOMETRAGE'
0810 PRINT ' '
0820 PRINT 'MERCI POUR VOTRE PATIENCE'
0830 PRINT ' '
0840 REM ----- AFFICHAGE DES RESULTATS
0850 PRINT 'LA VALEUR DU FLOT MAXIMAL EST';V
0860 PRINT ' '
0870 REM ----- IMPRESSION DES RESULTATS
0880 PRINT 'VOULEZ-VOUS IMPRIMER LES RESULTATS ?'
0890 PRINT 'ET AVEZ-VOUS L''IMPRIMANTE EN LIGNE ?'
0900 PRINT 'REPONDEZ EN INSCRIVANT ''OUI'' OU ''NON'' '
0910 INPUT M#
0920 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT:IMPRIMER OU NON
0930 IF M#='OUI' GOTO 0950
0940 GOTO 1010
0950 REM ----- IMPRIMER
0960 :####
0970 PRINT FLP,TAB(15),'MATRICE_F_DU_FLOT_MAXIMAL'
0980 MAT PRINT USING FLP,0960,F;
0990 PRINT FLP,' '
1000 PRINT FLP,' LA VALEUR DU FLOT MAXIMAL EST ';V
1010 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
1020 STOP
1030 :
1040 REM ----- SOUS PROGRAMME D'INITIALISATION
1050 MAT A=B
1060 MAT P=(0)*P
1070 MAT E=(0)*E
1080 E(1)=9999
1090 M=1
1100 I=1
1110 S=0
1120 RETURN
1130 :
1140 REM ----- SOUS PROGRAMME D'EXAMINATION

```



```

1150 REM ----- POUR UN SOMMET I
1160 S=M+1
1170 REM ----- DOUBLE EMBRANCHEMENT:EXAMINER OU CHANGER DE FLOT
1180 IF P(N)=0 GOTO 1200
1190 GOTO 1850
1200 REM ----- EXAMINER
1210 REM ----- DEBUT DE BOUCLE D'EXAMINATION
1220 IF S≠N+1 GOTO 1240
1230 GOTO 1610
1240 REM ----- EMBRANCHEMENT TRIPLE DE MARQUAGE
1250 IF F(A(I),A(S))<C(A(I),A(S)) GOTO 1280
1260 IF F(A(S),A(I))>0 GOTO 1400
1270 GOTO 1570
1280 REM ----- MARQUAGE DIRECT
1290 P(A(S))=A(I)
1300 REM ----- EMBRANCHEMENT DOUBLE DE RECHERCHE DE E MIN
1310 IF E(P(A(S)))>C(A(I),A(S))-F(A(I),A(S)) GOTO 1330
1320 GOTO 1360
1330 REM ----- CHANGER LA VALEUR DE E MIN
1340 E(A(S))=C(A(I),A(S))-F(A(I),A(S))
1350 GOTO 1380
1360 REM ----- GARDER LA VALEUR PRECEDENTE DE E MIN
1370 E(A(S))=E(P(A(S)))
1380 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1390 GOTO 1510
1400 REM ----- MARQAGE INDIRECT
1410 P(A(S))=-A(I)
1420 REM ----- EMBRANCHEMENT DOUBLE DE RECHERCHE DE E MIN
1430 IF E(-P(A(S)))>F(A(S),A(I)) GOTO 1450
1440 GOTO 1480
1450 REM ----- CHANGER LA VALEUR DE E MIN
1460 E(A(S))=F(A(S),A(I))
1470 GOTO 1500
1480 REM ----- GARDER LA VALEUR PRECEDENTE DE E MIN
1490 E(A(S))=E(-P(A(S)))
1500 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1510 REM ----- INTERVERTIR A(S) ET A(M+1)
1520 R=A(S)
1530 A(S)=A(M+1)
1540 A(M+1)=R
1550 REM ----- DEPLACER LE MARQUEUR
1560 M=M+1
1570 REM ----- PASSER AU S SUIVANT
1580 S=S+1
1590 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT TRIPLE
1600 GOTO 1200
1610 REM ----- FIN DE BOUCLE D'EXAMINATION
1620 REM ----- RECHERCHE CAPACITIVE OU NON
1630 IF M-I>1 GOTO 1650
1640 GOTO 1820
1650 REM ----- RECHERCHE DU SOMMET AYANT LE PLUS GRAND E
1660 REM ----- DEBUT DE BOUCLE:RECHERCHER T
1670 FOR Q=I+1 TO M
1680 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT:CHANGER Z OU NON
1690 IF Z>E(A(Q)) GOTO 1710
1700 GOTO 1740
1710 REM ----- CHANGER Z ET T

```

```
1720 Z=E(A(Q))
1730 T=Q
1740 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
1750 NEXT Q
1760 REM ----- FIN DE BOUCLE
1770 Z=9999
1780 REM ----- INTERVERTIR T ET I+1
1790 W=A(I+1)
1800 A(I+1)=A(T)
1810 A(T)=W
1820 REM ----- CHANGER DE I
1830 I=I+1
1840 GOTO 1900
1850 REM ----- CHANGER DE FLOT
1860 E0=E(N)
1870 GOSUB 1930
1880 REM ----- ANNULER I
1890 I=0
1900 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1910 RETURN
1920 :
1930 REM ----- SOUS PROGRAMME DE CHANGEMENT DE FLOT
1940 REM ----- BOUCLE DE CHANGEMENT DE FLOT
1950 IF J#1 GOTO 1970
1960 GOTO 2090
1970 REM ----- DOUBLE EMBRANCHEMENT:CHANGER DE FLOT
1980 IF P(J)>0 GOTO 2000
1990 GOTO 2040
2000 REM ----- CHANGER DE FLOT APRES MARQUAGE DIRECT
2010 F(P(J),J)=F(P(J),J)+E0
2020 J=P(J)
2030 GOTO 2070
2040 REM ----- CHANGER LE FLOT APRES MARQUAGE INDIRECT
2050 F(J,-P(J))=F(J,-P(J))-E0
2060 J=-P(J)
2070 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
2080 GOTO 1940
2090 REM ----- FIN DE BOUCLE
2100 J=N
2110 RETURN
2120 END
```

A1.5) Programme du marquage capacitif total (M4)

C'est une modification de A1.4 (programme M5) dans laquelle les lignes suivantes sont insérées entre les lignes 1840 et 1850 (de M5). La ligne 1860 de M5 est supprimée.

```

1860 REM ----- RECHERCHE DE E MAX
1870 E0=E(N)
1880 REM ----- BOUCLE DE MARQUAGE DU SOMMET
1890 IF I≠M+1 GOTO 1910
1900 GOTO 2080
1910 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT: MARQUER N OU NON
1920 IF E(A(I))>E0&C(A(I),N)-F(A(I),N)>E0 GOTO 1940
1930 GOTO 2050
1940 REM ----- MARQUER N
1950 P(N)=A(I)
1960 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT DOUBLE: CHANGER E MIN OU NON
1970 IF E(A(I))>C(A(I),N)-F(A(I),N) GOTO 1990
1980 GOTO 2020
1990 REM ----- CHANGER LA VALEUR DE E MIN
2000 E0=C(A(I),N)-F(A(I),N)
2010 GOTO 2040
2020 REM ----- GARDER LA VALEUR PRECEDENTE DE E MIN
2030 E0=E(A(I))
2040 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
2050 REM ----- CHANGER I
2060 I=I+1
2070 GOTO 1880
2080 REM ----- FIN DE BOUCLE DE MARQUAGE DU SOMMET

```

A16) Programme du marquage direct de préférence (Programme M3)

```

0010 REM -----REPRESENTATION DU RESEAU PAR MATRICES-----
0020 REM : CAS : 'MARQUAGE DIRECT DE PREFERENCE'
0030 REM ----- INITIALISATION
0040 PRINT 'VEUILLEZ INSCRIRE LA VALEUR N DU NOMBRE DE SOMMETS'
0050 INPUT N
0060 PRINT 'AVEZ-VOUS DIMENSIONNE A';N;'?'
0070 PRINT 'REPONDEZ EN INSCRIVANT 'OUI' OU 'NON''
0080 INPUT N#
0090 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT DE DIMENSIONNEMENT
0100 IF N#='NON' GOTO 0120
0110 GOTO 0220
0120 REM ----- DIMENSIONNER
0130 PRINT 'POUR DIMENSIONNER A';N;'FAITES CECI:'
0140 PRINT 'INSCRIVEZ LES COMMANDES 'LIST 230' ET 'LIST 390';'
0150 PRINT 'A CES LIGNES; REMPLACEZ LES NOMBRES QUI SONT ENTRE'
0160 PRINT 'PARENTHESES PAR LE NOMBRE';N
0170 PRINT 'ET N' OUBLIEZ PAS ENSUITE D' APPUYER SUR 'EXECUTE''
0180 PRINT ' '
0190 PRINT 'ET PUIS ENFIN, VOUS RECOMMENCEREZ L' EXECUTION '
0200 PRINT 'DU PROGRAMME AVEC 'RUN''
0210 STOP
0220 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
0230 DIM B(15),A(15),P(15),E(15),C(15,15),F(15,15)
0240 MAT F=(0)*F
0250 I=0
0260 M=0
0270 J=N
0280 G=2
0290 X=N*N
0300 PRINT 'VOS DONNEES SONT 'OUI' OU 'NON' SUR CASSETTE?'
0310 INPUT D#
0320 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT: INTRODUIRE LES DONNEES
0330 IF D#='OUI' GOTO 0350
0340 GOTO 0420
0350 REM ----- DONNEES SUR CASSETTE
0360 PRINT 'INSCRIVEZ LE NUMERO DE FICHER DE DONNEES'
0370 INPUT C1
0380 OPEN FL1,'E80',C1,IN
0390 MAT GET FL1,B(15),C(15,15)
0400 CLOSE FL1
0410 GOTO 0480
0420 REM ----- DONNEES AU CLAVIER
0430 PRINT 'VEUILLEZ INSCRIRE LES NOMBRES SUCCESSIFS DE 1 A';N
0440 PRINT 'ET A LA SUITE LES';X;'VALEURS DE LA MATRICE DES'
0450 PRINT 'CAPACITES,LIGNE APRES LIGNE'
0460 MAT INPUT B,C
0470 PRINT 'MERCI'
0480 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
0490 PRINT 'DEBUT DU CHRONOMETRAGE'
0500 REM ----- DEBUT DE LA RECHERCHE DU FLOT MAXIMAL
0510 REM ----- DEBUT DE BOUCLE D'EXAMINATION
0520 IF I#M+1 GOTO 0540
0530 GOTO 1100
0540 REM ----- DEBUT DE LA BOUCLE DE RECHERCHE
0550 IF I#M+1 GOTO 0570
0560 GOTO 0720
0570 REM ----- DEBUT DE BOUCLE: POUR CHAQUE I

```

```

0580 IF I=0 GOTO 0600
0590 GOTO 0640
0600 REM ----- EXAMINATION POUR I=0
0610 GOSUB 1440
0620 GOSUB 1540
0630 GOTO 0570
0640 REM ----- FIN DE BOUCLE
0650 REM ----- EXAMINATION POUR I≠0
0660 IF I≠M+1 GOTO 0680
0670 GOTO 0700
0680 REM ----- EXAMINER
0690 GOSUB 1540
0700 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
0710 GOTO 0540
0720 REM ----- FIN DE BOUCLE DE RECHERCHE
0730 S=M+1
0740 I1=I
0750 I=M
0760 REM ----- MARQUAGE INDIRECT OU NON
0770 IF I≥2&Y≠1 GOTO 0790
0780 GOTO 1070
0790 REM ----- DEBUT DE BOUCLE D'EXAMINATION INDIRECTE
0800 IF Y≠1&S≠N+1 GOTO 0820
0810 GOTO 1040
0820 REM ----- EMBRANCHEMENT DOUBLE DE MARQUAGE OU NON
0830 IF F(A(S),A(I))>0 GOTO 0850
0840 GOTO 1000
0850 REM ----- MARQUAGE INDIRECT
0860 P(A(S))=-A(I)
0870 REM ----- EMBRANCHEMENT DOUBLE DE RECHERCHE DE E MIN
0880 IF E(-P(A(S)))>F(A(S),A(I)) GOTO 0900
0890 GOTO 0930
0900 REM ----- CHANGER LA VALEUR DE E MIN
0910 E(A(S))=F(A(S),A(I))
0920 GOTO 0950
0930 REM ----- GARDER LA VALEUR PRECEDENTE DE E MIN
0940 E(A(S))=E(-P(A(S)))
0950 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
0960 GOSUB 1950
0970 Y=1
0980 S=M+1
0990 GOTO 1020
1000 REM ----- PASSER AU S SUIVANT
1010 S=S+1
1020 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1030 GOTO 0790
1040 REM ----- FIN DE BOUCLE D'EXAMINATION INDIRECTE
1050 I=I-1
1060 GOTO 0760
1070 I=I1
1080 Y=0
1090 GOTO 0510
1100 REM ----- CALCUL DU FLOT MAXIMAL
1110 REM ----- DEBUT DE BOUCLE DE CALCUL
1120 IF G≠N+1 GOTO 1140
1130 GOTO 1180
1140 REM ----- AJOUTER LA VALEUR DU FLOT DANS L'ARC (1,G)
1150 V=V+F(1,G)

```

```

1150 V=V+F(1,G)
1160 G=G+1
1170 GOTO 1110
1180 REM ----- FIN DE BOUCLE DE CALCUL
1190 PRINT 'FIN DU CHRONOMETRAGE'
1200 PRINT ' '
1210 PRINT 'MERCI POUR VOTRE PATIENCE'
1220 PRINT ' '
1230 REM ----- AFFICHAGE DES RESULTATS
1240 PRINT 'LA VALEUR DU FLOT MAXIMAL EST';V
1250 PRINT ' '
1260 REM ----- IMPRESSION DES RESULTATS
1270 PRINT 'VOULEZ_VOUS IMPRIMER LES RESULTATS ?'
1280 PRINT 'ET AVEZ_VOUS L''IMPRIMANTE EN LIGNE ?'
1290 PRINT 'REPONDEZ EN INSCRIVANT ''OUI'' OU ''NON'' '
1300 INPUT M#
1310 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT:IMPRIMER OU NON
1320 IF M#='OUI' GOTO 1340
1330 GOTO 1410
1340 REM ----- IMPRIMER
1350 :###
1360 PRINT FLP,TAB(15),'MATRICE_F_DU_FLOT_MAXIMAL'
1370 MAT PRINT USING FLP,1350,F;
1380 PRINT FLP,
1390 PRINT FLP,
1400 PRINT FLP,' LA VALEUR DU FLOT MAXIMAL EST ';V
1410 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
1420 STOP
1430 :
1440 REM ----- SOUS PROGRAMME D'INITIALISATION
1450 MAT A=B
1460 MAT P=(0)*P
1470 MAT E=(0)*E
1480 E(1)=9999
1490 M=1
1500 I=1
1510 S=0
1520 RETURN
1530 :
1540 REM ----- SOUS PROGRAMME D'EXAMINATION
1550 REM ----- POUR UN SOMMET I
1560 S=M+1
1570 REM ----- DOUBLE EMBRANCHEMENT:EXAMINER OU CHANGER DE FLOT
1580 IF P(N)=0 GOTO 1600
1590 GOTO 1870
1600 REM ----- DEBUT DE BOUCLE D'EXAMINATION DIRECTE
1610 IF S#N+1 GOTO 1630
1620 GOTO 1830
1630 REM ----- EMBRANCHEMENT DOUBLE DE MARQUAGE OU NON
1640 IF F(A(I),A(S))<C(A(I),A(S)) GOTO 1660
1650 GOTO 1790
1660 REM ----- MARQUAGE DIRECT
1670 P(A(S))=A(I)
1680 REM ----- EMBRANCHEMENT DOUBLE DE RECHERCHE DE E MIN
1690 IF E(P(A(S)))>C(A(I),A(S))-F(A(I),A(S)) GOTO 1710
1700 GOTO 1740
1710 REM ----- CHANGER LA VALEUR DE E MIN

```

```

1720 E(A(S))=C(A(I),A(S))-F(A(I),A(S))
1730 GOTO 1760
1740 REM ----- GARDER LA VALEUR PRECEDENTE DE E MIN
1750 E(A(S))=E(P(A(S)))
1760 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1770 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1780 GOSUB 1950
1790 REM ----- PASSER AU S SUIVANT
1800 S=S+1
1810 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1820 GOTO 1600
1830 REM ----- FIN DE BOUCLE D'EXAMINATION DIRECTE
1840 REM ----- CHANGER DE I
1850 I=I+1
1860 GOTO 1920
1870 REM ----- CHANGER DE FLOT
1880 E0=E(N)
1890 GOSUB 2030
1900 REM ----- ANNULER I
1910 I=0
1920 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1930 RETURN
1940 :
1950 REM ----- SOUS PROGRAMME: INTERVERTIR A(S) ET A(M+1)
1960 R=A(S)
1970 A(S)=A(M+1)
1980 A(M+1)=R
1990 REM ----- DEPLACER LE MARQUEUR
2000 M=M+1
2010 RETURN
2020 :
2030 REM ----- SOUS PROGRAMME DE CHANGEMENT DE FLOT
2040 REM ----- BOUCLE DE CHANGEMENT DE FLOT
2050 IF J#1 GOTO 2070
2060 GOTO 2190
2070 REM ----- DOUBLE EMBRANCHEMENT:CHANGER DE FLOT
2080 IF P(J)>0 GOTO 2100
2090 GOTO 2140
2100 REM ----- CHANGER DE FLOT APRES MARQUAGE DIRECT
2110 F(P(J),J)=F(P(J),J)+E0
2120 J=P(J)
2130 GOTO 2170
2140 REM ----- CHANGER LE FLOT APRES MARQUAGE INDIRECT
2150 F(J,-P(J))=F(J,-P(J))-E0
2160 J=-P(J)
2170 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
2180 GOTO 2040
2190 REM ----- FIN DE BOUCLE
2200 J=N
2210 RETURN
2220 END

```

A.7) Programme de marquage du dernier sommet direct de préférence (M6)

C'est une modification de A46 (Programme M3) dans laquelle les lignes suivantes sont insérées entre les lignes 1830 et 1840 de M3

```

1840 REM ----- CHANGER L'ORDRE DES SOMMETS MARQUES
1850 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1860 IF M-I<2 GOTO 1880
1870 GOTO 1960
1880 REM ----- POUR M-I<2
1890 K=A(M)
1900 REM ----- DEBUT DE BOUCLE DE CHANGEMENT D'ORDRE
1910 FOR L=M TO I+2 STEP -1
1920 A(L)=A(L-1)
1930 NEXT L
1940 REM ----- FIN DE BOUCLE
1950 A(I+1)=K
1960 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE

```


A1.8) Programme du marquage direct de préférence-capacitif partiel (Programme M8)

c'est une modification de A1.6 (programme M3) dans laquelle :

- la ligne suivante est insérée entre 230 et 240 (de M3)

0240 Z=9999

- les lignes suivantes sont insérées entre les lignes 1830 et 1840 de M3

```

1850 REM ----- RECHERCHE CAPACITIVE OU NON
1860 IF M-I>1 GOTO 1880
1870 GOTO 2050
1880 REM ----- RECHERCHE DU SOMMET AYANT LE PLUS GRAND E
1890 REM ----- DEBUT DE BOUCLE: RECHERCHER T
1900 FOR Q=I+1 TO M
1910 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT: CHANGER Z OU NON
1920 IF Z>E(A(Q)) GOTO 1940
1930 GOTO 1970
1940 REM ----- CHANGER Z ET T
1950 Z=E(A(Q))
1960 T=Q
1970 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
1980 NEXT Q
1990 REM ----- FIN DE BOUCLE
2000 Z=9999
2010 REM ----- INTERVERTIR T ET I+1
2020 W=A(I+1)
2030 A(I+1)=A(T)
2040 A(T)=W

```

A1.9) Programme du marquage direct de préférence-capacitif total (Programme M7)

c'est une modification de A1.6 (programme M3), dans laquelle en plus des modifications de A1.8 précédemment faites, les lignes suivantes sont insérées entre les lignes 1860 et 1870 (1880 est supprimée)

```

2080 REM ----- RECHERCHE DE E MAX
2090 E0=E(N)
2100 REM ----- BOUCLE DE MARQUAGE DU SOMMET
2110 IF I≠M+1 GOTO 2130
2120 GOTO 2300
2130 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT: MARQUER N OU NON
2140 IF E(A(I))>E0&C(A(I),N)-F(A(I),N)>E0 GOTO 2160
2150 GOTO 2270
2160 REM ----- MARQUER N
2170 P(N)=A(I)
2180 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT DOUBLE: CHANGER E MIN OU NON
2190 IF E(A(I))>C(A(I),N)-F(A(I),N) GOTO 2210
2200 GOTO 2240
2210 REM ----- CHANGER LA VALEUR DE E MIN
2220 E0=C(A(I),N)-F(A(I),N)
2230 GOTO 2260
2240 REM ----- GARDER LA VALEUR PRECEDENTE DE E MIN
2250 E0=E(A(I))
2260 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
2270 REM ----- CHANGER I
2280 I=I+1
2290 GOTO 2100
2300 REM ----- FIN DE BOUCLE DE MARQUAGE DU SOMMET

```

A₁' REPRESENTATION DU RESEAU PAR VECTEURS

Entête des programmes de la représentation du réseau par vecteurs

Elle contient la liste de toutes les variables utilisées dans la représentation du réseau par vecteurs

```

0010 REM INFORMATISATION DE LA RESOLUTION DU FLOT MAXIMAL
0020 REM DANS LES RESEAUX DE TRANSPORT SELON L'ALGORITHME
0030 REM DE FORD ET FULKERSON
0040 REM AUTEUR:MOUSTAPHA COLY 5E ANNEE GENIE MECANIQUE
0050 REM A L'ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES
0060 REM PERIODE:ANNEE SCOLAIRE 1982_1983
0070 REM PROJET DE FIN D'ETUDES
0080 REM DIRECTEUR DE PROJET:ANDRE LANGEVIN
0090 REM PROFESSEUR DE RECHERCHE OPERATIONNELLE
0100 REM -----REPRESENTATION DU RESEAU PAR VECTEURS-----
0110 REM ----- DESCRIPTION DES VARIABLES UTILISEES
0120 REM C:VECTEUR DES CAPACITES DU RESEAU
0130 REM F :VECTEUR DU FLOT DANS LE RESEAU
0140 REM H:VECTEUR DES SOMMETS ARRIVEES
0150 REM D:VECTEUR INDICATEUR DE DEBUT DE ZONE
0160 REM M:COMPTEUR DES SOMMETS DEJA MARQUES
0170 REM I,I1:COMPTEUR DES SOMMETS EXAMINES
0180 REM A,B:VECTEUR DE TOUS LES SOMMETS
0190 REM P:VECTEUR DES SOMMETS PRECEDENTS
0200 REM E:VECTEUR DES EPSILON(E MIN)
0210 REM E0: EPSILON(E MIN) DE N
0220 REM N:NOMBRE DE SOMMETS (LE PUIITS)
0230 REM N1:NOMBRE D'ARCS DU RESEAU
0240 REM C2:NUMERO DE FICHER DE DONNEES
0250 REM Y:COMPTEUR DE MARQUAGE INDIRECT
0260 REM I2,Q,T,W,Z,R,R1,X,Z1:STOCKEURS
0270 REM G,J,L,X1,X3,X4,K,K1,K2,K3:COMPTEURS
0280 REM V:VALEUR DU FLOT MAXIMAL
0290 REM R:STOCKEUR POUR CHANGER L'ORDRE DANS A
0300 REM N$,M$,D$:REPONSE 'OUI' OU 'NON'

```

A11) Programme du marquage simple N°1 avec rearrangement (Programme V11)

```

0010 REM -----REPRESENTATION DU RESEAU PAR VECTEURS
0020 REM : CAS  "MARQUAGE SIMPLE N°1 AVEC REARRANGEMENT"
0030 REM ----- INITIALISATION
0040 PRINT 'INSCRIRE LES VALEURS N DU NOMBRE DE SOMMETS ET '
0050 PRINT 'N1 DU NOMBRE D'ARCS'
0060 INPUT N,N1
0070 PRINT 'AVEZ-VOUS 'OUI' OU 'NON' DIMENSIONNE A';N;'ET A';N1
0080 INPUT N$
0090 IF N$='NON' GOTO 0110
0100 GOTO 0140
0110 PRINT 'DIMENSIONNEZ AUX LIGNES 140 ET 220 '
0120 PRINT 'ENSUITE, RECOMMENCEZ L'EXECUTION AVEC 'RUN'.'
0130 STOP
0140 DIM A(15),B(15),D(15),H(34),C(34),F(34),P(15),E(15)
0150 PRINT 'VOS DONNEES SONT, 'OUI' OU 'NON' SUR CASSETTE?'
0160 INPUT D$
0170 IF D$='OUI' GOTO 0190
0180 GOTO 0250
0190 PRINT 'INSCRIRE LE NUMERO DE FICHIER DE DONNEES'
0200 INPUT C2
0210 OPEN FL1,'E80',C2,IN
0220 MAT GET FL1,B(15),D(15),H(34),C(34)
0230 CLOSE FL1
0240 GOTO 0280
0250 PRINT 'INSCRIRE LES NOMBRES SUCCESSIFS DE 1 A';N;'ET A LA'
0260 PRINT 'SUITE, LES VALEURS DES VECTEURS D,H ET C'
0270 MAT INPUT B,D,H,C
0280 E(1)=9999
0290 MAT A=B
0300 M=1
0310 I=1
0320 Z=1
0330 K2=0
0340 D(N)=N1+1
0350 J=N
0360 PRINT 'DEBUT DU CHRONOMETRAGE'
0370 REM ----- DEBUT DE LA BOUCLE DE RECHERCHE: POUR CHAQUE I
0380 IF I≠M+1 GOTO 0400
0390 GOTO 1740
0400 REM ----- MARQUER N OU NON
0410 IF H(D(A(I)))=N&C(D(A(I)))>F(D(A(I))) GOTO 0430
0420 GOTO 1020
0430 REM ----- MARQUER N
0440 P(N)=A(I)
0450 K=0
0460 GOSUB 1980
0470 E0=E(N)
0480 REM ----- CHANGEMENT DE FLOT
0490 REM ----- BOUCLE DE CHANGEMENT DE FLOT
0500 IF J≠1 GOTO 0520
0510 GOTO 0920
0520 REM 46
0530 IF P(J)>0 GOTO 0550
0540 GOTO 0720
0550 REM ----- CHANGEMENT DE FLOT DIRECT
0560 IF Z≠0 GOTO 0580
0570 GOTO 0700

```

```

0580 REM ----- CHANGER OU NON
0590 IF H(D(P(J))+K2)=J GOTO 0610
0600 GOTO 0660
0610 REM ----- CHANGER DE FLOT
0620 F(D(P(J))+K2)=F(D(P(J))+K2)+E0
0630 J=P(J)
0640 Z=0
0650 GOTO 0680
0660 REM ----- CHANGER K2
0670 K2=K2+1
0680 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
0690 GOTO 0550
0700 REM ----- FIN DE BOUCLE
0710 GOTO 0880
0720 REM ----- CHANGEMENT DE FLOT INDIRECT
0730 IF Z#0 GOTO 0750
0740 GOTO 0870
0750 REM ----- CHANGER OU NON
0760 IF H(D(J)+K2)=-P(J) GOTO 0780
0770 GOTO 0830
0780 REM ----- CHANGER DE FLOT
0790 F(D(J)+K2)=F(D(J)+K2)-E0
0800 J=-P(J)
0810 Z=0
0820 GOTO 0850
0830 REM ----- CHANGER K2
0840 K2=K2+1
0850 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
0860 GOTO 0720
0870 REM ----- FIN DE BOUCLE
0880 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
0890 Z=1
0900 K2=0
0910 GOTO 0490
0920 REM ----- FIN DE BOUCLE DE CHANGEMENT DE FLOT
0930 J=N
0940 REM ----- RE-INITIALISATION
0950 MAT A=B
0960 MAT P=(0)*P
0970 MAT E=(0)*E
0980 E(1)=9999
0990 M=1
1000 I=0
1010 GOTO 1710
1020 REM ----- BOUCLE DE MARQUAGES DIRECTS
1030 FOR K=0 TO D(A(I)+1)-D(A(I))-1
1040 REM ----- MARQUAGE POSSIBLE OU NON
1050 IF P(H(D(A(I))+K))=0&C(D(A(I))+K)>F(D(A(I))+K) GOTO 1070
1060 GOTO 1330
1070 REM ----- MARQUER
1080 P(H(D(A(I))+K))=A(I)
1090 GOSUB 1980
1100 REM ----- INTERVERTIR
1110 L=M+1
1120 REM ----- DEBUT DE BOUCLE
1130 IF L#0 GOTO 1150
1140 GOTO 1260

```

```

1150 REM ----- LA CASE L EST BONNE OU NON?
1160 IF A(L)=H(D(A(I))+K) GOTO 1180
1170 GOTO 1220
1180 REM ----- LA CASE L EST BONNE
1190 R1=L
1200 L=0
1210 GOTO 1240
1220 REM ----- CHANGER L
1230 L=L+1
1240 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1250 GOTO 1120
1260 REM ----- FIN DE BOUCLE
1270 R=A(M+1)
1280 A(M+1)=A(R1)
1290 A(R1)=R
1300 REM ----- DEPLACER M
1310 M=M+1
1320 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1330 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1340 NEXT K
1350 REM ----- FIN DE BOUCLE
1360 REM ----- FAIRE LES MARQUAGES INDIRECTS OU NON
1370 IF I#1&M+1#N GOTO 1390
1380 GOTO 1710
1390 REM ----- DEBUT DES MARQUAGES INDIRECTS
1400 FOR I1=M+1 TO N-1
1410 K3=0
1420 REM ----- DEBUT DE BOUCLE:FAIRE LE MARQUAGE OU NON
1430 IF K3#D(A(I1)+1)-D(A(I1))-1&X4#1 GOTO 1450
1440 GOTO 1670
1450 REM ----- FAIRE LE MARQUAGE
1460 IF H(D(A(I1))+K3)=A(I)&F(D(A(I1))+K3)>0 GOTO 1480
1470 GOTO 1640
1480 REM ----- MARQUER
1490 P(A(I1))=-A(I)
1500 X4=1
1510 REM ----- CHERCHER LE E MIN
1520 IF E(A(I))>F(D(A(I1))+K3) GOTO 1540
1530 GOTO 1570
1540 REM ----- CHANGER LE E MIN
1550 E(A(I1))=F(D(A(I1))+K3)
1560 GOTO 1590
1570 REM ----- GARDER LE E MIN
1580 E(A(I1))=E(A(I))
1590 REM ----- INTERVERTIR I1 ET M+1
1600 R=A(I1)
1610 A(I1)=A(M+1)
1620 A(M+1)=R
1630 M=M+1
1640 REM ----- PASSER AU K3 SUIVANT
1650 K3=K3+1
1660 GOTO 1430
1670 REM ----- FIN DE BOUCLE
1680 X4=0
1690 NEXT I1
1700 REM ----- FIN DE BOUCLE DE MARQUAGE INDIRECT
1710 REM ----- CHANGEMENT DE I

```

```

1720 I=I+1
1730 GOTO 0370
1740 REM ----- FIN DE BOUCLE DE RECHERCHE
1750 REM ----- CALCUL DU FLOT MAXIMAL
1760 REM ----- DEBUT DE BOUCLE DE CALCUL
1770 FOR G=1 TO D(2)-1
1780 V=V+F(G)
1790 NEXT G
1800 REM ----- FIN DE BOUCLE DE CALCUL
1810 PRINT 'FIN DU CHRONOMETRAGE'
1820 PRINT 'MERCI POUR VOTRE PATIENCE'
1830 REM ----- AFFICHAGE DES RESULTATS
1840 PRINT 'LA VALEUR DU FLOT MAXIMAL EST';V
1850 REM ----- IMPRESSION DES RESULTATS
1860 PRINT 'VOULEZ_VOUS, 'OUI' 'OU' 'NON' 'IMPRIMER LES RESULTATS?'
1870 INPUT M$
1880 :###
1890 IF M$='OUI' GOTO 1910
1900 GOTO 1960
1910 PRINT FLP,TAB(15),'VECTEUR_F_DU_FLOT_MAXIMAL'
1920 MAT PRINT USING FLP,1880,F;
1930 PRINT FLP,
1940 PRINT FLP,
1950 PRINT FLP,'LA VALEUR DU FLOT MAXIMAL EST';V
1960 STOP
1970 REM :
1980 REM ----- SOUS PROGRAMME DE CHANGEMENT DE FLOT
1990 IF E(A(I))>C(D(A(I))+K)-F(D(A(I))+K) GOTO 2010
2000 GOTO 2040
2010 REM ----- CHANGER LA VALEUR DE E MIN
2020 E(H(D(A(I))+K))=C(D(A(I))+K)-F(D(A(I))+K)
2030 GOTO 2060
2040 REM ----- GARDER LA VALEUR PRECEDENTE DE E MIN
2050 E(H(D(A(I))+K))=E(A(I))
2060 REM ----- FIN DE RECHERCHE DE E MIN
2070 RETURN
2080 END

```

A₁'₂ Programme de marquage simple n°2 avec rearrangement (Programme V₁₂)

c'est une modification de A₁'₁ (dans le programme V₁₁) dans laquelle les lignes suivantes remplacent les lignes 1390 à 1700 de V₁₁

```

1390 REM ----- DEBUT DES MARQUAGES INDIRECTS
1400 FOR K1=D(2) TO N1
1410 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT: MARQUER OU NON
1420 IF H(K1)=A(I)&F(K1)>0 GOTO 1440
1430 GOTO 1730
1440 I1=M+1
1450 REM ----- DEBUT DE BOUCLE
1460 IF I1≤N-1&X3≠1 GOTO 1480
1470 GOTO 1710
1480 REM ----- EMBRANCHEMENT DOUBLE: MARQUER OU NON
1490 IF D(A(I1)+1)>K1&D(A(I1))≤K1 GOTO 1510
1500 GOTO 1680
1510 REM ----- MARQUER
1520 P(A(I1))=-A(I)
1530 X3=1
1540 REM ----- RECHERCHE DE E MIN
1550 IF E(A(I1))>F(K1) GOTO 1570
1560 GOTO 1600
1570 REM ----- CHANGER LA VALEUR DE E MIN
1580 E(A(I1))=F(K1)
1590 GOTO 1620
1600 REM ----- GARDER LA VALEUR PRECEDENTE DE E MIN
1610 E(A(I1))=E(A(I))
1620 REM ----- INTERVERTIR
1630 R=A(I1)
1640 A(I1)=A(M+1)
1650 A(M+1)=R
1660 REM ----- CHANGER M
1670 M=M+1
1680 REM ----- CHANGER I1
1690 I1=I1+1
1700 GOTO 1450
1710 REM ----- FIN DE BOUCLE
1720 X3=0
1730 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
1740 NEXT K1
1750 REM ----- FIN DE BOUCLE DES MARQUAGES INDIRECTS

```

A1'3) Programme du marquage simple N°1 sous rearrangement (V11(SR))

c'est une modification de A1'1 (Programme V11) dans laquelle :

- les lignes suivantes remplacent les lignes 140 à 350 de V11

```

0140 DIM A(15),D(15),H(98),C(98),F(98),P(15),E(15)
0150 PRINT 'VOS DONNEES SONT, 'OUI' OU 'NON' SUR CASSETTE?'
0160 INPUT D#
0170 IF D#='OUI' GOTO 0190
0180 GOTO 0250
0190 PRINT 'INSCRIRE LE NUMERO DE FICHIER DE DONNEES'
0200 INPUT C2
0210 OPEN FL1, 'E80',C2,IN
0220 MAT GET FL1,A(15),D(15),H(98),C(98)
0230 CLOSE FL1
0240 GOTO 0280
0250 PRINT 'INSCRIRE LES NOMBRES SUCCESSIFS DE 1 A';N;'ET A LA'
0260 PRINT 'SUITE,LES VALEURS DES VECTEURS D,H ET C'
0270 MAT INPUT A,D,H,C
0280 E(1)=9999
0290 M=1
0300 I=1
0310 Z=1
0320 K2=0
0330 D(N)=N1+1
0340 J=N

```

- les lignes suivantes remplacent les lignes 940 à 1000 de V11

```

0930 REM ----- RE-INITIALISATION
0940 MAT P=(0)*P
0950 MAT E=(0)*E
0960 E(1)=9999
0970 M=1
0980 I=0

```

A1'4) Programme du marquage à partir du dernier sommet marqué (V2)

c'est une modification de A1'1 (Programme V11) dans laquelle, les lignes suivantes sont insérées entre les lignes 1700 et 1710 de V11

```

1710 REM ----- CHANGER L'ORDRE DES SOMMETS MARQUES
1720 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1730 IF M-I ≥ 2 GOTO 1750
1740 GOTO 1830
1750 REM ----- POUR M-I ≥ 2
1760 X=A(M)
1770 REM ----- DEBUT DE BOUCLE DE CHANGEMENT D'ORDRE
1780 FOR X1=M TO I+2 STEP -1
1790 A(X1)=A(X1-1)
1800 NEXT X1
1810 REM ----- FIN DE BOUCLE
1820 A(I+1)=X
1830 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE

```


A15) Programme du marquage capacitif partiel (V5)

```

0010 REM -----REPRESENTATION DU RESEAU PAR VECTEURS
0020 REM : CAS 'MARQUAGE CAPACITIF PARTIEL'
0030 REM ----- INITIALISATION
0040 PRINT 'INSCRIRE LES VALEURS: N DU NOMBRE DE SOMMETS ET '
0050 PRINT 'N1 DU NOMBRE D' 'ARCS'
0060 INPUT N,N1
0070 PRINT 'AVEZ-VOUS' 'OUI' 'OU' 'NON' 'DIMENSIONNE A';N;'ET A';N1
0080 INPUT N#
0090 IF N#='NON' GOTO 0110
0100 GOTO 0140
0110 PRINT 'DIMENSIONNEZ AUX LIGNES 140 ET 220
0120 PRINT 'ENSUITE, RECOMMENCEZ L'EXECUTION AVEC ' 'RUN''.'
0130 STOP
0140 DIM A(15),B(15),D(15),H(98),C(98),F(98),P(15),E(15)
0150 PRINT 'VOS DONNEES SONT, ' 'OUI' ' OU ' 'NON' ' SUR CASSETTE?'
0160 INPUT D#
0170 IF D#='OUI' GOTO 0190
0180 GOTO 0250
0190 PRINT 'INSCRIRE LE NUMERO DE FICHIER DE DONNEES'
0200 INPUT C2
0210 OPEN FL1,'E80',C2,IN
0220 MAT GET FL1,B(15),D(15),H(98),C(98)
0230 CLOSE FL1
0240 GOTO 0280
0250 PRINT 'INSCRIRE LES NOMBRES SUCCESSIFS DE 1 A';N;'ET A LA'
0260 PRINT 'SUITE, LES VALEURS DES VECTEURS D,H ET C'
0270 MAT INPUT B,D,H,C
0280 E(1)=9999
0290 MAT A=B
0300 M=1
0310 I=1
0320 Z=1
0330 K2=0
0340 Z1=9999
0350 D(N)=N1+1
0360 J=N
0370 PRINT 'DEBUT DU CHRONOMETRAGE'
0380 REM ----- DEBUT DE LA BOUCLE DE RECHERCHE: POUR CHAQUE I
0390 IF I#M+1 GOTO 0410
0400 GOTO 1950
0410 REM ----- MARQUER N OU NON
0420 IF H(D(A(I)))=N&C(D(A(I)))>F(D(A(I))) GOTO 0440
0430 GOTO 1030
0440 REM ----- MARQUER N
0450 P(N)=A(I)
0460 K=0
0470 GOSUB 2190
0480 E0=E(N)
0490 REM ----- CHANGEMENT DE FLOT
0500 REM ----- BOUCLE DE CHANGEMENT DE FLOT
0510 IF J#1 GOTO 0530
0520 GOTO 0930
0530 REM ----- DOUBLE EMBRANCHEMENT: CHANGER DE FLOT
0540 IF P(J)>0 GOTO 0560
0550 GOTO 0730
0560 REM ----- CHANGEMENT DE FLOT DIRECT
0570 IF Z#0 GOTO 0590

```

```

0580 GOTO 0710
0590 REM _____ CHANGER OU NON
0600 IF H(D(P(J))+K2)=J GOTO 0620
0610 GOTO 0670
0620 REM _____ CHANGER DE FLOT
0630 F(D(P(J))+K2)=F(D(P(J))+K2)+E0
0640 J=P(J)
0650 Z=0
0660 GOTO 0690
0670 REM _____ CHANGER K2
0680 K2=K2+1
0690 REM _____ FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
0700 GOTO 0560
0710 REM _____ FIN DE BOUCLE
0720 GOTO 0890
0730 REM _____ CHANGEMENT DE FLOT INDIRECT
0740 IF Z≠0 GOTO 0760
0750 GOTO 0880
0760 REM _____ CHANGER OU NON
0770 IF H(D(J)+K2)=-P(J) GOTO 0790
0780 GOTO 0840
0790 REM _____ CHANGER DE FLOT
0800 F(D(J)+K2)=F(D(J)+K2)-E0
0810 J=-P(J)
0820 Z=0
0830 GOTO 0860
0840 REM _____ CHANGER K2
0850 K2=K2+1
0860 REM _____ FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
0870 GOTO 0730
0880 REM _____ FIN DE BOUCLE
0890 REM _____ FIN D'EMBRANCHEMENT
0900 Z=1
0910 K2=0
0920 GOTO 0500
0930 REM _____ FIN DE BOUCLE DE CHANGEMENT DE FLOT
0940 J=N
0950 REM _____ RE-INITIALISATION
0960 MAT A=B
0970 MAT P=(0)*P
0980 MAT E=(0)*E
0990 E(1)=9999
1000 M=1
1010 I=0
1020 GOTO 1720
1030 REM _____ BOUCLE DE MARQUAGES DIRECTS
1040 FOR K=0 TO D(A(I)+1)-D(A(I))-1
1050 REM _____ MARQUAGE POSSIBLE OU NON
1060 IF P(H(D(A(I))+K))=0&C(D(A(I))+K)>F(D(A(I))+K) GOTO 1080
1070 GOTO 1340
1080 REM _____ MARQUER
1090 P(H(D(A(I))+K))=A(I)
1100 GOSUB 2190
1110 REM _____ INTERVERTIR
1120 L=M+1
1130 REM _____ DEBUT DE BOUCLE
1140 IF L≠0 GOTO 1160

```

```

1150 GOTO 1270
1160 REM ----- LA CASE L EST BONNE OU NON?
1170 IF A(L)=H(D(A(I))+K) GOTO 1190
1180 GOTO 1230
1190 REM ----- LA CASE L EST BONNE
1200 R1=L
1210 L=0
1220 GOTO 1250
1230 REM ----- CHANGER L
1240 L=L+1
1250 REM 16-----FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1260 GOTO 1130
1270 REM ----- FIN DE BOUCLE
1280 R=A(M+1)
1290 A(M+1)=A(R1)
1300 A(R1)=R
1310 REM ----- DEPLACER M
1320 M=M+1
1330 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1340 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1350 NEXT K
1360 REM ----- FIN DE BOUCLE
1370 REM ----- FAIRE LES MARQUAGES INDIRECTS OU NON
1380 IF I≠1&M+1≠N GOTO 1400
1390 GOTO 1720
1400 REM ----- DEBUT DES MARQUAGES INDIRECTS
1410 FOR I1=M+1 TO N-1
1420 K3=0
1430 REM ----- DEBUT DE BOUCLE:FAIRE LE MARQUAGE OU NON
1440 IF K3≤D(A(I1))+1)-D(A(I1))-1&X4≠1 GOTO 1460
1450 GOTO 1680
1460 REM ----- FAIRE LE MARQUAGE
1470 IF H(D(A(I1))+K3)=A(I)&F(D(A(I1))+K3)>0 GOTO 1490
1480 GOTO 1650
1490 REM ----- MARQUER
1500 P(A(I1))=-A(I)
1510 X4=1
1520 REM ----- CHERCHER LE E MIN
1530 IF E(A(I))>F(D(A(I1))+K3) GOTO 1550
1540 GOTO 1580
1550 REM ----- CHANGER LE E MIN
1560 E(A(I1))=F(D(A(I1))+K3)
1570 GOTO 1600
1580 REM ----- GARDER LE E MIN
1590 E(A(I1))=E(A(I))
1600 REM ----- INTERVERTIR I1 ET M+1
1610 R=A(I1)
1620 A(I1)=A(M+1)
1630 A(M+1)=R
1640 M=M+1
1650 REM ----- PASSER AU K3 SUIVANT
1660 K3=K3+1
1670 GOTO 1440
1680 REM ----- FIN DE BOUCLE
1690 X4=0
1700 NEXT I1
1710 REM ----- FIN DE BOUCLE DE MARQUAGE INDIRECT

```

```

1720 REM ----- RECHERCHE CAPACITIVE OU NON
1730 IF M-I>1 GOTO 1750
1740 GOTO 1920
1750 REM ----- RECHERCHE DU SOMMET AYANT LE PLUS GRAND E MIN
1760 REM ----- DEBUT DE BOUCLE: RECHERCHER T
1770 FOR Q=I+1 TO M
1780 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT: CHANGER Z OU NON
1790 IF Z1>E(A(Q)) GOTO 1810
1800 GOTO 1840
1810 REM ----- CHANGER Z ET T
1820 Z1=E(A(Q))
1830 T=Q
1840 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
1850 NEXT Q
1860 REM ----- FIN DE BOUCLE
1870 Z1=9999
1880 REM ----- INTERVERTIR T ET I+1
1890 W=A(I+1)
1900 A(I+1)=A(T)
1910 A(T)=W
1920 REM ----- CHANGEMENT DE I
1930 I=I+1
1940 GOTO 0380
1950 REM ----- FIN DE BOUCLE DE RECHERCHE
1960 REM ----- CALCUL DU FLOT MAXIMAL
1970 REM ----- DEBUT DE BOUCLE DE CALCUL
1980 FOR G=1 TO D(2)-1
1990 V=V+F(G)
2000 NEXT G
2010 REM ----- FIN DE BOUCLE DE CALCUL
2020 PRINT 'FIN DU CHRONOMETRAGE'
2030 PRINT 'MERCI POUR VOTRE PATIENCE'
2040 REM ----- AFFICHAGE DES RESULTATS
2050 PRINT 'LA VALEUR DU FLOT MAXIMAL EST';V
2060 REM ----- IMPRESSION DES RESULTATS
2070 PRINT 'VOULEZ-VOUS, ' 'OUI' 'OU' 'NON' 'IMPRIMER LES RESULTATS?'
2080 INPUT M#
2090 :####
2100 IF M#='OUI' GOTO 2120
2110 GOTO 2170
2120 PRINT FLP,TAB(15),'VECTEUR_F_DU_FLOT_MAXIMAL'
2130 MAT PRINT USING FLP,2090,F;
2140 PRINT FLP,
2150 PRINT FLP,
2160 PRINT FLP,'LA VALEUR DU FLOT MAXIMAL EST';V
2170 STOP
2180 REM :
2190 REM ----- SOUS PROGRAMME DE RECHERCHE DE E MIN
2200 IF E(A(I))>C(D(A(I))+K)-F(D(A(I))+K) GOTO 2220
2210 GOTO 2250
2220 REM ----- CHANGER LA VALEUR DE E MIN
2230 E(H(D(A(I))+K))=C(D(A(I))+K)-F(D(A(I))+K)
2240 GOTO 2270
2250 REM ----- GARDER LA VALEUR PRECEDENTE DE E MIN
2260 E(H(D(A(I))+K))=E(A(I))
2270 REM ----- FIN DE RECHERCHE DE E MIN
2280 RETURN
2290 END

```

A1'6) Programme de marquage capacitif total (V4)

C'est une modification de A1'5 (programme V5) dans laquelle les lignes suivantes sont insérées entre les lignes 480 et 490 de V5

```

0490 I=I+1
0500 REM ----- BOUCLE DE MARQUAGE DU SOMMET
0510 IF I≠M+1 GOTO 0530
0520 GOTO 0720
0530 REM ----- MARQUAGE DE N POSSIBLE OU NON
0540 IF H(D(A(I)))=N GOTO 0560
0550 GOTO 0690
0560 REM ----- MARQUER N OU NON
0570 IF E(A(I))>E0&C(D(A(I)))-F(D(A(I)))>E0 GOTO 0590
0580 GOTO 0690
0590 REM ----- MARQUER N
0600 P(N)=A(I)
0610 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT:CHANGER E0 OU NON
0620 IF E(A(I))>C(D(A(I)))-F(D(A(I))) GOTO 0640
0630 GOTO 0670
0640 REM ----- CHANGER E0
0650 E0=C(D(A(I)))-F(D(A(I)))
0660 GOTO 0690
0670 REM ----- GARDER LA VALEUR PRECEDENTE DE E MIN
0680 E0=E(A(I))
0690 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT;CHANGER I
0700 I=I+1
0710 GOTO 0510
0720 REM ----- FIN DE BOUCLE DE MARQUAGE DU SOMMET

```

A17) Programme du marquage direct de préférence (V3)

```

0010 REM -----REPRESENTATION_DU_RESEAU_PAR_VECTEURS
0020 REM : CAS "MARQUAGE DIRECT DE PREFERENCE"
0030 REM ----- INITIALISATION
0040 PRINT 'INSCRIRE LES VALEURS:N DU NOMBRE DE SOMMETS ET '
0050 PRINT 'N1 DU NOMBRE D''ARCS'
0060 INPUT N,N1
0070 PRINT 'AVEZ_VOUS''OUI''OU''NON''DIMENSIONNE A';N;'ET A';N1
0080 INPUT N#
0090 IF N#='NON' GOTO 0110
0100 GOTO 0140
0110 PRINT 'DIMENSIONNEZ AUX LIGNES 140 ET 220
0120 PRINT 'ENSUITE,RECOMMENCEZ L''EXECUTION AVEC ''RUN''.'
0130 STOP
0140 DIM A(11),B(11),D(11),H(16),C(16),F(16),P(11),E(11)
0150 PRINT 'VOS DONNEES SONT,''OUI'' OU ''NON'' SUR CASSETTE?'
0160 INPUT D#
0170 IF D#='OUI' GOTO 0190
0180 GOTO 0250
0190 PRINT 'INSCRIRE LE NUMERO DE FICHIER DE DONNEES'
0200 INPUT C2
0210 OPEN FL1,'E80',C2,IN
0220 MAT GET FL1,B(11),D(11),H(16),C(16)
0230 CLOSE FL1
0240 GOTO 0280
0250 PRINT 'INSCRIRE LES NOMBRES SUCCESSIFS DE 1 A';N;'ET A LA'
0260 PRINT 'SUITE,LES VALEURS DES VECTEURS D,H ET C'
0270 MAT INPUT B,D,H,C
0280 E(1)=9999
0290 MAT A=B
0300 M=1
0310 I=1
0320 Z=1
0330 K2=0
0340 D(N)=N1+1
0350 J=N
0360 PRINT 'DEBUT DU CHRONOMETRAGE'
0370 REM _BOUCLE DES MARQUAGES DIRECTS ET D'UN MARQUAGE INDIRECT
0380 IF I#M+1 GOTO 0400
0390 GOTO 1940
0400 REM 2-----DEBUT DE LA BOUCLE DE RECHERCHE:POUR CHAQUE I
0410 IF I#M+1 GOTO 0430
0420 GOTO 1420
0430 REM ----- MARQUER N OU NON
0440 IF H(D(A(I)))=N&C(D(A(I)))>F(D(A(I))) GOTO 0460
0450 GOTO 1050
0460 REM ----- MARQUER N
0470 P(N)=A(I)
0480 K=0
0490 GOSUB 2170
0500 E0=E(N)
0510 REM ----- CHANGEMENT DE FLOT
0520 REM ----- BOUCLE DE CHANGEMENT DE FLOT
0530 IF J#1 GOTO 0550
0540 GOTO 0950
0550 REM ----- DOUBLE EMBRANCHEMENT:CHANGER DE FLOT
0560 IF P(J)>0 GOTO 0580
0570 GOTO 0750

```

```

0580 REM ----- CHANGEMENT DE FLOT DIRECT
0590 IF Z#0 GOTO 0610
0600 GOTO 0730
0610 REM ----- CHANGER OU NON
0620 IF H(D(P(J))+K2)=J GOTO 0640
0630 GOTO 0690
0640 REM ----- CHANGER DE FLOT
0650 F(D(P(J))+K2)=F(D(P(J))+K2)+E0
0660 J=P(J)
0670 Z=0
0680 GOTO 0710
0690 REM ----- CHANGER K2
0700 K2=K2+1
0710 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
0720 GOTO 0580
0730 REM ----- FIN DE BOUCLE
0740 GOTO 0910
0750 REM ----- CHANGEMENT DE FLOT INDIRECT
0760 IF Z#0 GOTO 0780
0770 GOTO 0900
0780 REM ----- CHANGER OU NON
0790 IF H(D(J)+K2)=-P(J) GOTO 0810
0800 GOTO 0860
0810 REM ----- CHANGER DE FLOT
0820 F(D(J)+K2)=F(D(J)+K2)-E0
0830 J=-P(J)
0840 Z=0
0850 GOTO 0880
0860 REM ----- CHANGER K2
0870 K2=K2+1
0880 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
0890 GOTO 0750
0900 REM ----- FIN DE BOUCLE
0910 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
0920 Z=1
0930 K2=0
0940 GOTO 0520
0950 REM ----- FIN DE BOUCLE DE CHANGEMENT DE FLOT
0960 J=N
0970 REM ----- RE-INITIALISATION
0980 MAT A=B
0990 MAT P=(0)*P
1000 MAT E=(0)*E
1010 E(1)=9999
1020 M=1
1030 I=0
1040 GOTO 1390
1050 REM ----- BOUCLE DE MARQUAGES DIRECTS
1060 FOR K=0 TO D(A(I)+1)-D(A(I))-1
1070 REM ----- MARQUAGE POSSIBLE OU NON
1080 IF P(H(D(A(I))+K))=0&C(D(A(I))+K)>F(D(A(I))+K) GOTO 1100
1090 GOTO 1360
1100 REM ----- MARQUER
1110 P(H(D(A(I))+K))=A(I)
1120 GOSUB 2170
1130 REM ----- INTERVERTIR
1140 L=M+1

```

```

1150 REM ----- DEBUT DE BOUCLE
1160 IF L≠0 GOTO 1180
1170 GOTO 1290
1180 REM ----- LA CASE L EST BONNE OU NON?
1190 IF A(L)=H(D(A(I))+K) GOTO 1210
1200 GOTO 1250
1210 REM ----- LA CASE L EST BONNE
1220 R1=L
1230 L=0
1240 GOTO 1270
1250 REM ----- CHANGER L
1260 L=L+1
1270 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1280 GOTO 1150
1290 REM ----- FIN DE BOUCLE
1300 R=A(M+1)
1310 A(M+1)=A(R1)
1320 A(R1)=R
1330 REM ----- DEPLACER M
1340 M=M+1
1350 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1360 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1370 NEXT K
1380 REM ----- FIN DE BOUCLE
1390 REM ----- CHANGEMENT DE I
1400 I=I+1
1410 GOTO 0400
1420 REM ----- FIN DE BOUCLE DE RECHERCHE
1430 REM ----- EMBRANCHEMENT: MARQUAGE INDIRECT POSSIBLE OU NON
1440 IF I≠2&M+1≠N GOTO 1460
1450 GOTO 1920
1460 REM ----- MARQUAGE INDIRECT POSSIBLE
1470 I2=I
1480 I=M
1490 REM ----- EXAMINER OU NON
1500 IF I≥2&X4≠1 GOTO 1520
1510 GOTO 1890
1520 REM ----- EXAMINER
1530 I1=M+1
1540 REM ----- BOUCLE DE MARQUAGE INDIRECT OU NON
1550 IF I1≤N-1&X4≠1 GOTO 1570
1560 GOTO 1860
1570 K3=0
1580 REM ----- DEBUT DE BOUCLE: FAIRE LE MARQUAGE OU NON
1590 IF K3≤D(A(I1))+1)-D(A(I1))-1&X4≠1 GOTO 1610
1600 GOTO 1830
1610 REM ----- FAIRE LE MARQUAGE
1620 IF H(D(A(I1))+K3)=A(I)&F(D(A(I1))+K3)>0 GOTO 1640
1630 GOTO 1800
1640 REM ----- MARQUER
1650 P(A(I1))=-A(I)
1660 X4=1
1670 REM ----- CHERCHER LE E MIN
1680 IF E(A(I))>F(D(A(I1))+K3) GOTO 1700
1690 GOTO 1730
1700 REM ----- CHANGER LE E MIN
1710 E(A(I1))=F(D(A(I1))+K3)

```



```

1720 GOTO 1750
1730 REM ----- GARDER LE E MIN
1740 E(A(I1))=E(A(I))
1750 REM ----- INTERVERTIR I1 ET M+1
1760 R=A(I1)
1770 A(I1)=A(M+1)
1780 A(M+1)=R
1790 M=M+1
1800 REM ----- PASSER AU K3 SUIVANT
1810 K3=K3+1
1820 GOTO 1590
1830 REM ----- FIN DE BOUCLE;CHANGER I1
1840 I1=I1+1
1850 GOTO 1540
1860 REM ----- FIN DE BOUCLE
1870 I=I-1
1880 GOTO 1500
1890 REM ----- FIN DE BOUCLE D'EXAMINATION
1900 I=I2
1910 X4=0
1920 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
1930 GOTO 0380
1940 REM ----- CALCUL DU FLOT MAXIMAL
1950 REM ----- DEBUT DE BOUCLE DE CALCUL
1960 FOR G=1 TO D(2)-1
1970 V=V+F(G)
1980 NEXT G
1990 REM ----- FIN DE BOUCLE DE CALCUL
2000 PRINT 'FIN DU CHRONOMETRAGE'
2010 PRINT 'MERCI POUR VOTRE PATIENCE'
2020 REM ----- AFFICHAGE DES RESULTATS
2030 PRINT 'LA VALEUR DU FLOT MAXIMAL EST';V
2040 REM ----- IMPRESSION DES RESULTATS
2050 PRINT 'VOULEZ_VOUS, ' 'OUI' 'OU' 'NON' 'IMPRIMER LES RESULTATS?'
2060 INPUT M$
2070 :####
2080 IF M$='OUI' GOTO 2100
2090 GOTO 2150
2100 PRINT FLP,TAB(15),'VECTEUR_F_DU_FLOT_MAXIMAL'
2110 MAT PRINT USING FLP,2070,F;
2120 PRINT FLP,
2130 PRINT FLP,
2140 PRINT FLP,'LA VALEUR DU FLOT MAXIMAL EST';V
2150 STOP
2160 REM :
2170 REM ----- SOUS PROGRAMME DE RECHERCHE DE E MIN
2180 IF E(A(I))>C(D(A(I))+K)-F(D(A(I))+K) GOTO 2200
2190 GOTO 2230
2200 REM ----- CHANGER LA VALEUR DE E MIN
2210 E(H(D(A(I))+K))=C(D(A(I))+K)-F(D(A(I))+K)
2220 GOTO 2250
2230 REM ----- GARDER LA VALEUR PRECEDENTE DE E MIN
2240 E(H(D(A(I))+K))=E(A(I))
2250 REM ----- FIN DE RECHERCHE DE E MIN
2260 RETURN
2270 END

```

A₁'8) Programme du marquage du dernier sommet - direct de préférence (V6)

C'est une modification de A₁'7 (Programme V3) dans laquelle on insère les lignes suivantes entre les lignes 1380 et 1390 de V3

```

1390 REM ----- CHANGER L'ORDRE DES SOMMETS MARQUES
1400 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT DOUBLE
1410 IF M-I ≥ 2 GOTO 1430
1420 GOTO 1510
1430 REM ----- POUR M-I ≥ 2
1440 X=A(M)
1450 REM ----- DEBUT DE BOUCLE DE CHANGEMENT D'ORDRE
1460 FOR X1=M TO I+2 STEP -1
1470 A(X1)=A(X1-1)
1480 NEXT X1
1490 REM ----- FIN DE BOUCLE
1500 A(I+1)=X
1510 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT DOUBLE

```

A₁'9) Programme du marquage direct de préférence - capacitif partiel (V8)

C'est une modification de A₁'7 (Programme V3) dans laquelle :

- on insère la ligne suivante entre 320 et 330 de V3

```
0330 Z1=9999
```

- les lignes suivantes sont insérées entre les lignes 1380 et 1390 de V3

```

1400 REM ----- RECHERCHE CAPACITIVE OU NON
1410 IF M-I > 1 GOTO 1430
1420 GOTO 1600
1430 REM ----- RECHERCHE DU SOMMET AYANT LE PLUS GRAND E MIN
1440 REM ----- DEBUT DE BOUCLE: RECHERCHER T
1450 FOR Q=I+1 TO M
1460 REM ----- DEBUT D'EMBRANCHEMENT: CHANGER Z OU NON
1470 IF Z1 > E(A(Q)) GOTO 1490
1480 GOTO 1520
1490 REM ----- CHANGER Z ET T
1500 Z1=E(A(Q))
1510 T=Q
1520 REM ----- FIN D'EMBRANCHEMENT
1530 NEXT Q
1540 REM ----- FIN DE BOUCLE
1550 Z1=9999
1560 REM ----- INTERVERTIR T ET I+1
1570 W=A(I+1)
1580 A(I+1)=A(T)
1590 A(T)=W

```

A'1.10) Programme du marquage direct de préférence - capacitif local (V7)

C'est une modification de A'17 (Programme V3) dans laquelle, en plus de la modification précédente de A'19, les lignes surlignées sont insérées entre les lignes 500 et 510 de V3

```

0520 I=I+1
0530 REM ..... BOUCLE DE MARQUAGE DU SOMMET
0540 IF I≠M+1 GOTO 0560
0550 GOTO 0750
0560 REM ..... MARQUAGE DE N POSSIBLE OU NON
0570 IF H(D(A(I)))=N GOTO 0590
0580 GOTO 0720
0590 REM ..... MARQUER N OU NON
0600 IF E(A(I))>E0&C(D(A(I)))-F(D(A(I)))>E0 GOTO 0620
0610 GOTO 0720
0620 REM ..... MARQUER N
0630 P(N)=A(I)
0640 REM ..... DEBUT D'EMBRANCHEMENT;CHANGER E0 OU NON
0650 IF E(A(I))>C(D(A(I)))-F(D(A(I))) GOTO 0670
0660 GOTO 0700
0670 REM ..... CHANGER E0
0680 E0=C(D(A(I)))-F(D(A(I)))
0690 GOTO 0720
0700 REM ..... GARDER LA VALEUR PRECEDENTE DE E MIN
0710 E0=E(A(I))
0720 REM ..... FIN D'EMBRANCHEMENT;CHANGER I
0730 I=I+1
0740 GOTO 0540
0750 REM ..... FIN DE BOUCLE DE MARQUAGE DU SOMMET

```

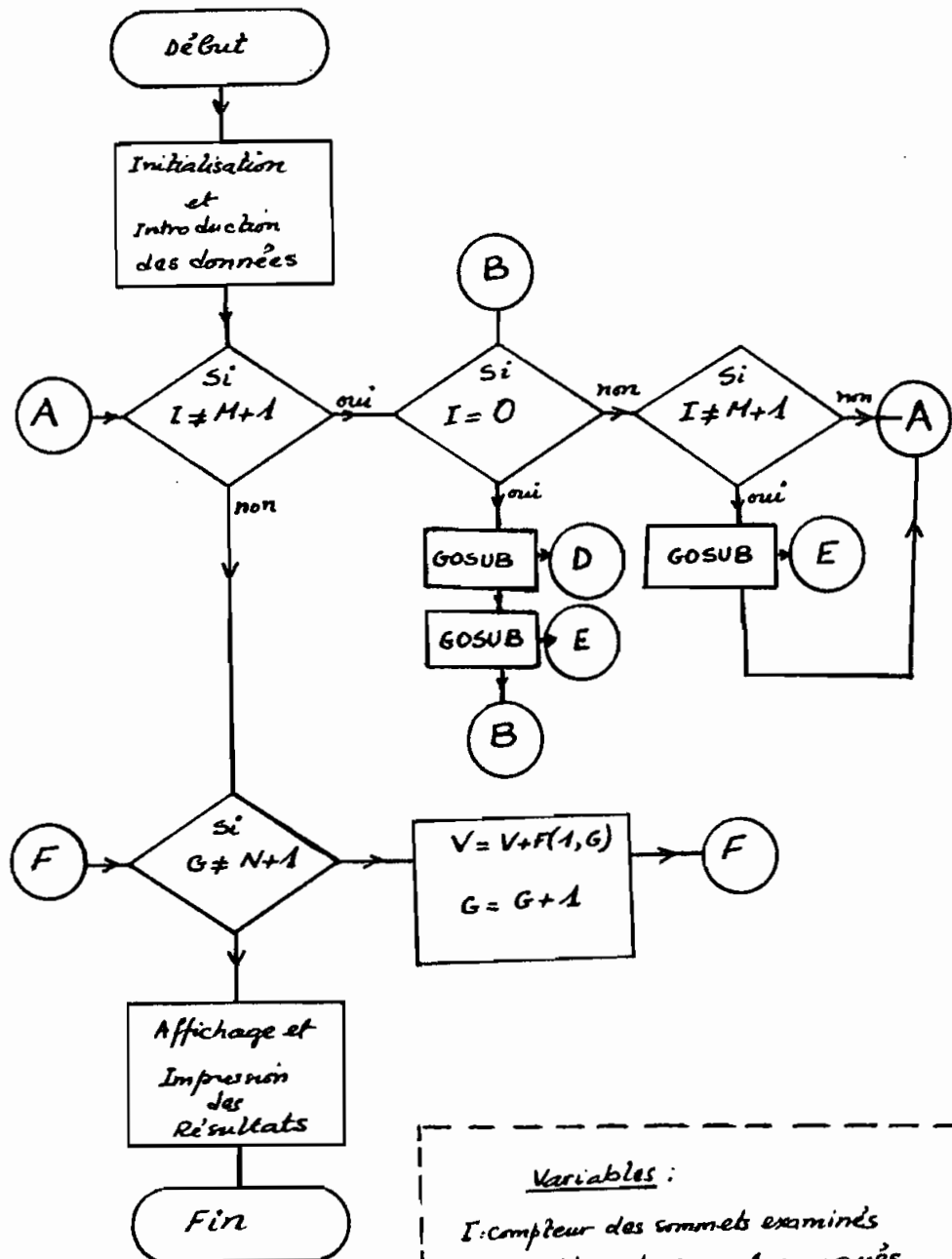
ANNEXE 2

LES ORDINOGRAMMES

A2) REPRESENTATION DU RESEAU PAR MATRICES

A_{2.11}) Marquage simple

ordinogramme général



- (A) : Boucle pour chaque I
- (B) : Boucle pour I = 0
- (F) : Boucle pour le calcul du flot maximal

Variables :

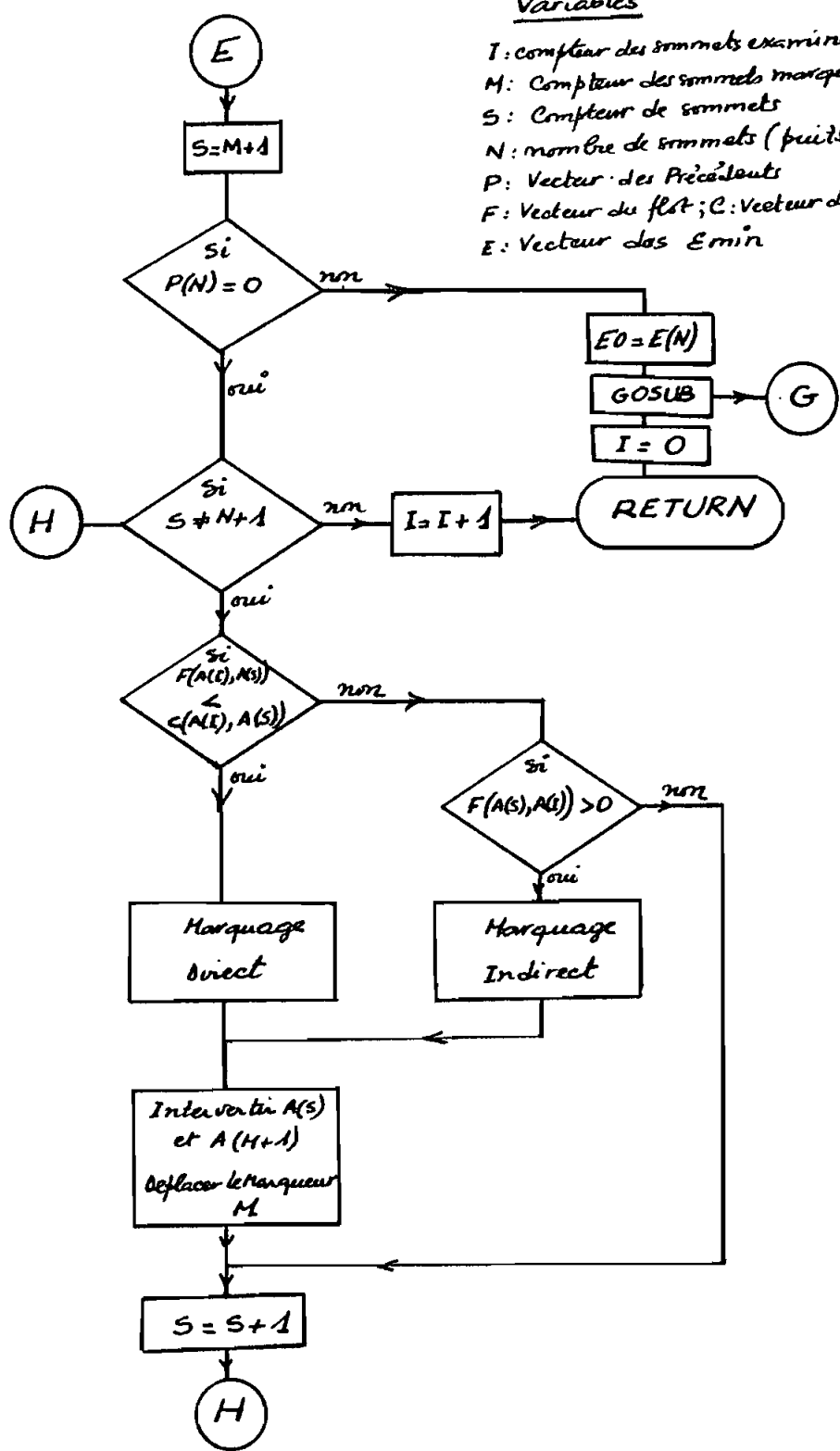
- I : compteur des sommets examinés
- M : Compteur des sommets marqués
- N : Nombre de sommets (puits)
- V : Valeur du flot
- G : compteur de sommets
- F : matrice du Flot

- (D) : sous programme d'initialisation
- (E) : sous Programme d'examination

Ordinogramme d'un sous programme d'examination

Variables

- I: compteur des sommets examinés
- M: Compteur des sommets marqués
- S: Compteur de sommets
- N: nombre de sommets (puits)
- P: Vecteur des Précédents
- F: Vecteur du flot; C: Vecteur des capacités
- E: Vecteur des Emin

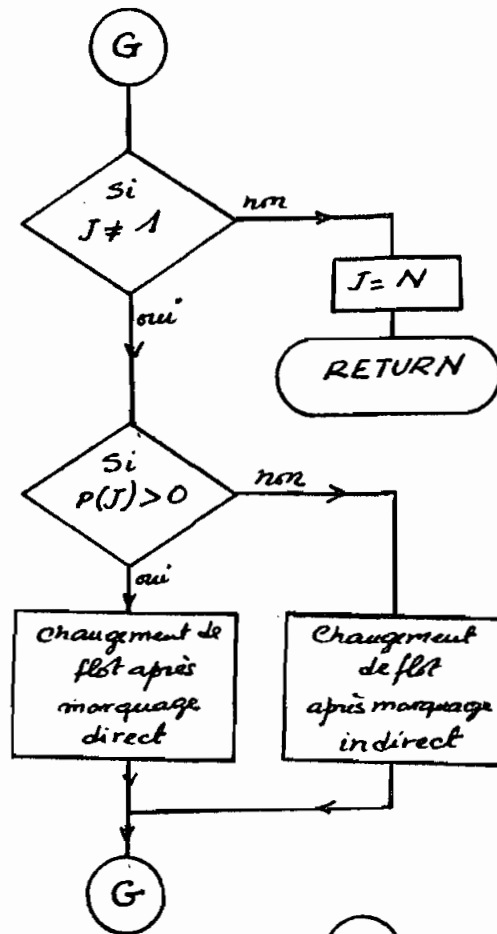


(E) : sous programme d'examination

(G) : sous programme de changement de flot

(G) : Boucle de marquage : Pour S ≠ N+1

Ordinogramme du changement de flot



G : Sous Programme de Changement de Flot

Variables utilisées

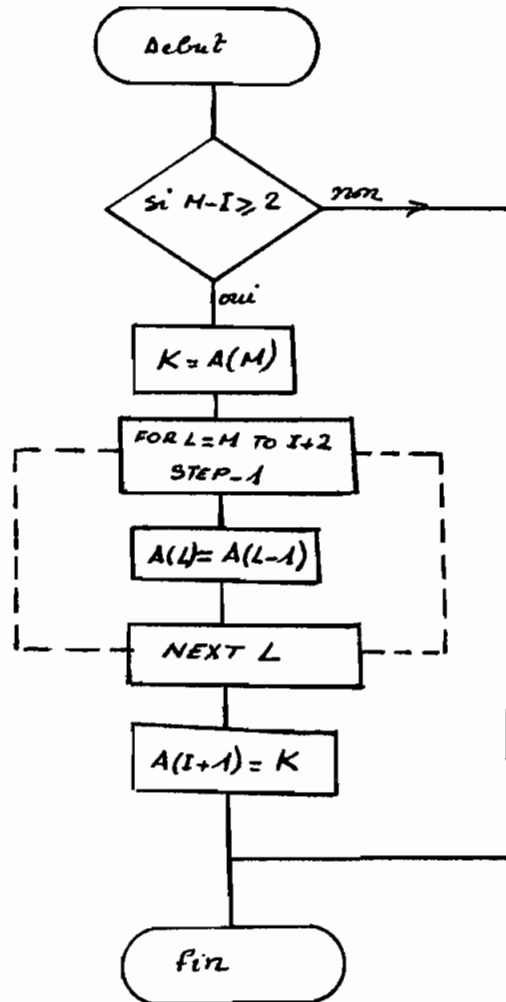
J : Compteur des sommets pour le changement de Flot

P : Vecteur des Précédents

N : nombre de sommets (ou de puits)

A2.1.2 "Marquage" à partir du dernier sommet "marqué"

ordinoigramme de la partie de changement d'ordre (1)



Variables utilisées

M : compteurs des sommets marqués.

I : compteurs des sommets examinés

L : compteur de sommets

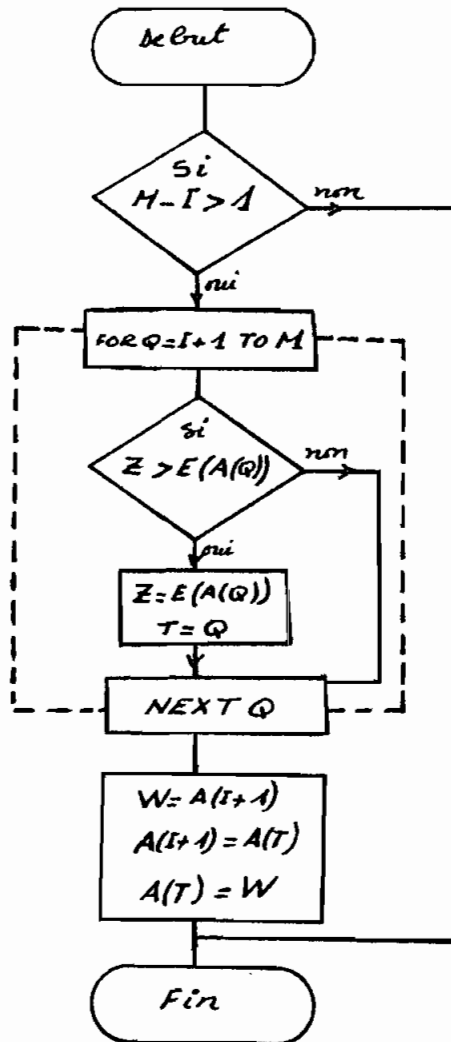
K = stockeur

- (1) Cet ordinoigramme est valable aussi bien dans la représentation du réseau par matrices que dans la représentation par vecteurs.

A2.13) Marquages capacitifs total et partiel

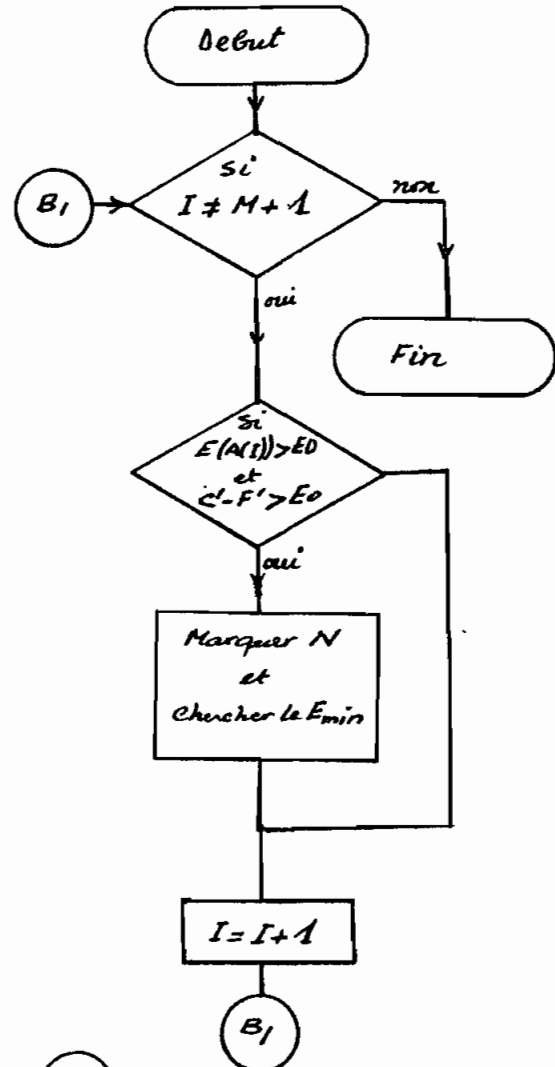
Ordinogramme de la recherche

capacitive (1)



Ordinogramme du marquage

capacitif du sommet N (1)



Variables Utilisées dans les 2 cas :

M : compteur des sommets marqués
 I : compteur des sommets examinés
 N : nombre de sommets
 Q : compteur de sommets
 E : vecteur des Emin

$C'-F' = \begin{cases} C(A(I), N) - F(A(I), N) & \text{dans la représentation matricielle} \\ C(D(A(I))) - F(D(A(I))) & \text{dans la représentation vectorielle} \end{cases}$

F : Matrice ou vecteur du flot ; C = Matrice ou vecteur des Capacités.

D : vecteur des départs.

(B1) : Boucle de marquage capacitif de N

Z : stockeur

T : stockeur pour le sommet à Emin (max)

W : stockeur

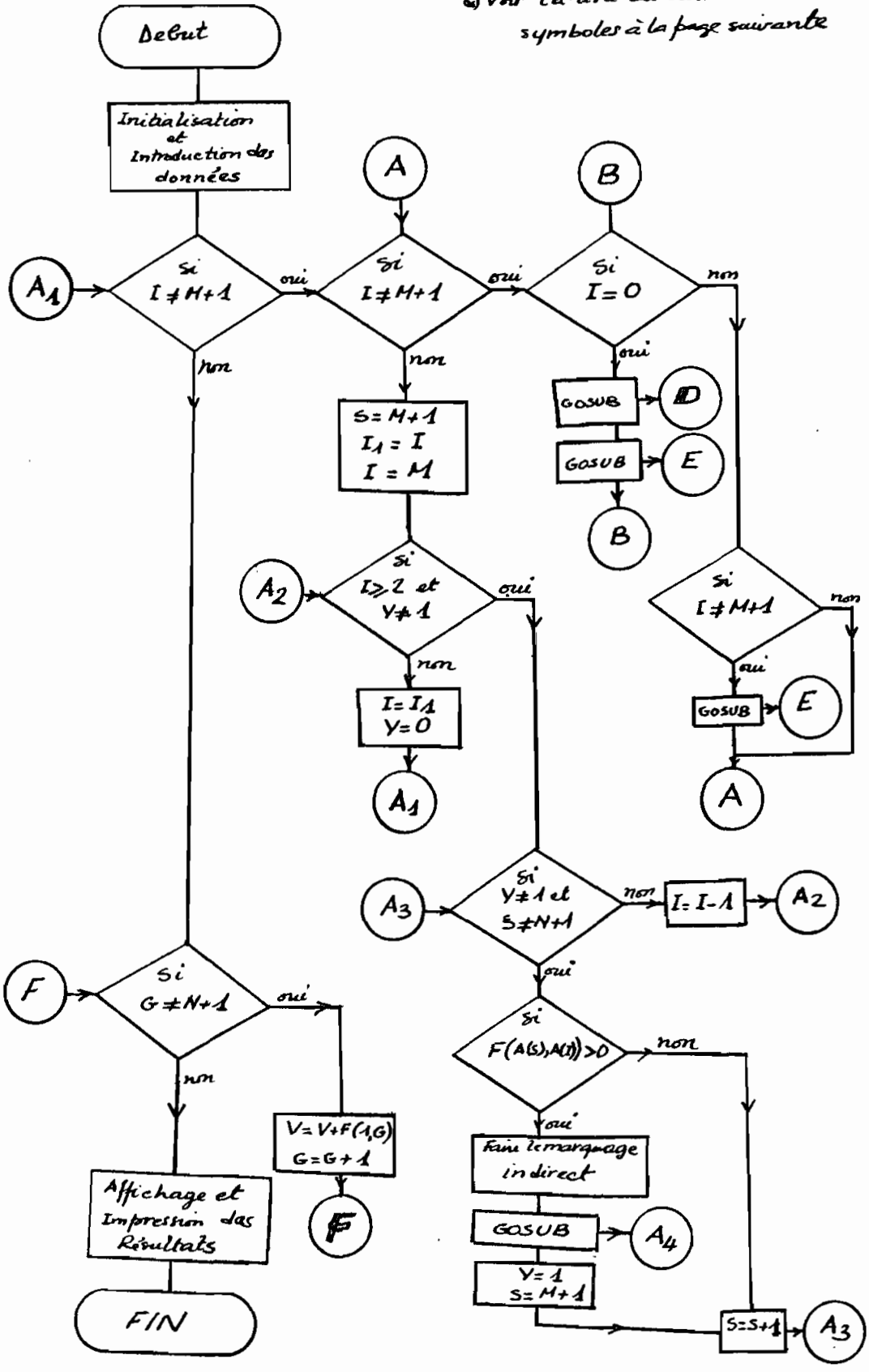
E0 : Emin de N

(1) Ces deux ordinogrammes sont valables et dans la représentation matricielle et dans la représentation vectorielle du réseau.

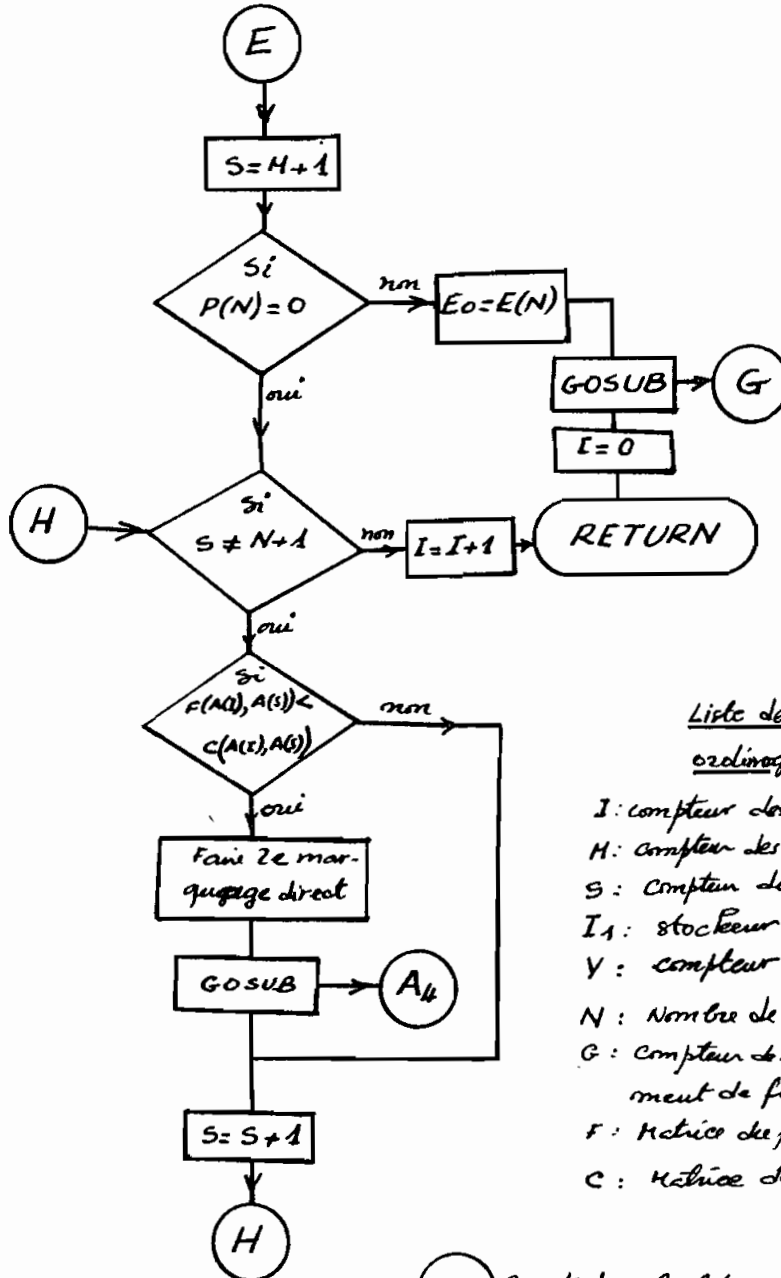
A2.14) Marquage direct de préférence

Ordinogramme général

*) Voir la liste des variables et symboles à la page suivante



Ordinogramme du sous programme d'examination



Liste des variables des deux ordinogrammes précédents

- I: compteur des sommets examinés
- H: compteur des sommets marqués.
- S: Compteur des sommets
- I1: stockeur
- V: compteur de marquage indirect
- N: Nombre de sommets
- G: Compteur de sommets par le changement de flot
- F: Matrice de flots (maximal)
- C: Matrice des capacités

Symboles

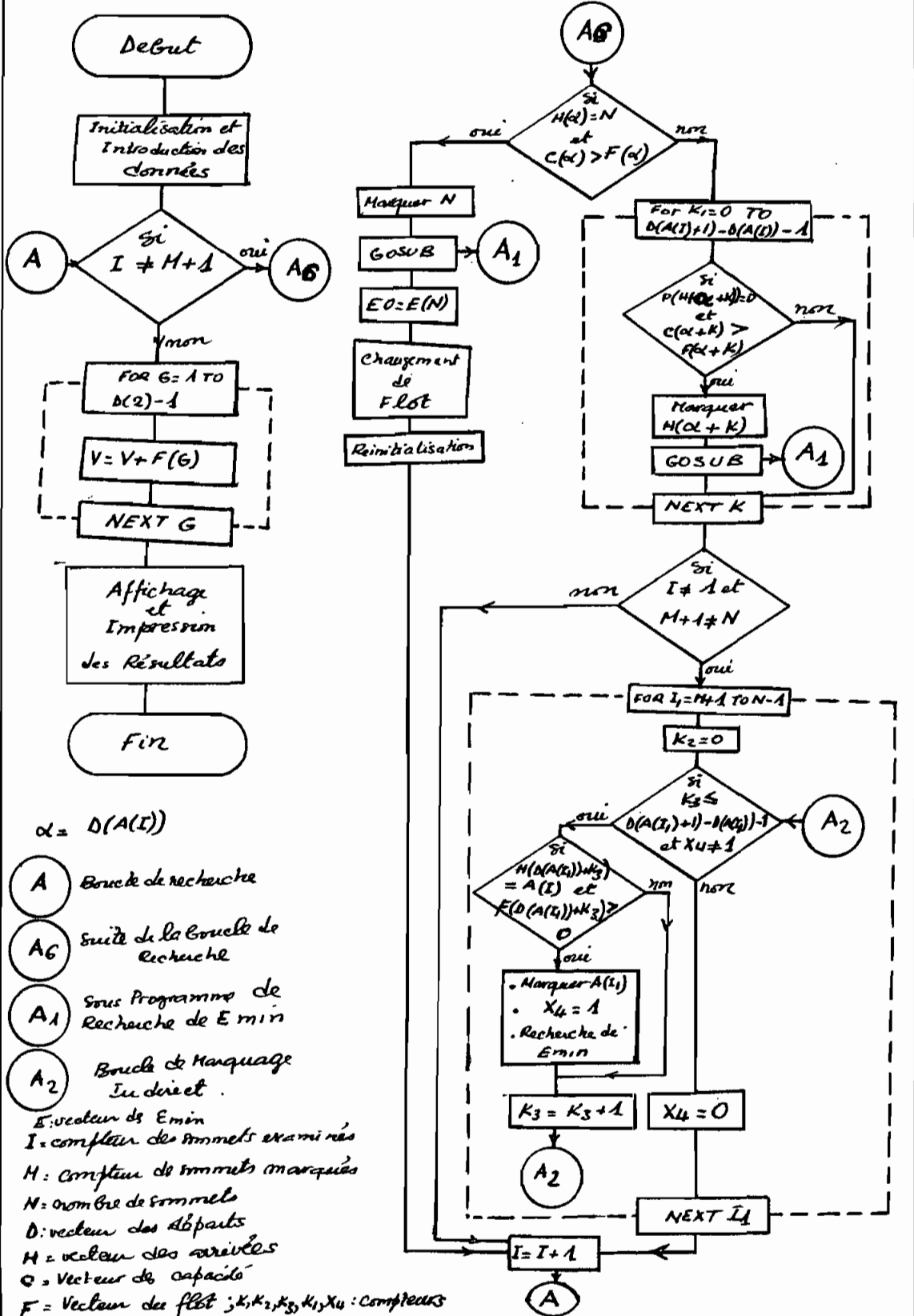
- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> (A1) Boucle d'examination directe ou indirecte (A) Boucle d'examination directe (B) Boucle d'examination: Pour I=0 (A2) Boucle de marquage indirect ou non (A3) Boucle d'examination indirecte | <ul style="list-style-type: none"> (F) Boucle de calcul du FLT maximal (H) Boucle de marquage: pour S ≠ N+1 (E) Sous Programme d'examination (D) Sous Programme d'Initialisation (G) Sous programme de changement de flot (A4) Sous-programme: Intervention A(S) et A(H+1) |
|--|--|

A2.2) REPRESENTATION DU RESEAU PAR VECTEURS

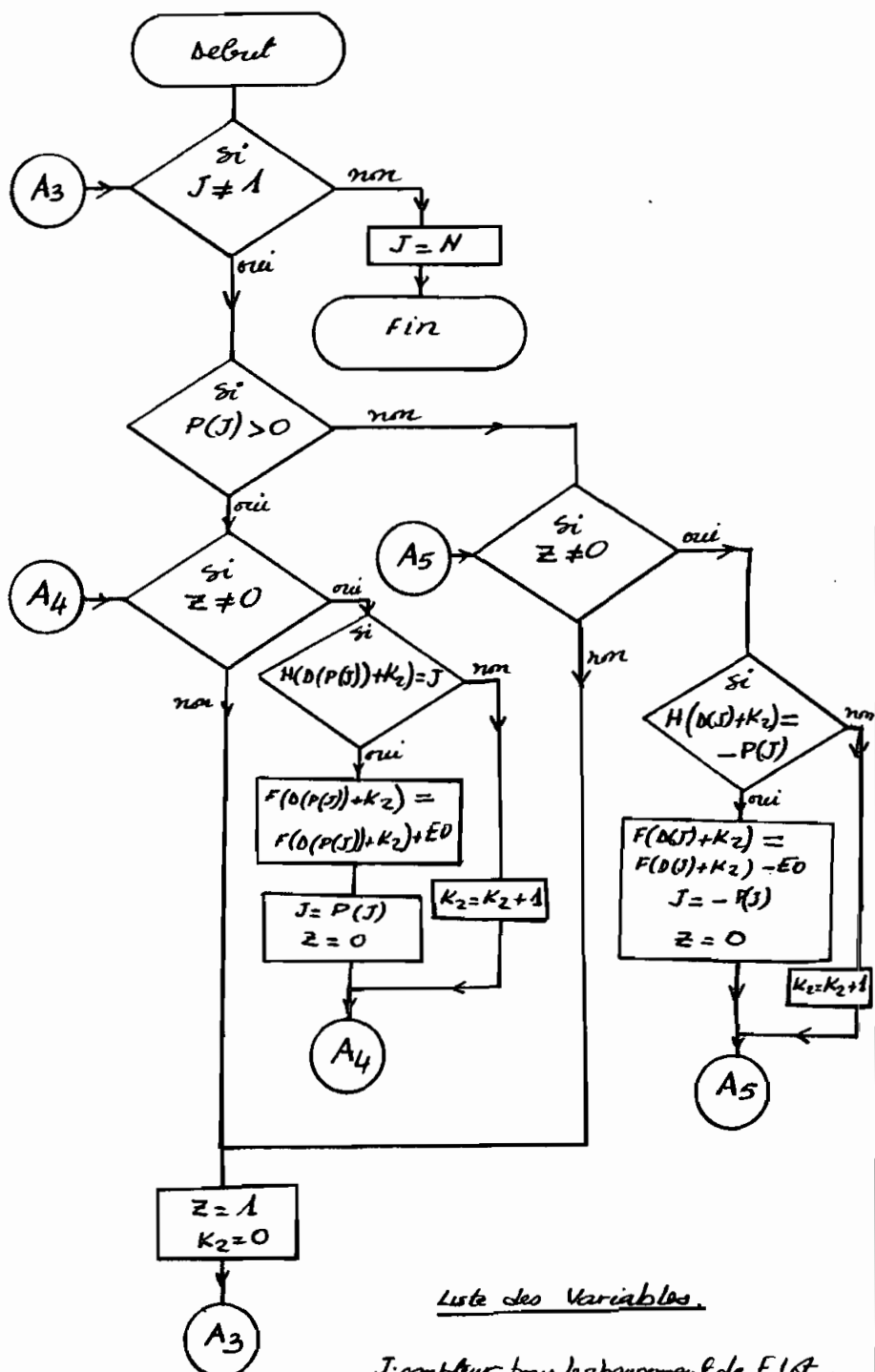
Pour les marquages à partir du dernier sommet et capacitifs, voir A₂₁₂ et A₂₁₃

A221) Marquage simple No 1

Ordinogramme Général



Ordinogramme du Changement de Flot



Liste des Variables.

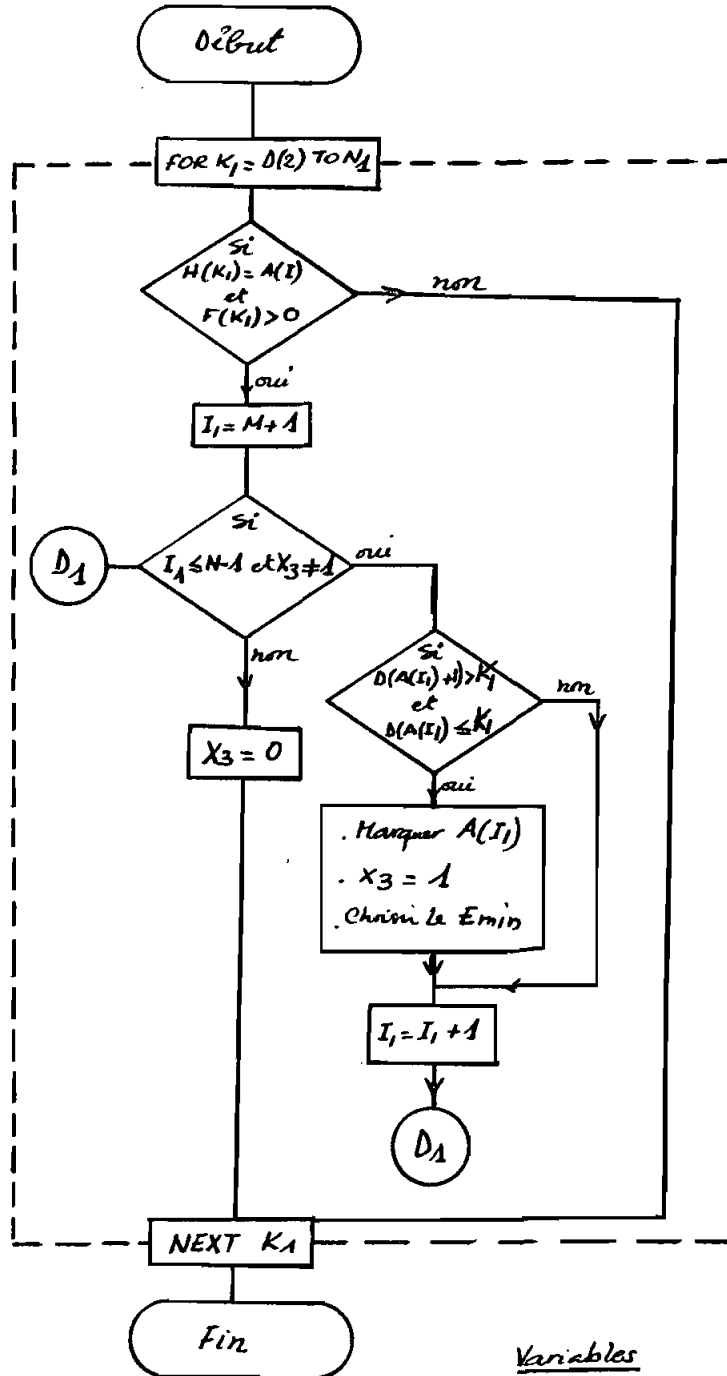
- J: compteur pour le changement de Flot.
- N: nombre de sommets
- P: vecteur des Prix d'arc
- z: compteur de changement de Flot
- k2: compteur de sommets.
- D: vecteur des départs
- H: vecteur des sommets d'arrivées.
- f: vecteur du flot
- E0: Emin de N (le plus N).

- A3 Boucle de Changement de Flot
- Boucle pour P(J) > 0
- Boucle pour P(J) < 0

A222) Marquage simple N°2

Son ordiogramme ressemble à celui du marquage simple sauf dans la partie des marquages réduits.

ordiogramme des marquages réduits



D1 Boucle de marquage
réduit

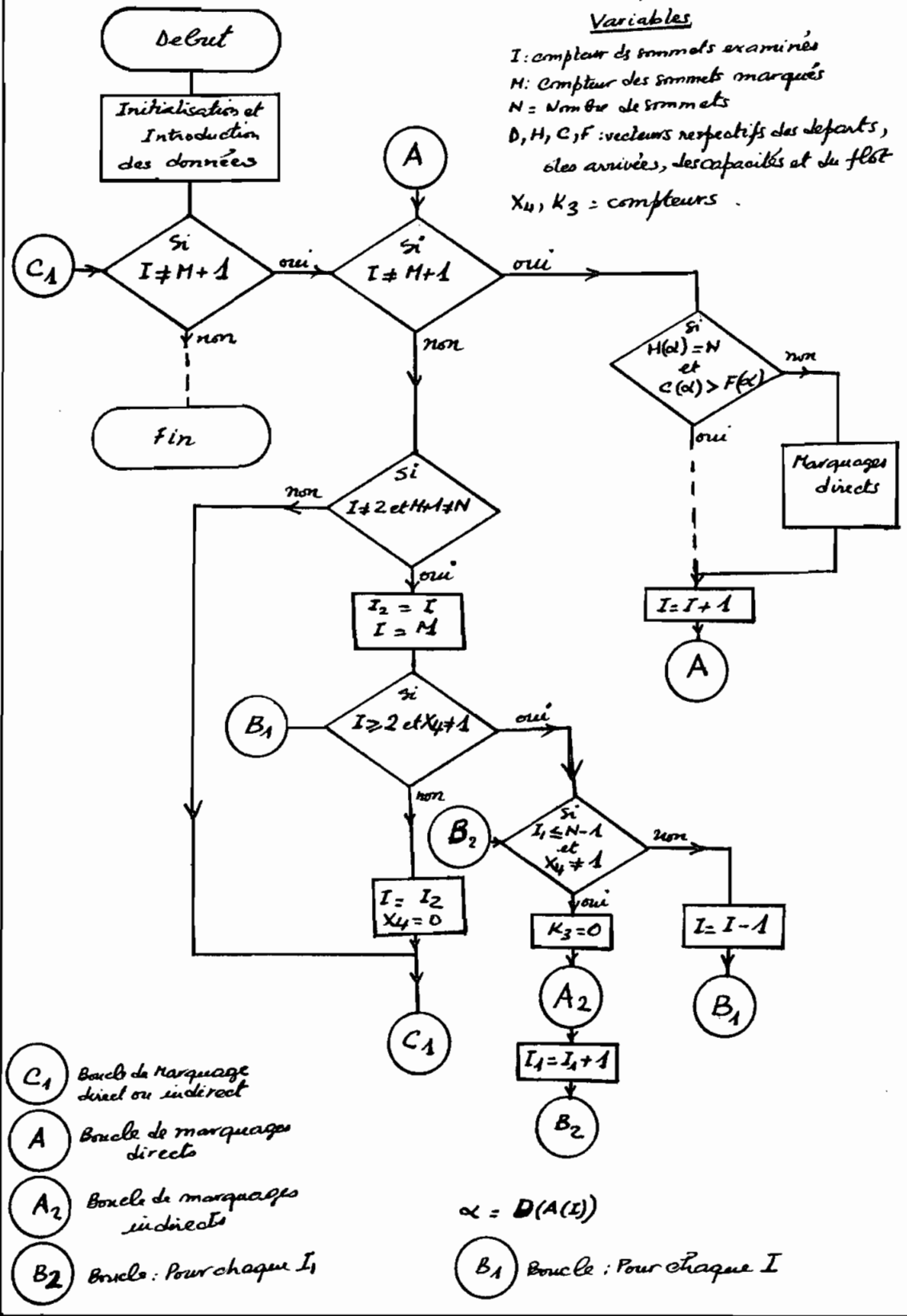
Variables
 K1 : compteur de sommets
 N1 : nombre d'arcs
 D : vecteur des départes
 H : vecteurs des arrivées
 A : vecteur des sommets
 F : vecteur du flux
 I1 : compteur de sommets
 X3 : compteur de marquage
 réduit.

A223) Marquage direct de préférence

Pour cet ordiogramme, les parties en pointillés signifient qu'elles sont pareilles à celle de l'ordiogramme du marquage simple.

Variables

I: compteur des sommets examinés
 M: compteur des sommets marqués
 N: Nombre de sommets
 D, H, C, F: vecteurs respectifs des départs, des arrivées, des capacités et du flot
 X_u, K_3 : compteurs.



- (C1) Boucle de marquage direct ou indirect
- (A) Boucle de marquages directs
- (A2) Boucle de marquages indirects
- (B2) Boucle: Pour chaque I1

- $\alpha = D(A(I))$
- (B1) Boucle: Pour chaque I

Références

- [1] FORD et FULKERSON, Flots dans les graphes, pp 1-47,
Gauthiers Villars, 1966
- [2] ALAIN MARTEL, Techniques et applications de la
Recherche Opérationnelle, 2^e édition, pp 225-257,
Gaëtan Morin, 1979