

2er

## ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : ELECTRONIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

# PROJET DE FIN D'ETUDES

### SUJET

SIMULATION D'UN RESEAU DE TRANSPORT  
URBAIN ET APPLICATION AU CALCUL  
DU RESEAU OPTIMAL

Proposé Par :

Mr. CHIGARA

Etudié par :

Mr. BOUAFIA

Mr. BENMEZIANE

Dirigé par :

Mr. CHIGARA

PROMOTION :

المدسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

A mes parents,

A mes freres et soeurs,

a mes amis,

BENMEZIANE MOURAD

A mes parents

BOUAFIA ABDELLAH

a tous mes amis.

ABTOUCHE MAHMOUD  
ZEROUG SMAIN  
BELDI NACER  
KADOURI FETH-EDDINE  
KHIER NABIL  
BENKHEROUF.K  
ARBIA KHALED  
KASSAB FAIZ  
ZEROUTA ADNANE  
BOURRAS ADLAN  
etc.....

Avant-propos

Nous tenons en premier lieu a remercier respectueusement M.Farid CHIGARA ,professeur a l'ecole polytechnique d'Alger ,pour avoir accepte la direction scientifique de ce travail et pour sa participation au jury de notre these de fin d'etude.

Nous prions egalement tous les membres du jury d'agreer nos sinceres remerciements pour l'interet qu'ils ont porte a ce travail en acceptant de le juger.

\*\*\*\*\*  
 \* S O M M A I R E \*  
 \*\*\*\*\*

- INTRODUCTION.	Page. 1
I - Notion de systeme :	2
I - 1. Notion de grand systeme.	
I - 2. Systeme de transport urbain.	3
II - Identification et presentation des parametres :	5
II - 1. Definitions.	
II - 2. Dynamique des elements passifs.	6
II - 3. Dynamique des vehicules.	7
II - 4. dynamique des usagers.	8
III - Modelisation du systeme :	11
III - 1. Description du modele utilise.	
III - 2. Donnees deduites.	12
III - 3. Calcul des temps d'intervalles.	
III - 4. Etude des trajets directs.	
III - 4 - 1. Definition de l'indicateur de possibilites.	13
III - 4 - 2. Recherche des parcours concurrents.	
III - 5. Calcul de la repartition des usagers entre les lignes concurrentes.	14
III - 6. Calcul de la proportion d'usagers prenant l'autobus sur les trajets directs m-n.	15
III - 7. Fonction de repartition du temps d'attente.	
III - 8. Temps d'attente moyen.	16
III - 9. Temps de trajet moyen sur chaque direct m-n.	20
III - 10. Etude des trajets non-directs.	
III - 11. Calcul de la fonction OBJECTIF.	
III - 12. Calcul du nombre de passagers par trajet direct m-n.	21
III - 13. Calcul des chargements a chaque inter- station.	
III - 14. Calcul du nombre d'autobus necessaire.	22
IV - Simulation et presentation des algorithmes :	23
IV - 1. Algorithme de calcul des donnees deduites.	25
IV - 2. Algorithme de calcul des temps d'intervalles initiaux.	29

IV - 3. Algorithme de recherche des lignes concurrentes.	31
IV - 4. Algorithme de traitement des trajets directs	36
IV - 5. Algorithme de recherche des noeuds de correspondance.	40
IV - 6. Algorithme de calcul de la fonction objectif.	42
V - Optimisation de la fonction objectif	45
V - 1. Principe d'optimisation.	45
V - 2. Methode proposee (methode du gradient)	48
VI - Resultats et interpretations.	51
- Conclusions.	90
VII - Annexes :	
VII - 1. Principales notations utilises	91
VII - 2. Programmes	92
-References bibliographiques.	107

## INTRODUCTION

Les transports urbains constituent l'un des plus grands problèmes que rencontre l'homme des grandes villes.

L'objet de cette étude est la mise au point d'un modèle mathématique permettant la simulation d'un réseau de transport urbain, et ce en vue d'une application au calcul du réseau optimal .

On peut choisir comme réseau optimal, celui qui offre le meilleur service, le plus confortable et le plus rapide.

D'autres choisiront comme réseau optimal, celui qui rapporte le maximum de profits .

Ainsi, on voit que la fonction "objectif" n'est pas la même, d'où la position du problème sera différente .

Nous avons choisi comme fonction objective le temps total de parcours mis par l'ensemble des usagers pour se rendre à leur destinations respectives, et ce pendant une tranche horaire donnée .

Cette fonction objective dépend des temps de trajets moyens et de la demande origine-destination.

Vu la complexité du réseau RSTA, qui comporte un très grand nombre de lignes, nous avons appliqué le programme à un réseau réduit.

Ce réseau comporte quatorze (14) parcours et neuf (09) boucles . La simulation de ce réseau a été faite sur un micro-ordinateur OLIVETTI M24 (512 Ko) .

## I - Notion de systeme :

---

### I - 1. notion de grand systeme :

---

Les concepts de simulation, modele et systeme, sont intrinsequement lies, la simulation etant d'une facon generale une methode pour etudier les systemes a l'aide des modeles. Schematiquement, on peut dire que la simulation est une manipulation de modele et le modele une representation du systeme.

La notion de systeme n'etant pas nouvelle, le mot systeme est couramment utilise dans les domaines de la vie a savoir: systeme electrique, hydraulique, economique, etc...

On appelle systeme, un ensemble compose de parties ordonnees. Ces parties ont chacune leurs lois et une certaine independance. Par contre, le tout a ses lois propres car, il existe entre les parties des liens, des relations identifiables au moins pour quelques unes d'entre elles, et qui s'enchainent souvent l'une a l'autre.

Un systeme existe pour atteindre un but et son fonctionnement est controle.

Il ressort tout d'abord que plusieurs conditions doivent etre realisees pour avoir un systeme:

- La connaissance des composants,
- La connaissance des lois propres de chacune.

Tout systeme est affecte par les facteurs temps, milieu et contraintes.

Tout systeme peut etre divise en sous-ensembles qu'on appelle sous-systemes. Mais, que le systeme soit complexe ou simple, son fonctionnement est le meme. Il s'agit d'atteindre un but, un objectif a partir de donnees qui sont estimees et calculees.

L'etat d'un systeme n'est pas seulement lie au facteur temps, mais aussi a un ensemble de variables.

La sensibilite d'un systeme est le degre de changement qui affecte son comportement quand les parametres varient un par un, car l'etat d'un systeme change chaque fois que l'un des composants change.



## I - 2 SYSTEME DE TRANSPORT URBAIN:

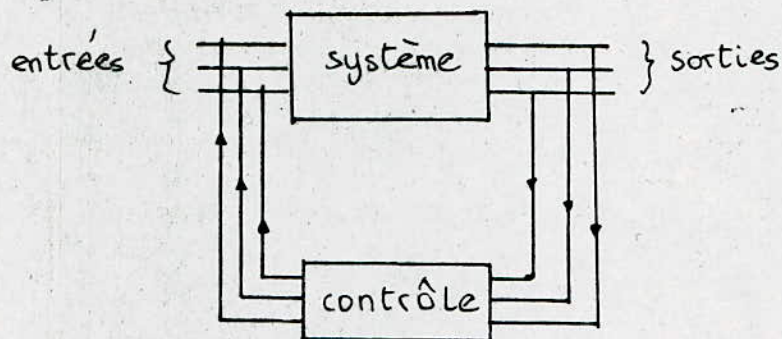
Le systeme de transport urbain est un systeme complexe. En effet, il comporte beaucoup de parametres qui, en variant, influent sur le systeme.

On peut diviser le systeme de transport urbain en plusieurs sous - systemes qui seront etudies et traitees. Le but du systeme sera atteint en traitant tous les sous-systemes. Le systeme utilise est un systeme stochastique, c'est a dire que les parametres sont aleatoires.

Le systeme comporte une partie controlee qui sert a optimiser la fonction objective obtenue.

Le systeme peut avoir plusieurs fonctions objectives, donc plusieurs sorties. Nous avons pris comme sortie une seule: c'est le temps total de parcours des usagers pour se rendre a leurs destinations respectives.

Le systeme utilise est le suivant:



Le controle sert a optimiser la fonction objectif. Il a pour entrees les contraintes et pour sorties les corrections apportees afin de les intégrer comme entrees au systeme.

Le systeme de transport est un systeme non lineaire.

## II - Identification et presentation des parametres :

---

### II - 1. Definitions :

---

Noeud : On appellera noeud du reseau une quelconque de ces stations. Ces noeuds sont reperes par un numero propre (generalement m, n, o ou d) totalement independants des lignes d'autobus associees

Station : Une ligne passe par un certain nombre de noeuds qui sont les stations de cette ligne. Les stations sont numerotes en sequence le long de la ligne (les indices generalement utilises sont i ou j).

Parcours : Une ligne aller-retour (comportant deux terminus) comprend un parcours aller et un parcours retour qui peuvent etre differents. De meme une ligne circulaire ne comportant qu'un seul terminus, peut etre constituee d'un parcours dans le sens direct et d'un parcours dans le sens retrograde. Nous reserverons le mot parcours pour cette utilisation. L'indice utilise pour la numerotation des parcours est p.

Boucle : Sur une ligne aller-retour, les autobus ne decrivent qu'une seule boucle, alors qu'en general, dans le cas d'une ligne circulaire, ils en decrivent deux : la boucle directe et la boucle retrograde; ces deux dernieres peuvent disposer d'un nombre different d'autobus, avoir des frequences de passage inegales, et des temps de parcours differents. On a donc interet a differencier reellement ces deux boucles et a considerer dans le modele les differentes boucles : aller-retour, circulaire directe et circulaire retrograde. Les boucles seront generalement indicees par la lettre b ou B.

Ligne : Le mot ligne sera généralement utilisé dans son sens habituel, mais on l'utilisera parfois abusivement dans le sens du mot parcours lorsque la confusion n'est pas possible.

## II - 2. Description des éléments passifs :

### - Dimensionnement :

NT: Le réseau comporte NT nœuds numérotés de 1 à NT.

LT: Le nombre de lignes d'autobus.

PT: Nombre de parcours constituant le réseau.

BT: Nombre de boucles, il est égal au nombre de lignes aller-retour plus deux fois le nombre de lignes circulaires (directe et rétrograde).

### - Description des itinéraires :

Le parcours indice  $p$  ( $1 < p < PT$ ) est caractérisé par les nœuds successivement rencontrés sur le trajet de l'autobus du terminus départ au terminus arrivée.

-  $S(p)$  : Nombre de stations, terminus inclus.

-  $N(p,i)$  : les nœuds successivement rencontrés sur le parcours  $p$  sont donnés pour  $i$  variant de 1 à  $S(p)$  par le tableau  $N(p,i)$ .

-  $I(p,n)$  : Est le tableau réciproque de  $N(p,i)$ , il fournit le rang du nœud  $n$  sur le parcours  $p$ .

### - Remarque :

Dans le cas d'un parcours  $p$  d'une ligne circulaire, les terminus de départ et d'arrivée sont les mêmes, on a donc :

$$N(p,i) = N(p,S(p))$$

dans ce cas le terminus est la première et la dernière station de la ligne.

II - 3. Dynamique des vehicules :

$\Theta(i, j, p)$  :

Le temps de trajet en autobus pour aller de la i-eme station a la j-eme station du parcours p est note

$\Theta(i, j, p)$ .

$\Theta$  n'est defini que pour :

$$1 < i < j < S(p)$$

Tr(b) :

temps de rotation pour les autobus de la boucle b : C'est le temps total qui separe deux passages consecutifs d'un meme autobus par un meme arret et ce, dans le meme sens;

AT :

C'est le nombre d'autobus dont dispose la compagnie de transport, ils ne sont pas forcement tous en circulation sur le reseau.

X(b) :

Temps d'intervalles qui separe le depart de deux autobus consecutifs sur la boucle b.

Si n est le nombre d'autobus en service sur cette boucle, on doit avoir :

$$n \cdot X(b) = Tr(b).$$

TI(p) :

Temps d'intervalles sur le parcours p. Si le parcours p correspond a la boucle b, alors :

$$TI(p) = X(b).$$

II - 4. Dynamique des usagers :

$\tau(m,n)$  :

----- Temps de marche a pied pour se rendre d'un noeud m du  
reseau a un autre noeud n. Nous supposerons pour  
simplifier que :  $\tau(m,n) = \tau(n,m)$ .

OD(m,n) :

----- Nombre d'usagers desirant se rendre du noeud m au noeud  
n pendant une certaine tranche horaire .

- Comportement des usagers :

-----  
Pour se rendre d'un noeud origine "o" a un noeud  
destination "d", les usagers emprunteront le "plus-court-chemin"  
en temps moyen de trajet.

-  $K(o,d)$  : le premier noeud de correspondance sur ce plus court  
chemin est  $k_1 = K(o,d)$ .

Remarques :

- 
- 1 - le premier noeud de correspondance sur le plus  
court chemin allant de  $k_1$  a d est  $k_2 = K(k_1,d)$ .  
C'est donc egalement le deuxieme noeud de  
correspondance sur le plus court chemin de o a d,  
et ainsi de suite.  
De part la definition de la matrice de  
correspondance  $K(m,n)$  il n'y a pas de noeuds de  
correspondance entre o et  $k_1$ .  
Le trajet o- $k_1$  est un trajet direct.
  - 2 - Pour tout trajet direct m-n on aura  $n = K(m,n)$ , le  
plus court chemin de o a d est donc entierement  
exploré lorsqu'on trouve pour noeud de  
correspondance le noeud de destination :  
 $k_n = K(k_{n-1},d) = d$   
(fin de la remarque)

-  $I_p(m,n)$  :

----- Sur un trajet direct m-n, on distinguera trois (03)  
possibilites pour effectuer le trajet, repertoriees  
dans l'indicateur de possibilites  $I_p(m,n)$

$I_p(m,n) = 1$  : tous les usagers effectuent le trajet m-  
----- n en autobus. C'est un "trajet-bus".

$I_p(m,n) = 2$  : Le trajet m-n est effectuée a pied par certains et en autobus par d'autres. c'est un "trajet-mixte"

$I_p(m,n) = 3$  : Le trajet m-n est effectuée a pied par tous les usagers. C'est un "trajet-pied"

$R_a(m,n)$  :

Le pourcentage d'usagers prenant l'autobus sur le trajet direct m-n est note  $R_a(m,n)$ .

$L(m,n)$  :

Sur le trajet direct m-n, les usagers peuvent utiliser plusieurs lignes differentes, nous appellerons "parcours concurrents" ses lignes le nombre de ces parcours concurrents est  $L(m,n)$ .

$P(m,n,k)$  :

Les parcours concurrents seront indices de 1 a  $L(m,n)$  generalement avec la lettre k. La correspondance entre l'indice k est le numero du parcours sera obtenue au moyen du tableau  $P(m,n,k)$ .

$R_p(m,n,k)$  :

La repartition des usagers prenant l'autobus sur le trajet m-n entre les  $L(m,n)$  parcours concurrents numerotes  $P(m,n,k)$  pour  $k = 1$  a  $L(m,n)$  sera notee  $R_p(m,n,k)$ .

$\bar{t}(m,n)$  :

le temps moyen de parcours du trajet m-n incluant les temps d'attente, les correspondances, les marches a pied, etc ... sera note  $\bar{t}(m,n)$ .

$\alpha(m,n,k)$  :

pour le trajet direct m-n, la derivee partielle du temps moyen de parcours  $\bar{t}(m,n)$  par rapport au temps d'intervalle  $TI(p)$  du k-ieme parcours concurrent  $p = P(m,n,k)$  est note  $\alpha(m,n,k)$ .

$$\alpha(m,n,k) = \frac{d\bar{t}(m,n)}{dTI(pk)}$$

Remarques :

---

- 1 - Si  $m-n$  n'est pas un trajet direct,  $I_p(m,n)$ ,  $R_a(m,n)$ ,  $L(m,n)$ ,  $P(m,n,k)$  et  $R_p(m,n,k)$  ne seront pas définis;
- 2 - Si  $I_p(m,n) = 1$ ,  $R_a(m,n) = 1$   
Si  $I_p(m,n) = 2$ ,  $0 < R_a(m,n) < 1$   
Si  $I_p(m,n) = 3$ ,  $R_a(m,n) = 0$  et  $L(m,n)$ ,  $P(m,n,k)$ ,  $R_p(m,n,k)$  ne seront pas définis.

- Parametres introduits comme donnees :

---

- Les tableaux  $S(p)$ ,  $N(p,i)$ ,  $O_d(m,n)$ .
- $N_a(m,k)$  : Tableau dont l'element general est le numero du  $k$ -ieme noeud directement adjacent au noeud  $m$ , deux stations successives sur un parcours constituent une paire de noeuds adjacents.
- $T_p(m,k)$  : Tableau des temps de parcours en autobus entre les noeuds adjacents  $m$  et  $N_a(m,k)$ .
- $T(m,n)$  : Tableau des temps de parcours a pied, l'element general de ce tebleau est le temps de marche a pied pour se rendre du noeud  $m$  au noeud  $n$ .

$I(p,n)$  est calcule a partir de  $S(p)$  et  $N(p,i)$ .

$O(i,j,p)$  et  $Tr(b)$  seront calcules a partir de  $N(p,i)$ ,  $S(p)$ ,  $N_a(m,k)$  et  $T_p(m,k)$ .

III - Modelisation du systeme :

III - 1. description du modele utilise :

Le modele de simulation est l'ensemble des relations permettant de faire evoluer les variables de processus. la description rigoureuse du processus exigerait la prise en compte d'un nombre important de parametres caracteristiques du reseau.

Nous avons essaye dans notre description, de ne considerer que les parametres importants pour l'elaboration du modele.

Des lors que la geometrie du reseau de transport public est definie, le probleme se pose de savoir combien et comment affecter la flotte des autobus sur les differentes lignes.

Le probleme de la saturation sur les differents itineraires est elimine par le bon choix des parametres suivants :

- Un nombre de bus (minimal) en circulation.
- Des temps d'intervalles (maximum).
- Une certaine affectation des bus sur les differentes lignes.

(On rappelle que le temps d'intervalle est le temps qui separe le depart de deux autobus consecutifs sur la meme boucle).

Connaissant la matrice demande origine-destination, la matrice des temps de trajets moyens, les temps d'intervalles initiaux, et une certaine affectation de bus, le modele propose calcule la temps de parcours total, les nouveaux temps d'intervalles (contraintes) les relations suivantes :

le temps de parcours total: 
$$TPPA = \sum_{m=1, n=1}^{NT} DD(m, n) \cdot \bar{t}(m, n)$$

les nouveaux temps d'intervalles :

$$TIMAX(B) = \frac{\text{tranche horaire} \cdot \text{capacite maximum d'un bus}}{\text{chargement max d'1 stat sur 1 boucle}}$$

La nouvelle affectation sur la boucle b est : 
$$\frac{Tr(b)}{TIMAX(b)}$$

Le nombre de bus necessaire est : 
$$NBEC = \sum_{b=1}^{BT} \frac{Tr(b)}{TIMAX(b)}$$



III - 2. Donnees deduites :  
-----

IL s'agira, dans une premiere phase, de calculer les "donnees deduites", a savoir :  $(i,j,p)$ ,  $Tr(b)$  et  $I(p,n)$ .

- Calcul de  $I(p,n)$  :  
-----

$I(p,n)$  est calcule directement a partir de  $N(p,i)$ .

- Remarque :  
-----

Si le noeud  $n$  n'appartient pas au parcours  $p$ , alors  $I(p,n)=0$

- Calcul de  $\Theta(i,j,p)$  :  
-----

Sur un parcours donne  $p$ , pour calculer le temps du trajet en autobus pour aller de la  $i$ -eme a la  $j$ -eme station, il suffit d'ajouter tous les temps de trajets partiels entre  $i$  et  $j$ , ces temps sont donnees par le tableau  $Tp(m,k)$ .

- Calcul de  $Tr(b)$  :  
-----

1- pour une ligne aller-retour, le temps de rotation est la somme des temps de trajets pour faire un aller, un retour plus deux fois le temps de repos a un terminus. (puisque'il y a deux terminus).

III -3. Calcul des temps d'intervalles  $X(b)$ , et  $TI(p)$ :  
-----

Ils sont calcules a partir de  $Tr(b)$ .

Le temps d'intervalle qui separe le depart de deux autobus consecutifs sur la boucle est egal au rapport du temps de rotation  $Tr(b)$  par le nombre d'autobus affectes sur cette boucle  $b$ .

Si on suppose qu'on a le meme nombre d'autobus sur les differentes boucles, alors :

$$X(b) = Tr(b) \cdot \frac{Bt}{At}$$

$Bt$  : nombre de boucles.  
 $At$  : nombre total d'autobus.

Ensuite  $TI(p)$  est deduit de  $X(b)$ .

III - 4. Etude des trajets directs :  
-----

III - 4 - 1. Definition de "l'indicateur de possibilites" :

Un usager qui desire se rendre a une destination quelconque se presente a la station la plus proche et par laquelle passe par laquelle une ligne (ou plusieurs) vers la destination desiree. Seulement, si l'usager sait qu'il mettrait moins de temps en allant a pied, alors il eviterait de prendre l'autobus.

Il reste cependant un cas a considerer, c'est celui ou suivant que l'usager se presente juste apres ou juste avant le depart d'un autobus, il peut decider de partir a pied ou bien preferer attendre le prochain autobus, ceci depend evidemment du temps d'intervalle sur la ligne consideree.

Dans le cas ou plusieurs lignes passent par les stations origine et destination considerees, on fait intervenir le temps de trajet minimum et la valeur minimum de l'expression :

$$\theta(im, jn, p) + TI(p).$$

im designe le rang du noeud m sur le parcours p

jn designe le rang du noeud n sur le parcours p

Utilisons l'expression  $\theta(m, n, p)$  pour designer  $\theta(im, jn, p)$

les tests a faire pour etablir l'indicateur de possibilite sont les suivants :

1 -  $\tau(m, n) \geq [\theta(m, n, p) + TI(p)]_{\min}$ , alors  $I_p(m, n) = 1$

2 -  $\theta(m, n, p) < \tau(m, n) < [\theta(m, n, p) + TI(p)]_{\min}$ , alors  $I_p(m, n) = 2$

3 -  $\theta(m, n, p) \geq \tau(m, n)$ , alors  $I_p(m, n) = 3$ .

III - 4 - 2. Recherche des parcours concurrents :

Pour un couple de noeuds m et n, il suffit de voir combien de lignes passent par ces noeuds. on conserve tous les parcours concurrents si leur nombre ne depasse pas NLMAX, sinon on les range et on ne garde que les NLMAX premiers.

III - 5. Calcul de la repartition des usagers entre

les lignes concurrentes :

Supposons qu'entre deux noeuds quelconques m et n, il existe L(m, n) parcours concurrents. Il s'agit de calculer la proportion d'usagers prenant l'autobus sur l'une quelconque de ces lignes.

Considerons l'une quelconque de ces lignes concurrentes, nous la designons par l'indice l, nous allons calculer  $dRp(m, n, l)$ , valeur de  $Rp(m, n, l)$  pendant l'intervalle de temps compris entre t et t+dt.

Comme en fait il s'agit d'un calcul de probabilités,  $dR_p$  est le produit des probabilités de deux événements indépendants "A" et "B".

- Evénement "A" : Les usagers qui se présentent entre les instants  $t$  et  $t+dt$  prennent l'un des autobus de la ligne 1 si celui-ci se présente seul.

- Evénement "B" : Aucun des autobus des autres lignes concurrentes ne s'est présenté avant l'instant  $t$ .

Si on suppose que l'arrivée des usagers à une station est régulière, alors :

$$\text{Prob}(A) = \frac{dt}{T_1(1)}$$

$$\text{Prob}(B) = \prod_{i=1}^{L(m,n)} \left[ 1 - \frac{t}{T_1(i)} \right]$$

$dR_p(m,n,1)$  est égal à  $\text{Prob}(A) \cdot \text{Prob}(B)$

$$\text{donc } dR_p(m,n,1) = \frac{1}{T_1(1)} \prod_{\substack{i=1 \\ i \neq 1}}^{L(m,n)} \left( 1 - \frac{t}{T_1(i)} \right)$$

Comme il faut calculer  $R_p(m,n,1)$  pour toutes les lignes concurrentes sur le trajet  $m-n$ , il suffit d'intégrer  $dR_p$  entre 0 et  $T_{\min}$ , valeur minimum des temps d'intervalles  $T_1$  sur les lignes concurrentes.

$$\text{d'où : } R_p(m,n,1) = \int_0^{T_{\min}} \frac{1}{T_1(pk)} \prod_{\substack{i=1 \\ i \neq 1}}^{L(m,n)} \left( 1 - \frac{t}{T_1(i)} \right) dt$$

$L(m,n)$  designant le nombre de parcours concurrents sur le trajet  $m-n$  et  $p_k$  le parcours concurrent d'indice  $k$ .

III - 6. Calcul de la proportion d'usagers prenant l'autobus sur le trajet direct  $m-n$  :

$Ra(m,n)$  est la proportion d'usagers prenant l'autobus sur le trajet direct  $m-n$ .

$1 - Ra(m,n)$  designe alors la proportion de gens effectuant le trajet  $m-n$  a pied.

Soit  $z$  le temps d'attente,  $\tau$  le temps de trajet a pied,  $\theta$  le temps de trajet en autobus.

$Ra(m,n)$  peut s'ecrire :

$$Ra(m,n) = \text{Prob}(\tau > z + \theta) = \text{Prob}(z < \tau - \theta)$$

alors :  $Ra(m,n) = FR(\tau - \theta)$

Nous verrons dans le calcul de la fonction de repartition du temps d'attente que  $FR(t)$  a l'expression suivante :

$$FR(t) = 1 - \prod_{i=1}^{L(m,n)} \left[ 1 - \frac{t}{TI(i)} \right]$$

l'expression de  $Ra(m,n)$  s'en deduit aisement :

$$Ra(m,n) = 1 - \prod_{i=1}^{L(m,n)} \left[ 1 - \frac{\tau - \theta}{TI(i)} \right]$$

III - 7. Fonction de repartition du temps d'attente :

Soit  $FR(t)$  la fonction de repartition du temps d'attente. Si  $z$  designe le temps d'attente,  $FR(t)$  s'ecrit comme suit :

$$FR(t) = \text{Prob}(z < t) = 1 - \text{Prob}(z > t)$$

On peut écrire  $\text{Prob}(z > t)$  sous la forme suivante :

$$\text{Prob}(z > t) = \prod_{i=1}^{L(m,n)} \left[ \text{Prob}(z > t)_i \right]$$

$$\text{Prob}(z > t) = \prod_{i=1}^{L(m,n)} \left[ 1 - \text{Prob}(z < t)_i \right]$$

Comme  $\text{Prob}(z < t)_i = \frac{t}{\text{TI}(i)}$

$$\text{Alors } \text{Prob}(z > t) = \prod_{i=1}^{L(m,n)} \left[ 1 - \frac{t}{\text{TI}(i)} \right]$$

FR(t) s'écrit donc :

$$\text{FR}(t) = 1 - \prod_{i=1}^{L(m,n)} \left[ 1 - \frac{t}{\text{TI}(i)} \right]$$

III - 8. Temps d'attente moyen :

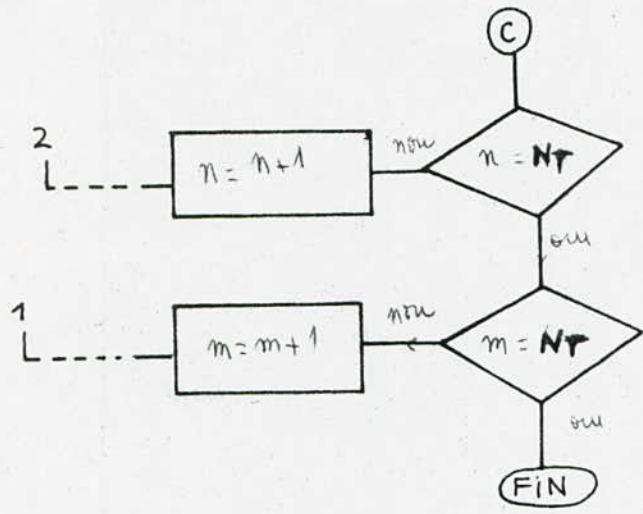
---

- Cas où  $I_p(m,n) = 1$  :

---

Soit  $E(z)$  le temps d'attente moyen. FR(t) étant la fonction de répartition du temps d'attente, on a par définition :

$$E(z) = \int_{-\infty}^{+\infty} t \cdot \text{FR}(t) \cdot dt$$



$$FR(t) = 0 \text{ pour } t < 0$$

$$FR(t) = FR \quad t < T_{\text{imin}}$$

$$FR(t) = 1 \quad t > T_{\text{imin}}$$

$T_{\text{imin}}$  étant le temps d'intervalle minimum sur les différents parcours.  $E(z)$  s'écrit alors :

$$E(z) = \int_0^{T_{\text{imin}}} t \cdot FR(t) \cdot dt$$

- Cas où  $I_p(m,n) = 2$  :

$E(z)$  a toujours pour expression  $\int_{-\infty}^{+\infty} t \cdot FR(t) \cdot dt$

$$FR(t) = 0 \text{ pour } t < 0$$

$$FR(t) = FR \quad t < \tau - \theta$$

$$FR(t) = \text{cte} \quad t > \tau - \theta$$

$E(z)$  s'écrit dans ce cas :  $E(z) = \int_0^{\tau - \theta} t \cdot FR(t) \cdot dt$

Si on observe bien les expressions de  $FR(t)$ ,  $R_a(m,n)$  et  $R_p(m,n,k)$

$$FR(t) = 1 - \prod_{i=1}^{L(m,n)} \left[ 1 - \frac{t}{T_I(i)} \right]$$

$$R_a(m,n) = 1 - \prod_{i=1}^{L(m,n)} \left[ 1 - \frac{\tau - \theta}{T_I(i)} \right]$$

$$R_p(m,n,k) = \int_0^{T_{Imin}} \frac{1}{T_I(p_k)} \prod_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^{L(m,n)} \left( 1 - \frac{t}{T_I(i)} \right)$$

Nous remarquons que ces trois expressions présentent un aspect commun, en fait ce sont des polynomes qui ont les memes coefficients .

Considerons (par exemple) l'expression de FR(t) :

$$FR(t) = 1 - \prod_{i=1}^{L(m,n)} \left( 1 - \frac{t}{T_I(i)} \right)$$

Supposons que sur le trajet (direct) m-n, il y ait trois parcours concurrents indices p1, p2 et p3 .

$$FR(t) = 1 - \prod_{i=1}^3 \left( 1 - \frac{t}{T_I(i)} \right)$$

$$FR(t) = 1 - \left( 1 - \frac{t}{T_I(p1)} \right) \cdot \left( 1 - \frac{t}{T_I(p2)} \right) \cdot \left( 1 - \frac{t}{T_I(p3)} \right)$$

$$\begin{aligned} FR(t) = & t \cdot \left( \frac{1}{T_I(p1)} + \frac{1}{T_I(p2)} + \frac{1}{T_I(p3)} \right) \\ & - t \cdot \left( \frac{1}{T_I(p1) \cdot T_I(p2)} + \frac{1}{T_I(p1) \cdot T_I(p3)} + \frac{1}{T_I(p2) \cdot T_I(p3)} \right) \\ & + t \cdot \left( \frac{1}{T_I(p1) \cdot T_I(p2) \cdot T_I(p3)} \right) \end{aligned}$$

Nous voyons que FR(t) peut s'ecrire sous une forme polynomiale dont les coefficients peuvent etre calcules facilement .



On peut écrire facilement  $FR(t)$  suivant l'expression suivante :

$$FR(t) = - \sum_{r=1}^{L(m,n)} \frac{E^{(r)}(ak)}{L(m,n)} \cdot (-t)^r$$

$L(m,n)$  étant le nombre de lignes de lignes concurrentes sur  $m-n$

$$ak = \frac{1}{TI(pk)}$$

$E^{(r)}(ak)$  : coefficients du polynome dependant de  $ak$   
 $L(m,n)$

de meme  $Ra(m,n)$  peut s'écrire sous la forme polynomiale suivante

$$Ra(m,n) = - \sum_{r=1}^{L(m,n)} \frac{E^{(r)}(ak)}{L(m,n)} \cdot (\theta - z)^r$$

$$Rp(m,n,k) = \frac{TI_{min}}{TI(pk)} \sum_{r=0}^{L(m,n)-1} \frac{1}{r+1} \cdot E^{(r)}(ak) \cdot (-TI_{min})^r$$

Ainsi on peut écrire l'expression du temps moyen d'attente sous la forme polynomiale :

- Cas ou  $Ip(m,n) = 1$  :

$$E(z) = \int_0^{TI_{min}} t \cdot FR(t) \cdot dt = W(TI_{min})$$

- cas ou  $Ip(m,n) = 2$  :

$$E(z) = \int_0^{\tau-Y} t \cdot FR(t) \cdot dt = W(\tau - Y)$$

W(t) a pour expression :

$$W(t) = - \sum_{r=1}^{L(m,n)} \left( \frac{1}{r+2} \right) \cdot E_{L(m,n)}^r (ak) \cdot (-t)^{r+2}$$

III - 9. Temps de trajet moyen sur chaque trajet direct :

Soit Y le temps moyen mis par l'ensemble des usagers qui se déplacent sur le trajet directs m-n en empruntant les différents parcours concurrents .

$$Y = \sum_{k=1}^{L(m,n)} R_p(m,n,k) \cdot \Phi(im,jn,k)$$

différents cas peuvent se produire :

1 -  $I_p(m,n) = 1$  :  $\bar{t}(m,n) = E(z) + Y$

2 -  $I_p(m,n) = 2$  :  $\bar{t}(m,n) = E(z) + R_a(m,n) \cdot Y + (1 - R_a(m,n)) \cdot Z(m,n)$

3 -  $I_p(m,n) = 3$  :  $\bar{t}(m,n) = Z(m,n)$

III - 10. Etude des trajets non directs :

- Recherche des noeuds de correspondance :

Etant donné deux noeuds quelconques o et d, il s'agit dans le cas où o et d n'est pas un trajet direct, de chercher tous les noeuds de correspondance entre o et d .

III - 11. Calcul de la "FONCTION OBJECTIF" :

La fonction objectif est le temps de trajet de temps moyen mis par l'ensemble des usagers pour aller a leur destinations respectives pendant la tranche horraire consideree. si TTPA designe la fonction objectif on a :

$$TTPA = \sum_{\substack{o=1 \\ d=1}}^{NT} OD(m,n) \cdot \bar{t}(o,d)$$

NT etant le nombre total de noeuds

III - 12. Calcul du nombre de passagers par trajet direct :

OD(m,n) etant la demande origine-destination.

Ra(m,n) la proportion de gens qui prennent l'autobus sur la ligne consideree .

Rp(m,n,k) le pourcentage d'usagers sur la ligne concurrente de rang k .

le nombre de passagers sur la ligne k, pour le trajet direct m-n, est :

$$OD(m,n) \cdot Ra(m,n) \cdot Rp(m,n,k)$$

le nombre de passagers sur le trajet direct m-n s'en deduit aisement :

$$PAS(m,n) = \sum_{k=1}^{L(m,n)} OD(m,n) \cdot Ra(m,n) \cdot Rp(m,n,k)$$

III - 13. Calcul des chargements a chaque inter-station :

partant d'un couple de noeuds (m,n), on fait intervenir Ip(m,n).

a. Ip(m,n)=1 :  $PAS(m,n) = \sum_{k=1}^{L(m,n)} OD(m,n) \cdot Rp(m,n,k)$

b. Ip(m,n)=2 :  $PAS(m,n) = \sum_{k=1}^{L(m,n)} OD(m,n) \cdot Ra(m,n) \cdot Rp(m,n,k)$

c.  $I_p(m,n)=3$  :

1. s'il n'y a aucun noeud de correspondance entre m-n alors :

$$\bar{t}(m,n) = \tau(m,n) \text{ et } PAS(m,n) = 0$$

2. il y a un noeud de correspondance entre m-n (le noeud Nd)

$$Nd = K(m,n) \text{ et } \bar{t}(m,n) = \bar{t}(m, Nd) + \bar{t}(Nd, m)$$

le nombre de passagers etant determine sur chaque trajet m-n , puis on calcule pour chaque boucle les chargements aux inter-stations en tenant compte des trajets avec noeuds de correspondance et on fait la somme des chargements pour chaque boucle. On determine ainsi pour chaque boucle le nombre de passagers qui prendraient l'autobus. Soit PASMAL(NL) le chargement maximal pour la boucle NL, alors le temps d'intervalle maximum sur la boucle NL est :

$$TIMAX(NL) = TRANCH. \frac{NBMPPB}{PASMAL(NL)}$$

TRANCH = tranche horaire consideree.

NBMPPB = capacite maximale d'un autobus.

### III - 14. Calcul du nombre d'autobus necessaire :

Pour calculer le nombre d'autobus necessaire pour vehiculer l'ensemble des usagers, il faut auparavant determiner le temps d'intervalle maximum sur chaque boucle .

le valeur de NBEC qui est le nombre d'autobus necessaire, est :

$$NBEC = \sum_{NL=1}^{BT} \frac{TR(NL)}{TIMAX(NL)}$$

A la fin de cette etude (chap.VI) ce nombre sera compare au nombre de vehicules dont dispose la compagnie

#### IV - Simulation et presentation des algorithmes :

---

Le programme de simulation est partage en plusieurs programmes, ces derniers sont lies entre eux par des fichiers (a acces sequentiels) .

Les fichiers sont remplis au cours de l'execution et sont lues a chaque fois que cela est necessaire .

Les algorithmes utilises sont generaux et applicables a n'importe quel reseau de transport urbain .

Le programme calcule principalement (en passant par des etapes intermediaires) le temps de parcours total (objectif) .

Le programme propose sert a simuler les reseaux a n'importe quelle tranche ,il suffit pour cela de modifier la tranche horraire et la matrice de demande ( OD(m,n) ) .

Le langage utilise est le langage BASIC (GW BASIC) .

#### III - 2. PRINCIPAUX ALGORITHMES DE SIMULATION :

---

Le programme de simulation comporte six algorithmes .

- Algorithme 1 : Cet algorithme calcule les "donnees deduites" auquel correspond le programme NISSA1 .cet algorithme est represente dans la FIG .1
- Algorithme 2 : Cet algorithme calcule les temps d'intervalles initiaux ( TI(p) ), auquel correspond le programme NISSA1 , cet algorithme est represente dans la FIG .2
- Algorithme 3 : Cet algorithme calcule les lignes concurrentes auquel correspond le programme NISSA2 .il est represente dans la FIG .3
- Algorithme 4 : Cet algorithme traite les trajets directs auquel correspond le programme NISSA3, il est represente dans la FIG .4

- Algorithme 5 : Cet algorithme calcule les noeuds de correspondances ,auquel correspond le programme NISSA4 ,il est represente dans la FIG 5.
- Algorithme 6 : Cet algorithme calcule principalement la fonction objectif ,auquel correspond les deux programmes NISSA5 et NISSA6 .il est represente dans la FIG .6

REMARQUE : Les algorithmes 1 et 2 sont melanges dans le programme  
----- NISSA1, l'algorithme 6 est partage en deux programmes  
NISSA5 et NISSA6

IV - 1. ALGORITHME DE CALCUL DES "DONNEES DEDUITES" :

---

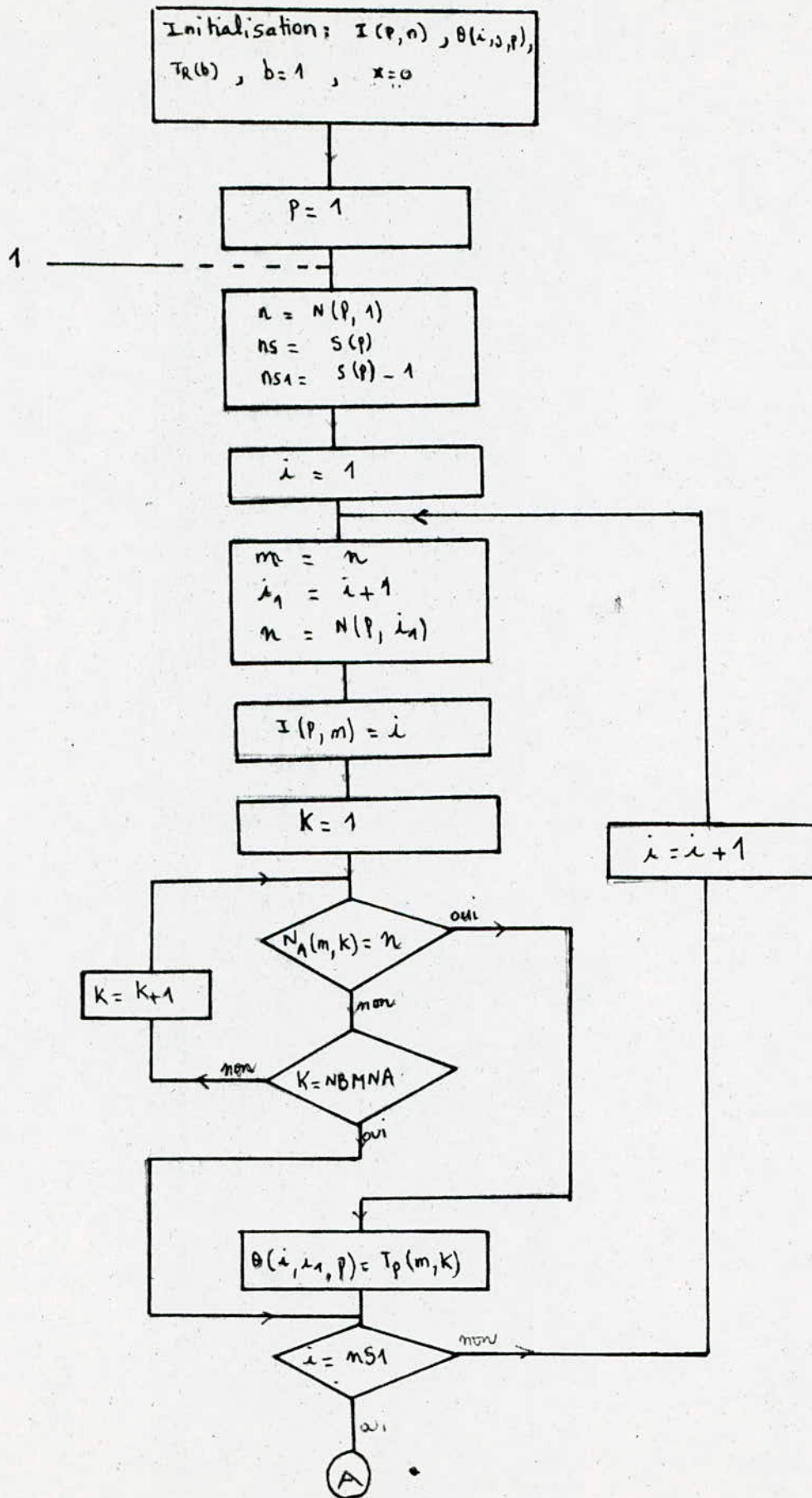
cet algorithme utilise les tableaux  $N(p,i)$ ,  $Tp(m,k)$  et  $Na(m,k)$   
le tableau  $N(p,i)$  nous donne le numero du noeud sur chaque  
parcours. Les tableaux  $Na(m,k)$  et  $Tp(m,k)$  nous donnent  
respectivement, les numeros des noeuds adjacents a un noeud a un  
noeud considere et les temps de parcours correspondants.

cet algorithme permet de calculer les temps de trajets moyens en  
autobus entre deux stations consecutives d'un parcours considere.

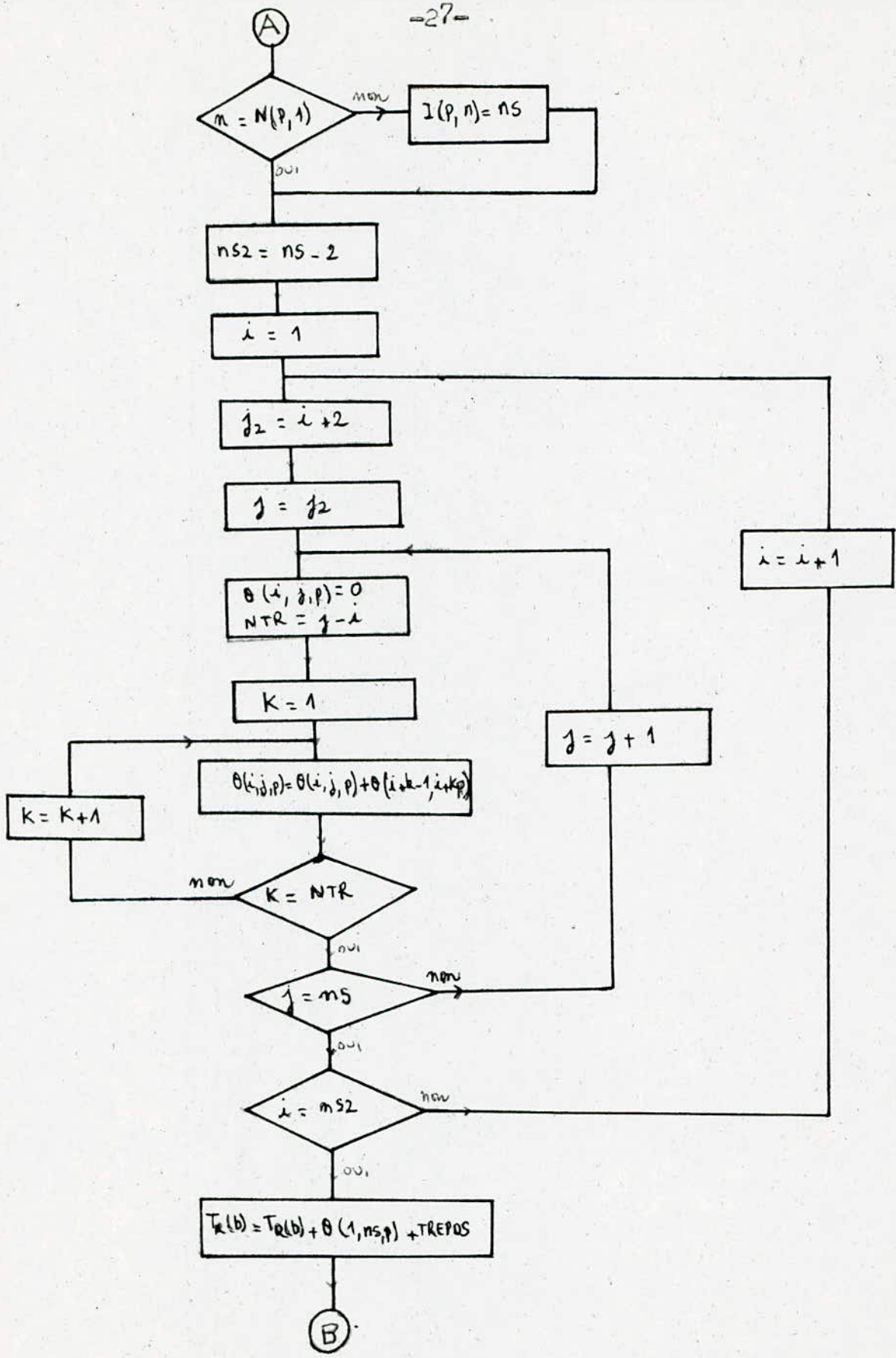
Il permet aussi de calculer les temps de trajets en autobus entre  
deux stations quelconques d'un parcours considere.

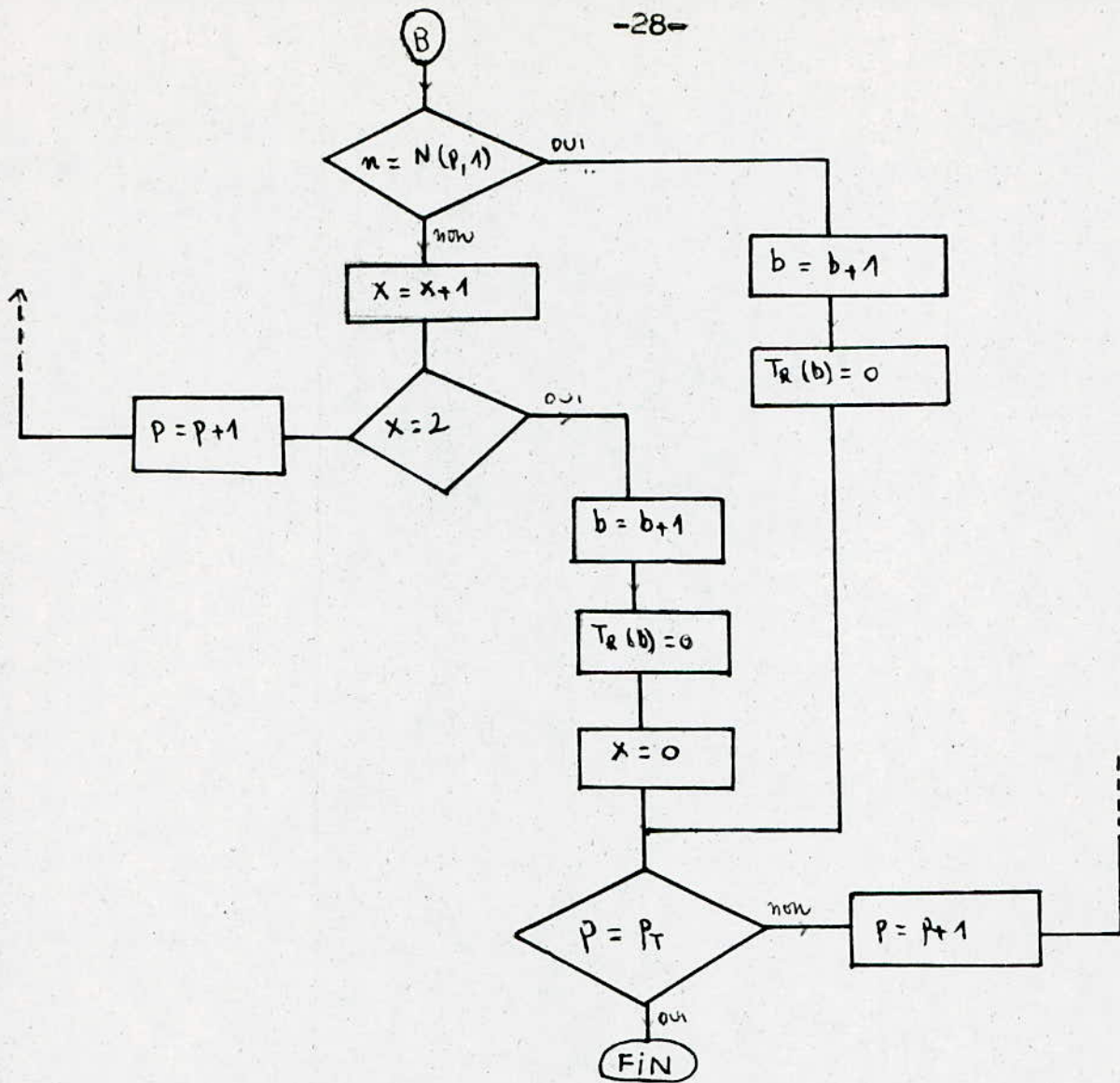
Il calcule aussi les temps de rotation  $Tr(b)$  sur chacune des  
boucles du reseau, et ce pour les cas ou la boucle est circulaire  
(un seul terminus) ou non circulaire (deux terminus), tout en  
prenant compte des temps d'arret aux terminus : TREPOS

Il determine aussi le rang de chaque noeud  $I(p,n)$  sur chaque  
parcours considere.









#### IV - 2. ALGORITHME DE CALCUL DES TEMPS D'INTERVALLES

##### INITIAUX :

Cet algorithme permet de calculer les temps d'intervalles initiaux de chaque parcours (  $TI(p)$  ).

Les lignes ALLER-RETOUR sont numerotees en premier .

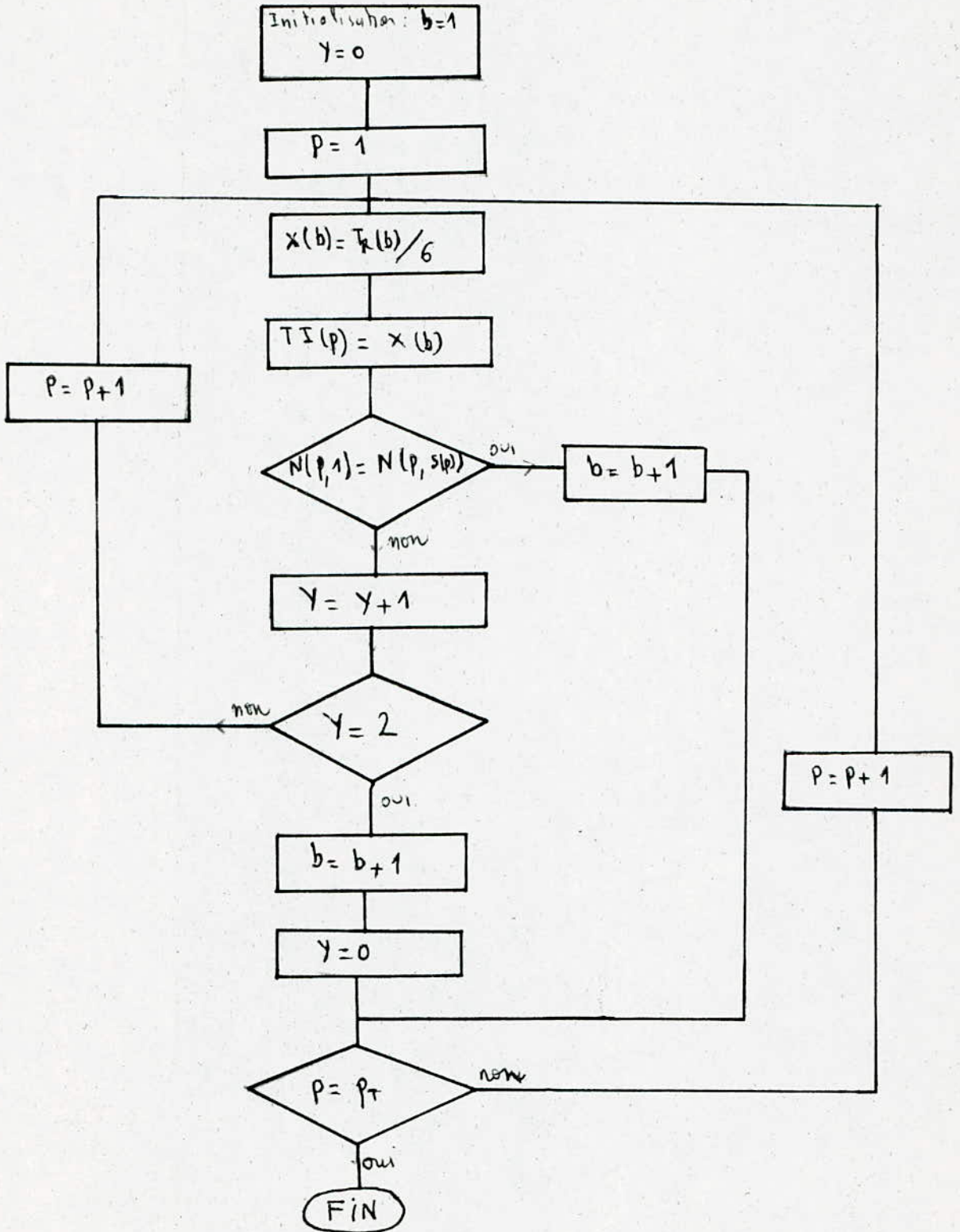
Le parcours ALLER et le parcours RETOUR sont numerotes par des nombres consecutifs , auxquels correspond une seule boucle .

Les lignes circulaires sont numerotes ensuite, a chaque ligne circulaire correspond deux parcours et deux boucles qui sont numerotes par des nombres consecutifs .

Cet algorithme utilise les temps de rotations des boucles, afin de calculer les temps d'intervalles initiaux  $TI(p)$ .

On a suppose que le nombre d'autobus sur chaque boucle est le meme (ce n'est qu'une hypothese simplificatrice).

Dans l'exemple propose au chapitre VI le nombre de bus par boucle est egal a quatre (04).



IV - 3 .ALGORITHME DE RECHERCHE DES LIGNES CONCURRENTES :

---

Pour un couple de noeuds (m,n), il s'agit de voir combien de lignes passent par ce couple et ce dans le sens m-n, donc voir si le trajet m-n est un trajet direct .

Connaissant les temps de marche a pied, les temps de trajet en autobus, et le ou les temps d'intervalle suivant q'une ou plusieurs lignes passent par m-n, cet algorithme effectue les tests pour determiner l'indicateur de possibilites  $I_p(m,n)$  .

Comme il peut passer plusieurs lignes par les noeuds m-n il faudra determiner le nombre  $L(m,n)$  et les numeros de ces lignes  $P(m,n,k)$  .

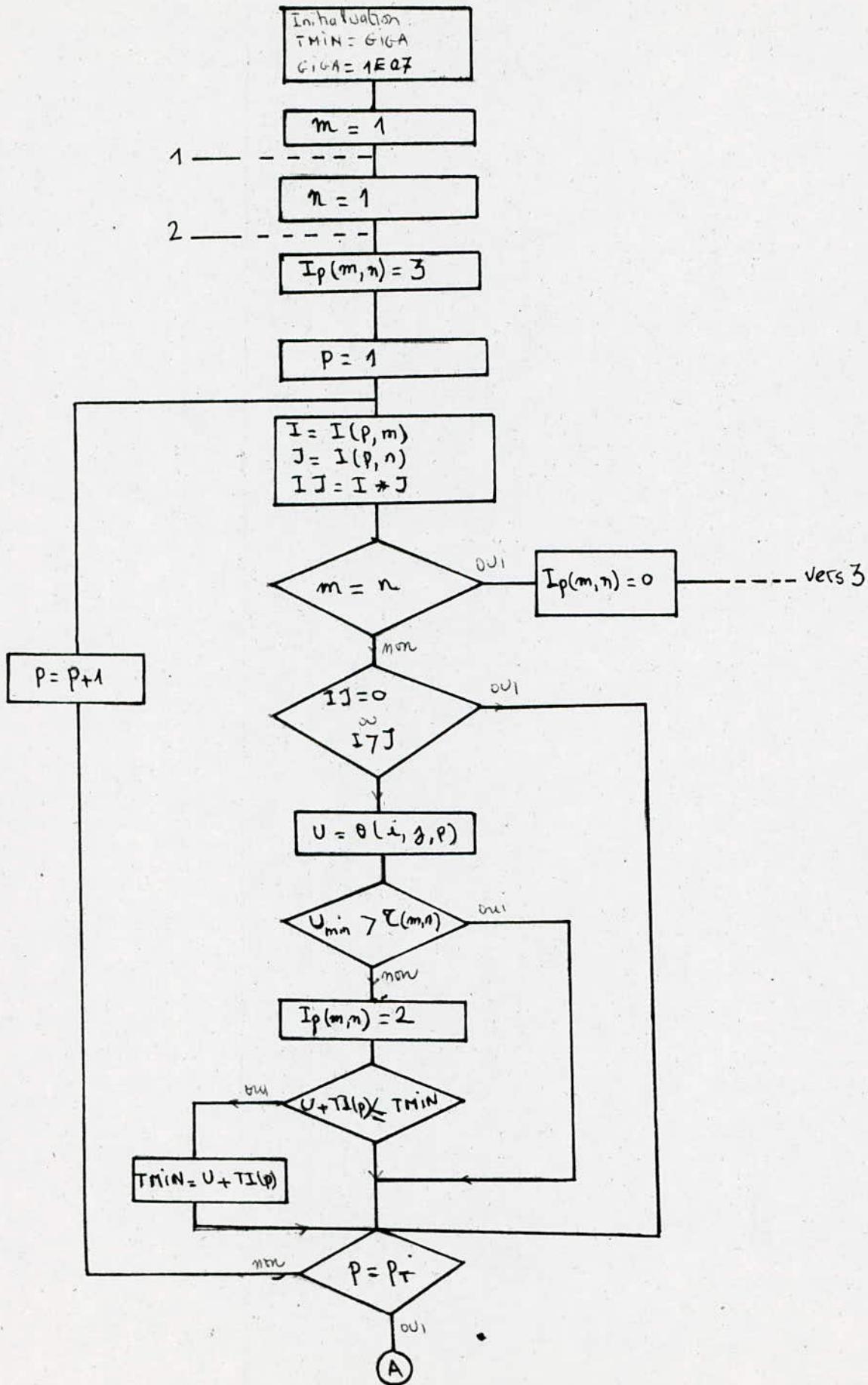
On s'est fixe au depart le nombre maximum de parcours concurrents NLMAX a conserver sur tout trajet direct, il est possible que  $L(m,n)$  soit plus grand que NLMAX, dans ce cas il faut ranger les parcours concurrents par ordre croissant en fonction des valeurs des expressions :

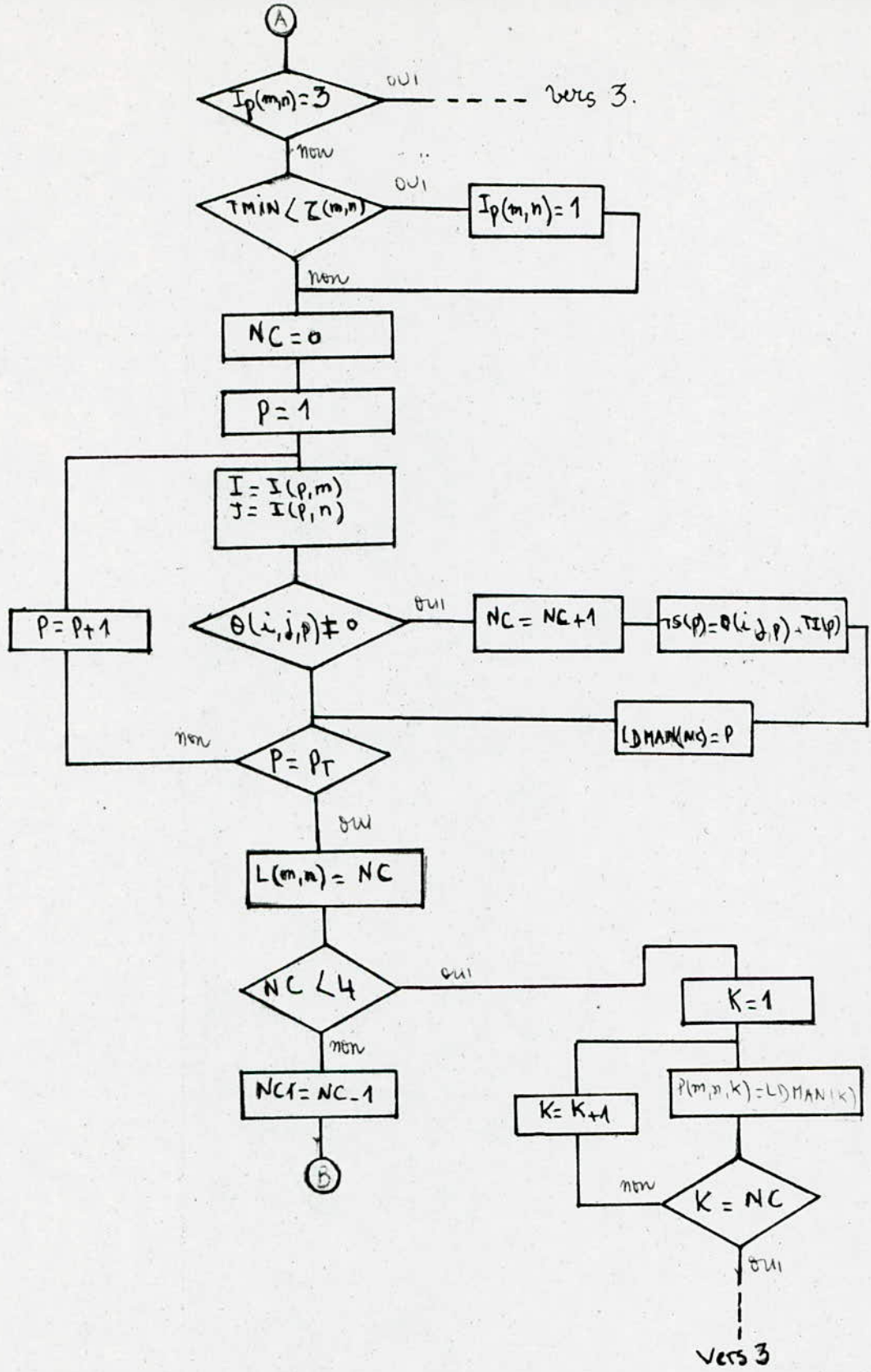
$$TS(p) = \theta (im, jn, p) + TI(p) .$$

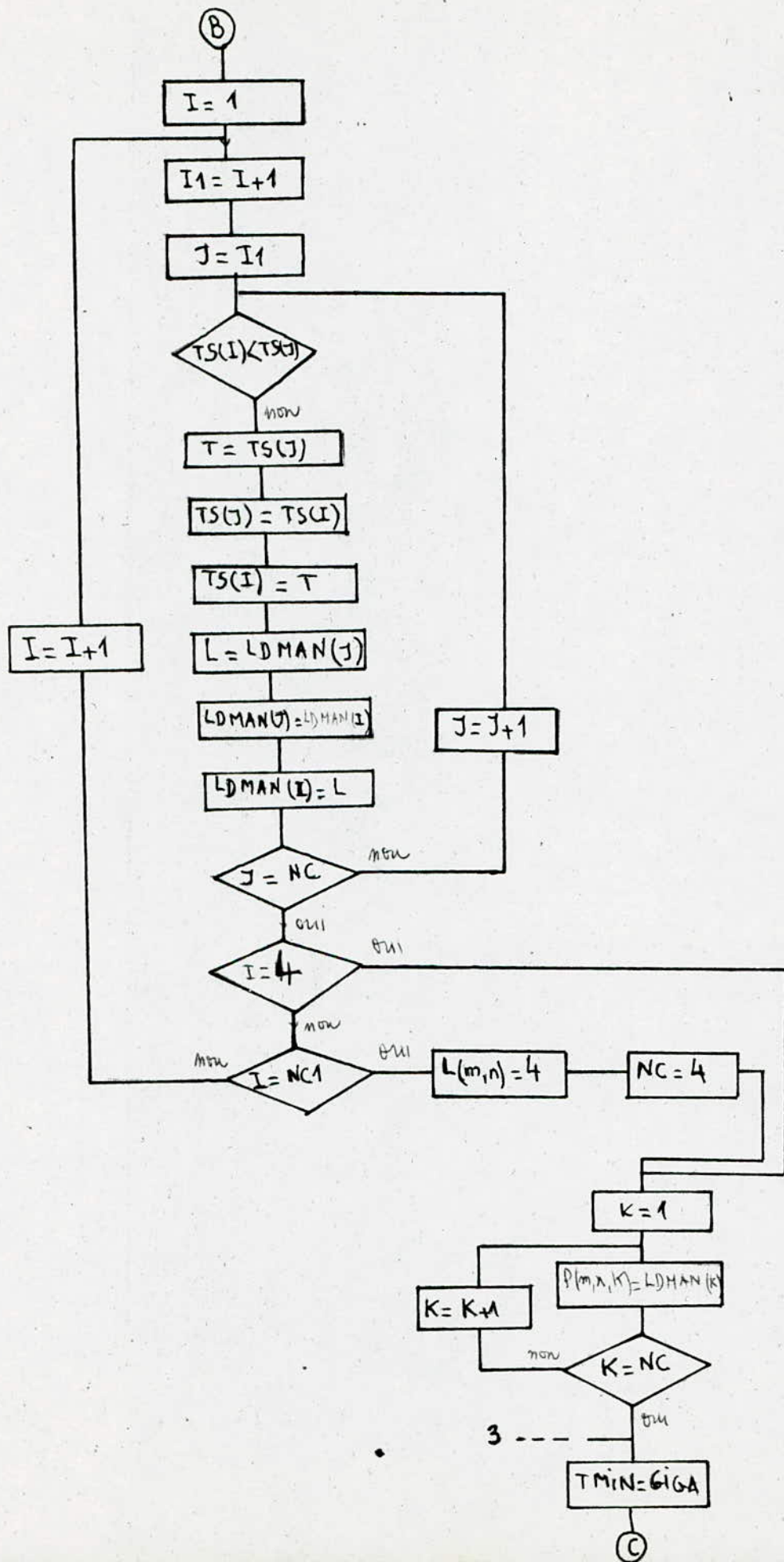
Ensuite il suffira de ne conserver que les NLMAX premiers parcours .

Dans l'exemple propose au chapitre VI NLMAX vaut quatre (04).

Algorithm time  $n^2 = 0$ .









IV - 4 Algorithme de traitement des trajets directs :

Connaissant la matrice de temps de marche a pied (introduite initialement) et les matrices  $I_p(m,n)$ ,  $L(m,n)$  et  $P(m,n,k)$  (calculés précédemment), l'algorithme suivant calcule en premier la répartition des usagers sur chaque parcours compris entre les  $L(m,n)$  parcours concurrents, puis le pourcentage des gens qui prennent le bus sur le trajet direct  $m,n$  et en fin le temps de trajet moyen (y compris les temps d'attente)

Nous remarquerons que le calcul de  $\bar{t}(m,n)$  diffère suivant les 2 cas :

1 - cas : Si  $L(m,n)$  vaut 1, 2 ou 3 les coefficients des polynomes

$E_{L(m,n)}^r(a_k)$  ne s'écrivent pas de la même façon. (voir chap III-8)

2 - cas : Si  $I_p(m,n)$  vaut 1, 2 ou 3 on voit alors que  $t(m,n)$  n'est pas défini de la même façon (voir chapitre III-9)

Remarque : Lorsque  $I_p(m,n)=3$  on a :

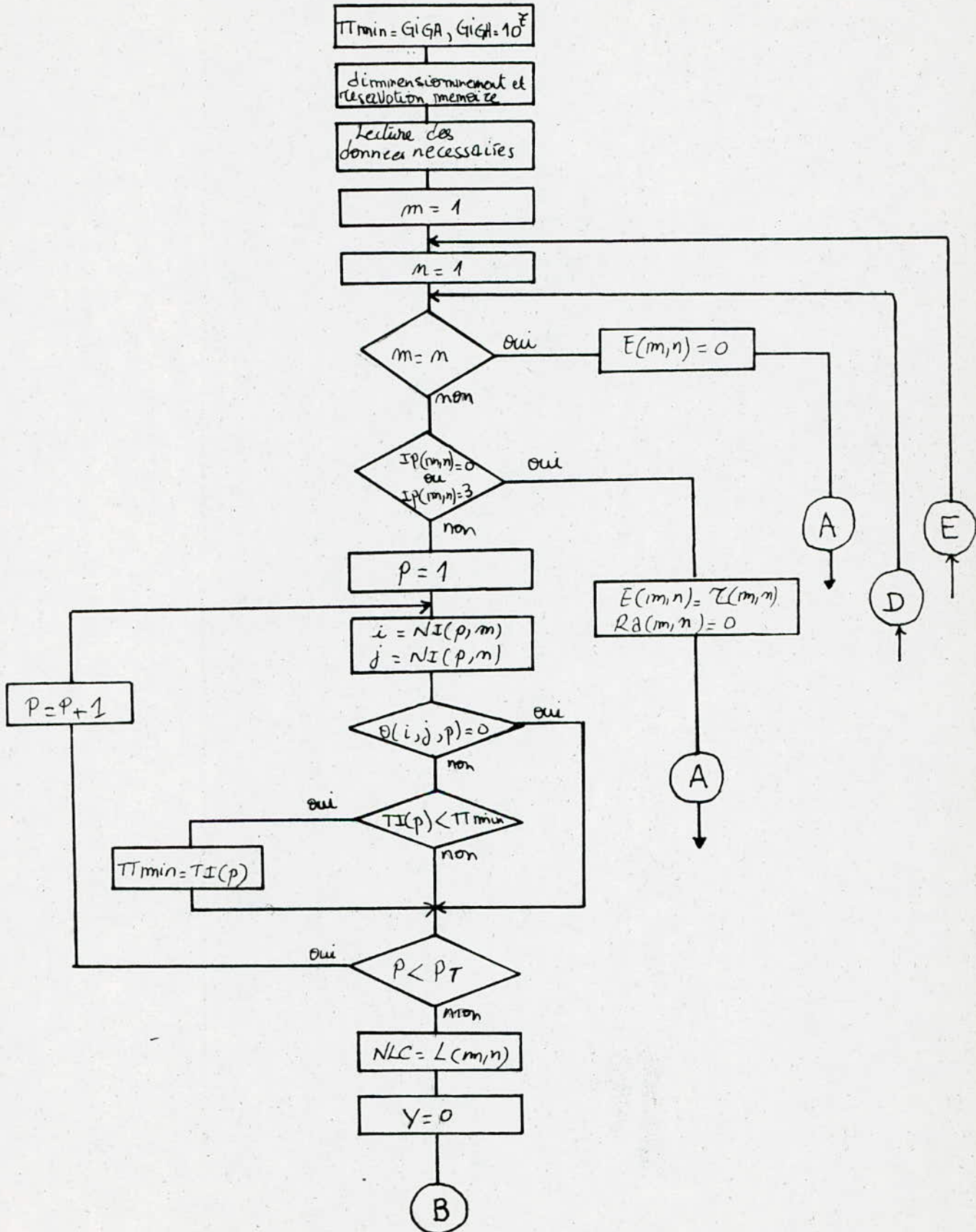
$$R_a(m,n) = 0$$

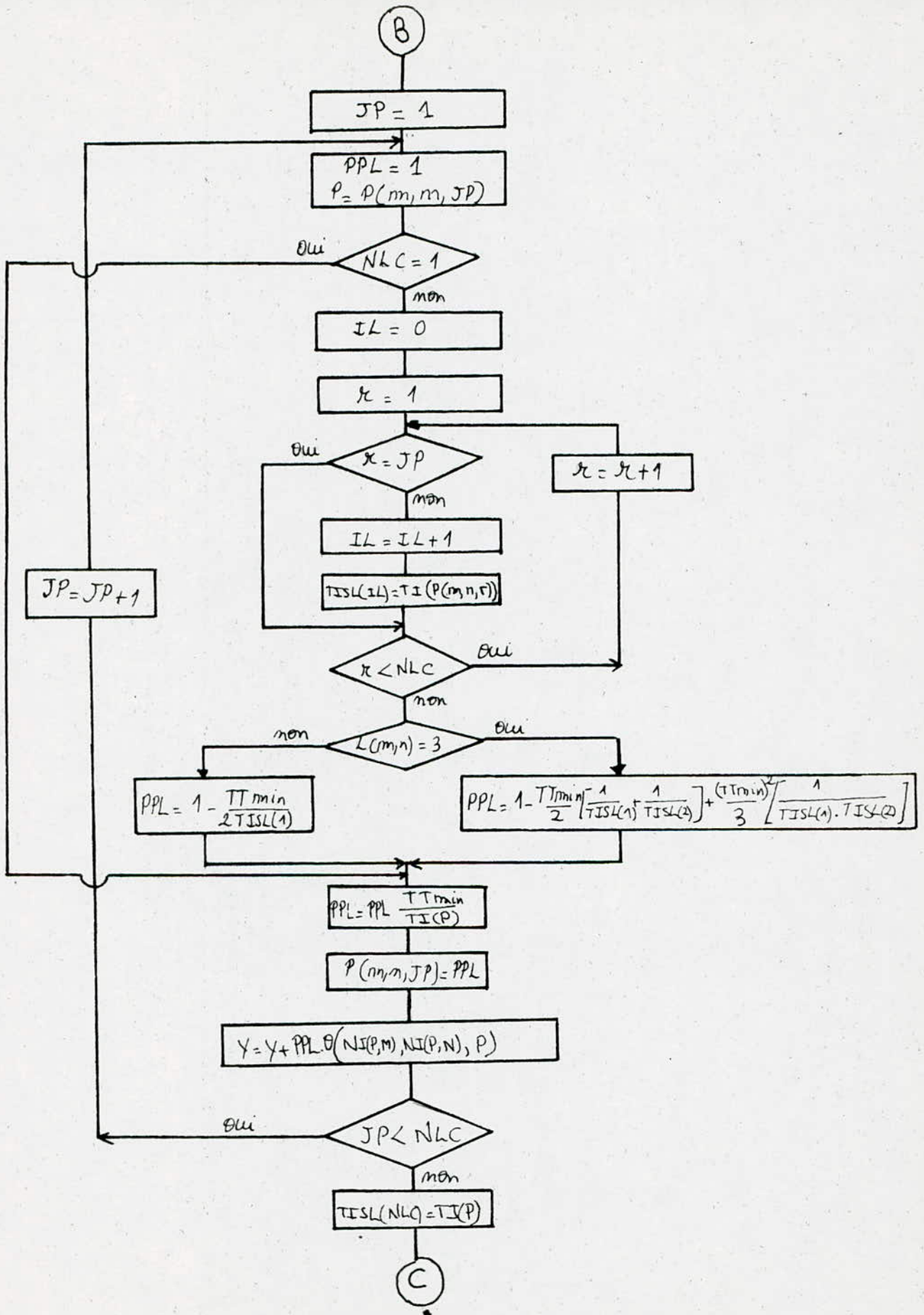
$$R_p(m,n,k) = 0$$

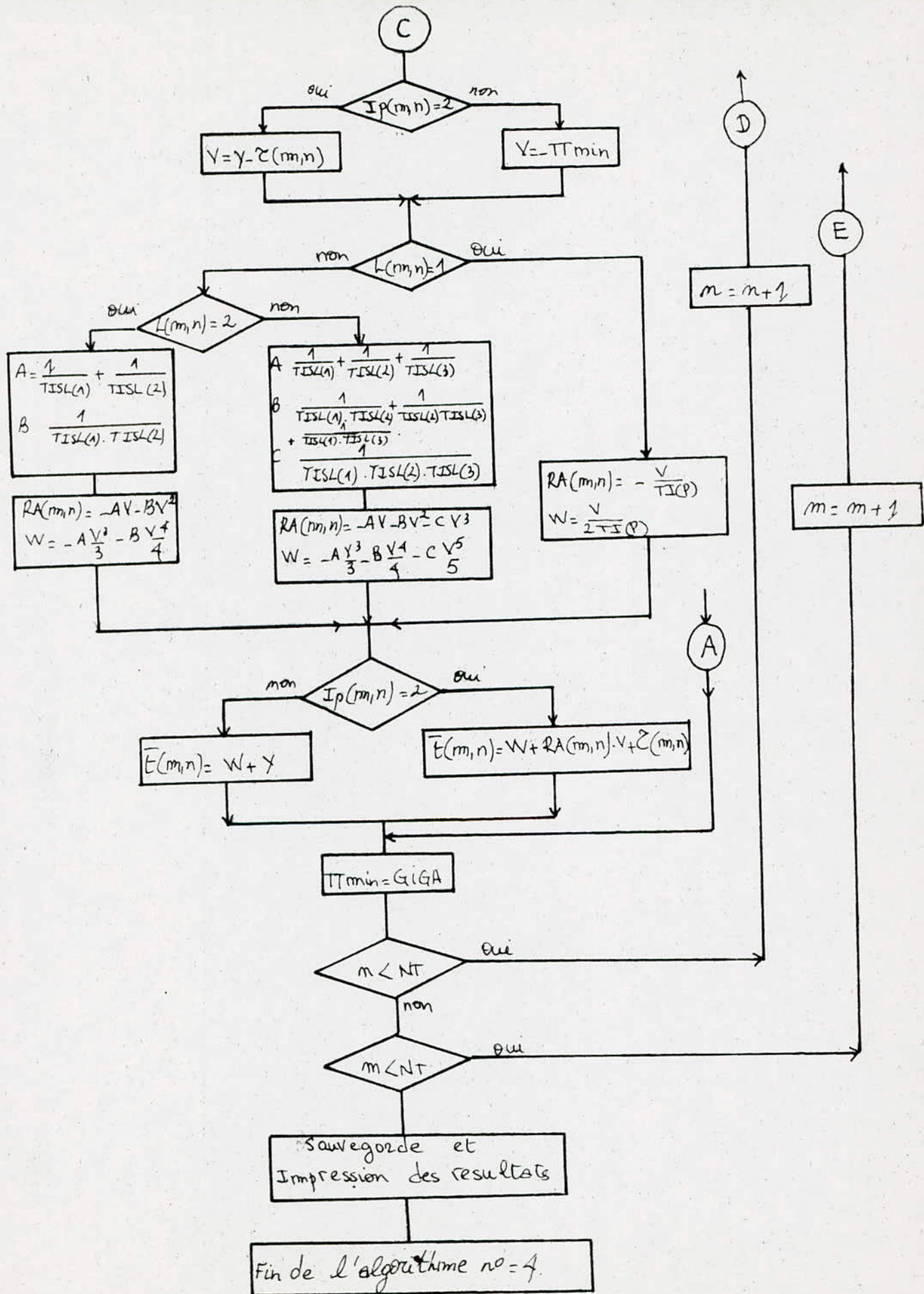
$L(m,n)$  n'est pas défini.

et  $\bar{t}(m,n)$  se réduit simplement à  $\tau(m,n)$ .

# algorithme n° 4







IV - 5. ALGORITHME DE RECHERCHE DES NOEUDS DE  
-----  
CORRESPONDANCE :  
-----

Cet algorithme permet de determiner tous les noeuds de correspondance entre un noeud origine  $n$  et un noeud destination  $n$ , lorsqu'aucune ligne ne les relie (le trajet est un "trajet-pied" il s'agira de l'ameliorer .

En fait cet algorithme essaye d'ameliorer en temps les trajets directs  $m-n$ , la procedure est la suivante :

Si pour un couple de noeud  $m-n$  l'algorithme trouve que :

$$\bar{t}(m,n) < \bar{t}(m,k) + \bar{t}(k,n)$$

Alors  $k$  est un noeud de correspondance noeuds ( $k$  est premier noeud de correspondance et que :

$$K(m,n) = k$$

$$\text{et } \bar{t}(m,n) = \bar{t}(m,k) + \bar{t}(k,n)$$

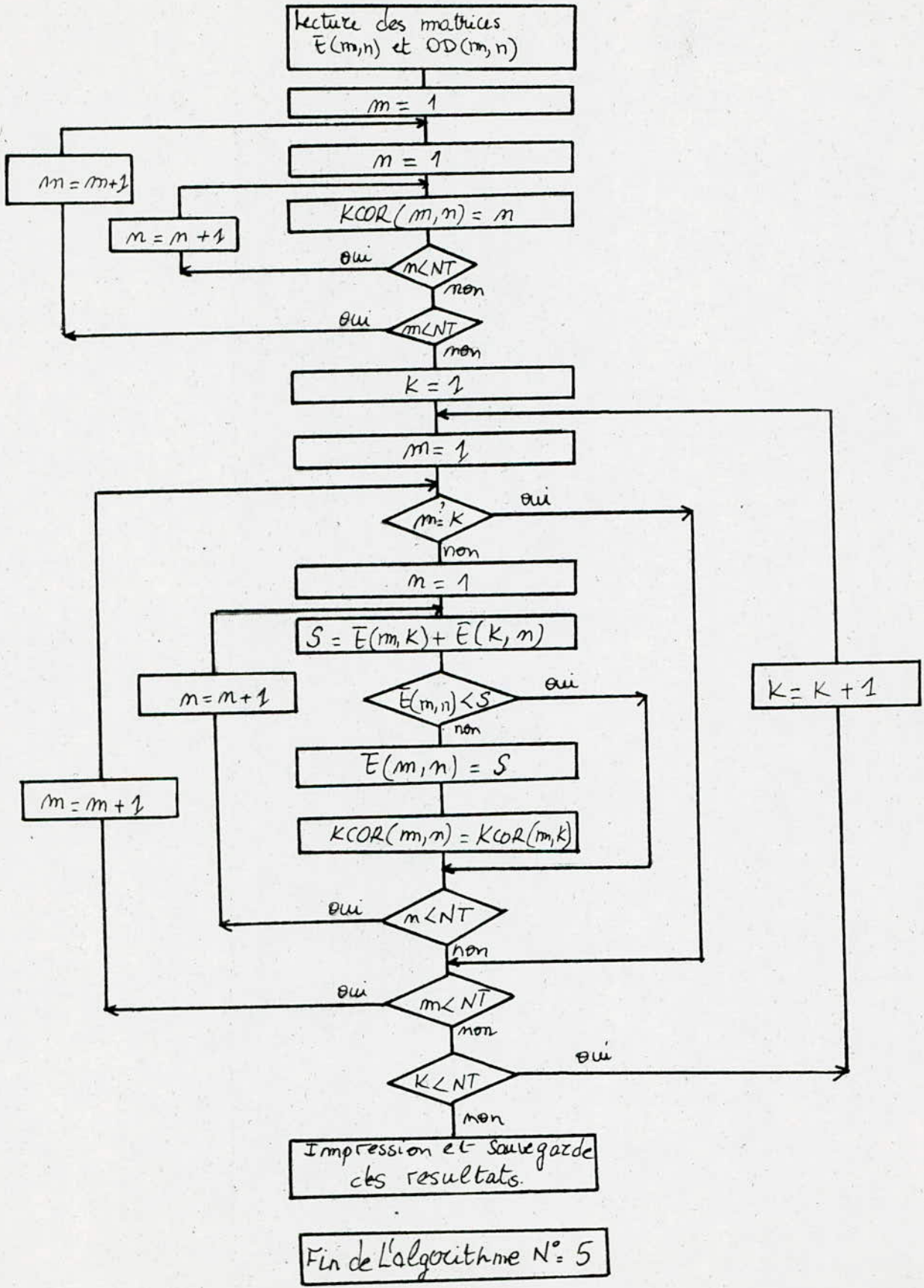
• Les resultats de cet algorithme sont les suivants :

- 1 - la matrice de correspondance  $K(m,n)$  (remplie au cours de l'execution).
- 2 - la matrice de temps moyen  $\bar{t}(m,n)$  se trouve changee (ou ameliorree) en cas de possibilite de correspondance.

Remarques :  
-----

- Il est evident que sur un trajet  $m-n$  on pourrait rencontrer plusieurs de correspondance.
- si  $m-n$  est un trajet direct  $K(m,n) = n$

# algorithme n°=5



IV - 6. ALGORITHME DE CALCUL DE LA FONCTION OBJECTIF :

---

Connaissant la matrice demande origine-destination  $OD(m,n)$  et la nouvelle matrice  $\bar{t}(m,n)$  calculee precedemment (algorithme 5) cet algorithme calcule en premier la valeur de la fonction objective suivant la relation :

$$TTFA = \sum_{m=1, n=1}^{NT} OD(m,n) \cdot \bar{t}(m,n)$$

Connaissant aussi les matrices  $K(m,n)$ ,  $Ra(m,n)$  et  $Rp(m,n,k)$  une routine de cet algorithme calcule le chargement a chaque interstation.

Et en fin il calculera le chargement maximum sur chaque boucle et il deduera les temps d'intervalles maximum sur chaque boucle et le nombre de bus necessaire sachant que :

$$TIMAX(B) = \frac{TRANH \cdot NBMPPB}{PASMAY(B)}$$

$TIMAX(B)$  : temps d'intervalle maximum sur la boucle B

$TRANH$  : tranche horaire consideree.

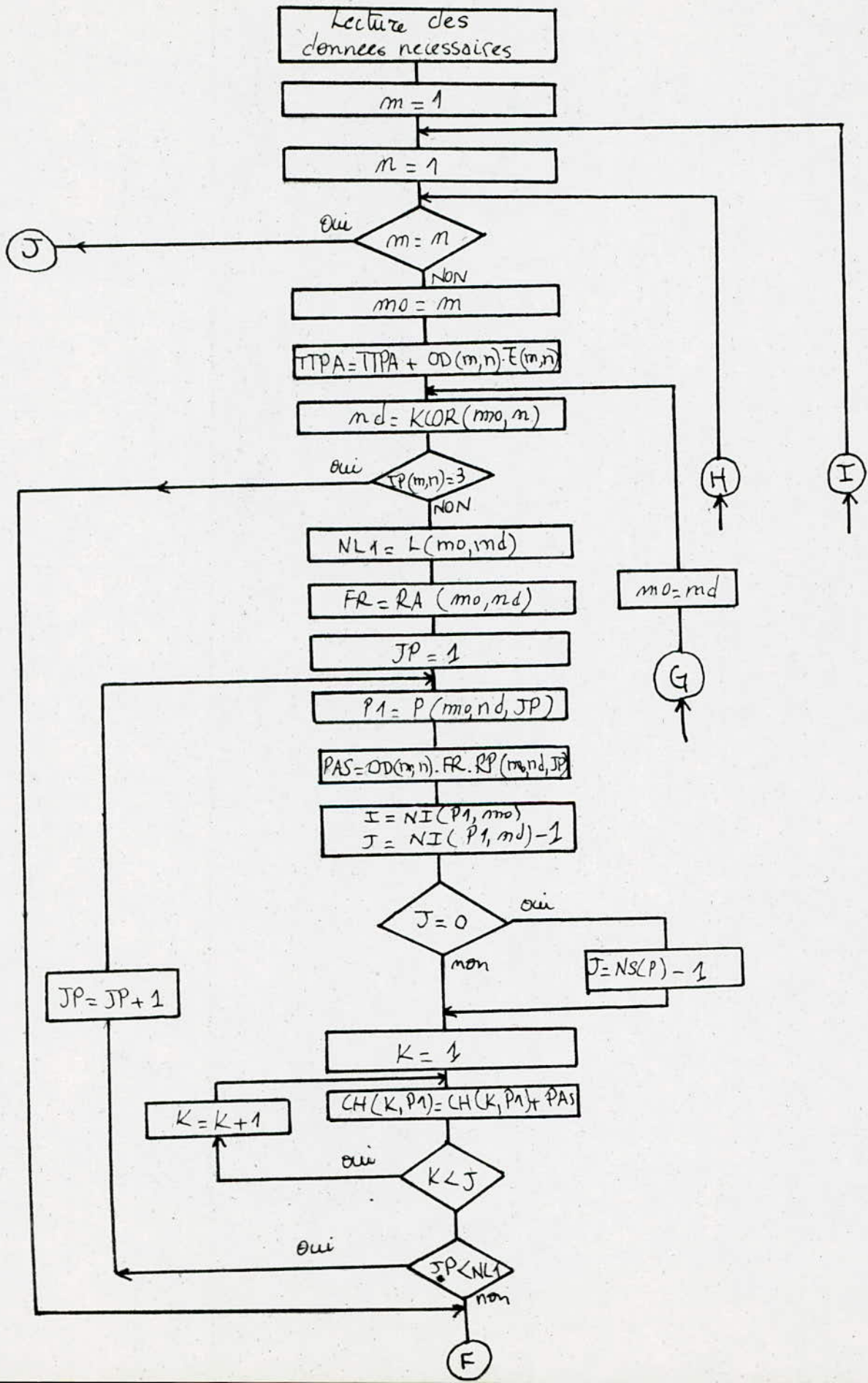
$PASMAY(B)$  : chargement maximal sur une station de la boucle B.

$NBMPPB$  : capacite maimale d'un autobus.

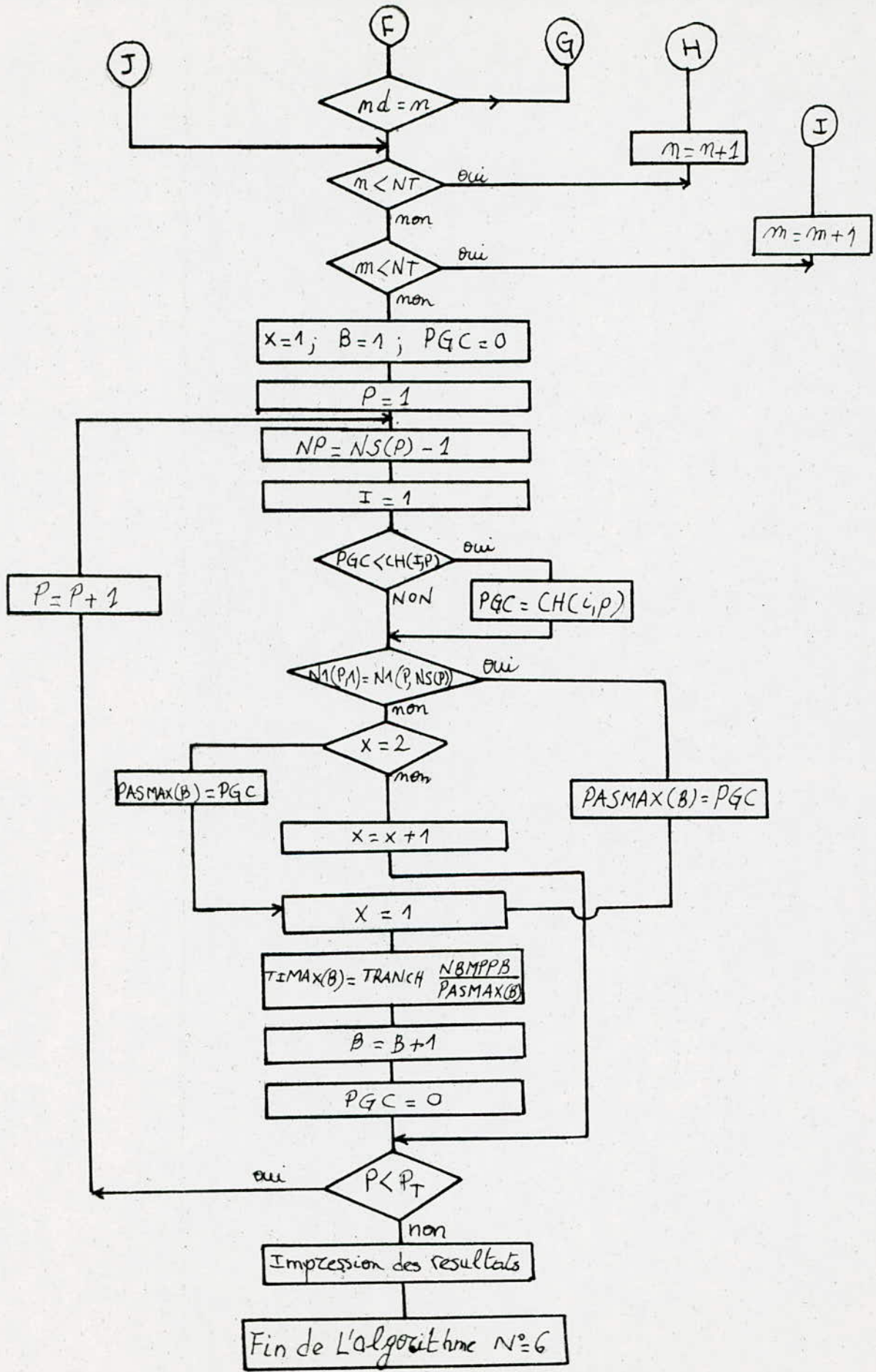
Le nombre de bus necessaire sera calcule de la relation :

$$NBEC = \sum_{B=1}^{BT} \frac{Tr(B)}{TIMAX(B)}$$

# algorithme n°6







V - Optimisation :

V - 1.Principe d'optimisation :

On appelle optimisation, ou meilleure facon de faire les choses : c'est l'ensemble des techniques mathematiques permettant de choisir, en fonction des criteres definis au prealable, des variables de decision.

Dans tout probleme d'optimisation, on retrouve les caracteristiques suivantes :

Une ou plusieurs fonctions objectifs (ou criteres), des variables de decision et des quantites d'informations disponibles pour le choix des variables de decision.

Pour ce qui est de notre cas on doit optimiser une seule fonction objective qui est le temps de parcours total (TTPA), notre probleme se ramene a trouver l'extremum de cette fonction, pour cela, differentes methodes existent et que nous verrons au cours de ce chapitre.

Tout d'abord nous definissons les problemes de la programmation non-lineaire.

FUNCTION OBJECTIF	CONTRAINTES	TYPE DE PROGRAMMATION
non-lineaire	lineaire	progra lineaire+contraintes
lineaire	non-lineaire	// // //
non-lineaire	non-lineaire	// // //

La programmation non lineaire est caracterisee par une fonction objective lineaire ou non et des contraintes lineaires ou non.

Le nombre de problemes de programmation non lineaire est tres grand.Leur resolution est relativement difficile car l'on se heurte a des difficultes mathematiques tres importantes.

Un programme non-lineaire quelconque s'ecrit de la facon suivante :

Trouver  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  tels que :

$Z = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$  soit minimum (ou maximum) avec les  $m$  inequations ou equations

$$h_i(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) < 0 \quad i=1, 2, \dots, n$$
$$=$$
$$\text{ou} > 0$$
$$=$$
$$\text{ou} = 0$$

Rappels concernant la recherche d'un minimum :

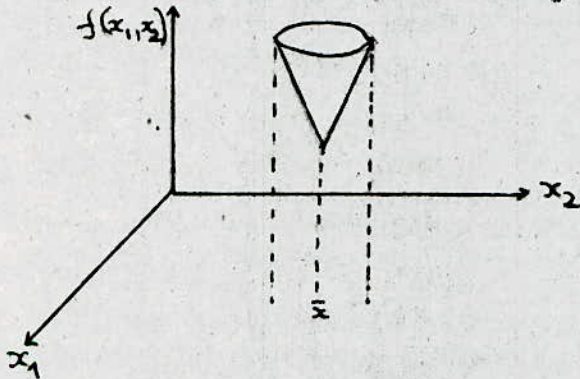
---

Definitions :

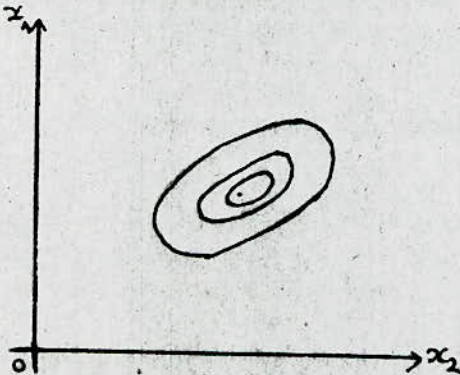
---

On considère le problème de la recherche d'un minimum  $\bar{x}$ <sup>n</sup>  
d'une fonction  $f(x)$  ou  $x \in \mathbb{R}^n$ .

Représentons le problème géométriquement pour  $n = 2$



On appelle "ligne de niveau" les lieux de  $f(x)=cte$ , on peut tracer quelques une pour  $f(x)$ .



Considerons un point  $X = A = [a_1, a_2, \dots, a_n]$  situe sur l'une de ces lignes de niveaux.

Si  $f(X)$  continue et continument derivable alors on peut developper en serie de TAYLOR  $f(X)$  au voisinage de  $A$ .

$$f(x) = f(A) + (x-A)^t \nabla f(x) \Big|_{x=A} + \frac{(x-A)^t}{2!} \nabla^2 f(x) \Big|_{x=A} \cdot (x-A) + \dots +$$

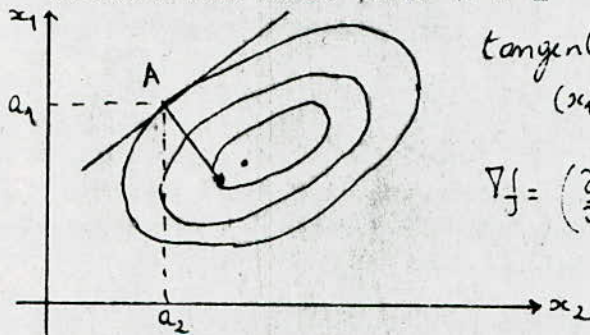
Si l'on retient que les termes en  $X-A$ , on obtient :

$$f(x) = f(A) + (x-A)^t \nabla f(x) \Big|_{x=A}$$

qui est l'equation du plan tangent en  $A$  a la courbe  $y = f(X)$ .  
L'equation d'une "ligne de niveau" etant defini :  $f(X) = f(A)$ .  
La ligne tangente a une ligne de niveau est donc :

$$(X-A)^t \nabla f(A) = 0$$

La perpendiculaire en  $A$  a cette direction est le gradient  $\nabla f$ .  
Illustrons ceci pour  $n = 2$



tangente d'equation :

$$(x_1 - a_1) \cdot \frac{\partial f}{\partial x_1} + (x_2 - a_2) \cdot \frac{\partial f}{\partial x_2} = 0$$

$$\nabla f = \left( \frac{\partial f}{\partial x_1}, \frac{\partial f}{\partial x_2} \right)$$

Conditions pour un minimum :

Pour qu'un point  $A$  soit minimum il faut et il suffit que :

$$f(A) < f(X) \text{ quelque soit } X \neq A$$

Un point  $A$  n'est un minimum que si les conditions necessaires du premier ordre :

$$\nabla f(A) = 0$$

et la condition du second ordre :

$$\nabla^2 f(A) \text{ definie positive.}$$

Rappel sur les matrices (carrées) définies positives :

pour tester si une matrice M est définie positive, on peut parmi les différentes méthodes utiliser l'une des deux suivantes :

- Les valeurs propres de M sont toutes positives :

$$\text{racines} \{ |M - \omega I| = 0 \} > 0 ;$$

- Les déterminants de M pris en chaîne sont tous positifs .

U - 2. méthode proposée :

Il existe plusieurs méthodes de recherches du minimum d'une fonction de n variables .

- Méthodes analytiques.
- // directes.
- // du premier ordre.
- // du deuxième ordre.

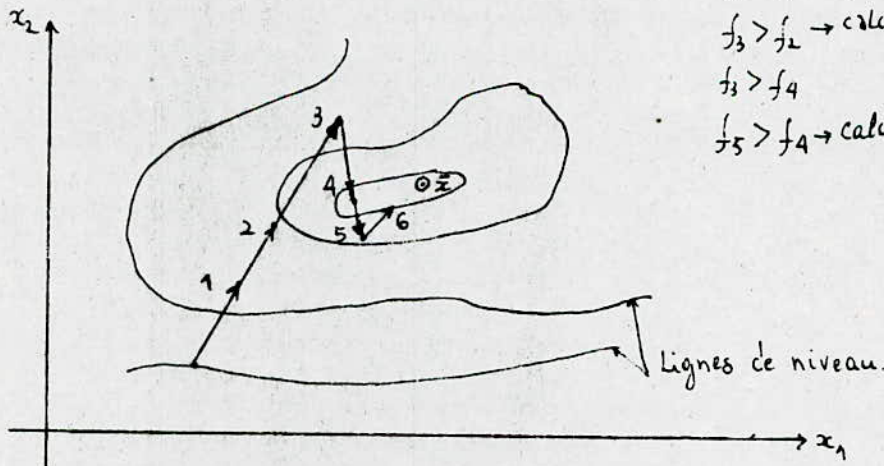
Dans notre cas nous avons retenu les méthodes du premier ordre, parmi elles nous trouvons la méthode du gradient.

Cette dernière nécessite le calcul de la fonction et du gradient. L'algorithme itératif est :

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} - t^{(k)} \cdot \nabla f(x^{(k)})$$

jusqu'à ce que  $\|\nabla f(x^{(k+1)})\| < \epsilon$ .

- $f_0 > f_1 > f_2$
- $f_3 > f_2 \rightarrow$  calcul gradient.
- $f_3 > f_4$
- $f_5 > f_4 \rightarrow$  calcul gradient.



principe de la méthode du gradient

Remarque

La méthode du gradient consiste à lineariser (développement limite au premier ordre) les contraintes et la fonction objectif autour d'un point donc c'est une méthode très approximative.

On a défini auparavant (dans le chap. II) que  $\bar{t}(m, n, k)$  est égal à

$$\alpha(m, n, k) = \frac{d\bar{t}(m, n)}{dTI(p)} \quad \text{pour } p = p(m, n, k).$$

Le gradient de la fonction objectif est le vecteur de composantes

$$\frac{dTTPA}{dTI(pk)}$$

et puisque  $TTPA = \sum_{m=1}^{NT} \sum_{n=1}^{NT} OD(m, n) \cdot \bar{t}(m, n)$

Alors on peut écrire  $\frac{dTTPA}{dTI(p)} = \sum_{m=1}^{NT} \sum_{n=1}^{NT} OD(m, n) \cdot \frac{d\bar{t}(m, n)}{dTI(p)}$

$$\text{et } \frac{dTTPA}{dTI(pk)} = \sum_{m=1}^{NT} \sum_{n=1}^{NT} OD(m, n) \cdot \frac{d\bar{t}(m, n)}{dTI(pk)}$$

Le gradient de la fonction a donc pour composantes :

$$\frac{dTTPA}{dTI(pk)} = \sum_{m=1}^{NT} \sum_{n=1}^{NT} OD(m, n) \cdot \alpha(m, n, k)$$

Les contraintes de notre problème sont :

$$TI(pk) < TMAX(pk) \quad \text{pour } k = 1, \dots, PT$$

$$\sum_{j=1}^{B=1} \frac{TR(j)}{TI(j)} < AT$$

Les temps d'intervalles maximum sont calcules par l'algorithme numero 6.

Le nombre de bus AT est calcule par la relation :

$$AT = NBEC = \sum_{b=1}^{BT} \frac{Tr(b)}{TIMAX(b)}$$

Pour chercher l'optimum de la fonction objectif on doit a chaque fois calculer le gradient et en meme temps respecter les contraintes.

Pour completer l'etude d'optimisation il faut elaborer un algorithme qui calcule l'optimum.

VI - Resultats et interpretation :

---

Nous avons considere, pour valider le modele de simulation, un reseau de transport urbain simple, imaginaire que nous appelons "RESEAU ESSAI"

Ce reseau est represente sur la fig.1

La simulation de ce reseau a ete faite sur OLIVETTI M24.

Le reseau ESSAI comporte :

-40 noeuds numerotes de 1 a 40

-14 parcours numerotes de 1 a 14

-7 lignes : 5 lignes aller-retour et 2 lignes circulaires

-9 boucles.

Les sens des parcours sont indiques par des fleches.

Les noeuds 10, 22, 26, 34, 1 sont des terminus, le noeud 5 est un terminus particulier, il l'est pour les parcours 13, 14, 1 et 2.

Les terminus sont indiques par la lettre T sur la fig.1

Nous avons simule le reseau ESSAI sur une tranche horaire de deux heures comprises entre 11h et 13h .

L' unite de temps est la minute.

Nous presentons les donnees propres au reseau ESSAI :

TREPOS = 15 mn (temps d'arret au terminus)

NBMNA = 5 (nombre maximum de noeuds adjacents)

NLMAX = 3 (nombre maximum de lignes concurrentes)

NBBUS = 54 (nombre de bus qui circulent sur le reseau)

NBTBUS = 60 (nombre de bus dont dispose la compagnie).

Le nombre de stations maximum sur un parcours est egal a 7.

NBMPPB = 70 (capacite maximum d'un autobus)

TRANCH = 13h - 11h = 120 mn

La matrice de demande  $OD(m,n)$  avec  $m$  et  $n$  variant de 1 a 40 est donnee dans le programme NISSA4.

La matrice des temps de marche a pied  $(m,n)$  est donnee dans le programme NISSA2 .

A partir de la fig.1 , nous pouvons deduire la matrice  $NS(p)$ , pour  $p$  variant de 1 a 14 .

p	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
NS(p)	3	5	7	5	7	7	6	6	7	5	7	7	5	5



Nous pouvons deduire aussi  $N_a(m,k)$  et  $N_1(p,i)$  .

p	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I														
1	1	5	1	10	1	22	1	26	1	34	1	1	5	5
2	6	4	7	9	7	21	7	27	29	35	40	37	16	14
3	5	3	8	18	8	20	8	28	30	36	38	36	15	15
4	0	2	13	17	13	19	24	18	31	37	39	39	14	16
5	0	1	12	1	12	18	25	17	32	1	36	38	5	5
6	0	0	11	0	23	17	26	1	33	0	37	40	0	0
7	0	0	10	0	22	1	0	0	34	0	1	1	0	0

tableau  $N_1(p,I)$ , p variant de 1 a 14  
I variant de 1 a 7

Les matrices  $N_a(m,k)$  et  $T_p(m,k)$  sont donnees par les tableaux suivants. (page suivante)

TaAbleau Na(m, k)

k	1	2	3	4	5
1	40	37	29	7	6
2	1	0	0	0	0
3	2	0	0	0	0
4	3	0	0	0	0
5	4	14	16	0	0
6	5	0	0	0	0
7	8	0	0	0	0
8	24	13	0	0	0
9	18	0	0	0	0
10	9	0	0	0	0
11	10	0	0	0	0
12	11	23	0	0	0
13	12	0	0	0	0
14	15	5	0	0	0
15	16	14	0	0	0
16	5	15	0	0	0
17	1	0	0	0	0
18	17	0	0	0	0
19	18	0	0	0	0
20	19	0	0	0	0
21	20	0	0	0	0
22	21	0	0	0	0
23	22	0	0	0	0
24	25	0	0	0	0
25	26	0	0	0	0
26	27	0	0	0	0
27	28	0	0	0	0
28	18	0	0	0	0
29	30	0	0	0	0
30	31	0	0	0	0
31	32	0	0	0	0
32	33	0	0	0	0
33	34	0	0	0	0
34	35	0	0	0	0
35	36	0	0	0	0
36	39	37	0	0	0
37	1	36	0	0	0
38	40	39	0	0	0
39	38	36	0	0	0
40	1	38	0	0	0

Tableau Tp(m, k)

K	1	2	3	4	5
1	15	20	10	8	7
2	13	0	0	0	0
3	14	0	0	0	0
4	15	0	0	0	0
5	17	12	12	0	0
6	12	0	0	0	0
7	11	0	0	0	0
8	3	5	0	0	0
9	6	0	0	0	0
10	7	0	0	0	0
11	5	0	0	0	0
12	8	5	0	0	0
13	7	0	0	0	0
14	9	12	0	0	0
15	10	9	0	0	0
16	12	10	0	0	0
17	15	0	0	0	0
18	14	0	0	0	0
19	8	0	0	0	0
20	7	0	0	0	0
21	8	0	0	0	0
22	6	0	0	0	0
23	10	0	0	0	0
24	9	0	0	0	0
25	10	0	0	0	0
26	11	0	0	0	0
27	8	0	0	0	0
28	9	0	0	0	0
29	10	0	0	0	0
30	7	0	0	0	0
31	6	0	0	0	0
32	4	0	0	0	0
33	5	0	0	0	0
34	6	0	0	0	0
35	8	0	0	0	0
36	9	8	0	0	0
37	20	8	0	0	0
38	10	11	0	0	0
39	11	9	0	0	0
40	15	10	0	0	0

On a suppose que la repartition des autobus est uniforme sur les differentes boucles : on a pris (06) bus par boucle donc (54) bus en circulation;

La matrice  $I(p,n)$  qui fournit le rang de chaque noeud sur chaque parcours est donne par le tableau.1 (p variant de 1 a 14 et N de 1 a 40).

Les parcours sont disposes suivant la ligne et les noeuds suivant la colonne.

Exemple :

$I(8,1) = 6$ : c-a-d le noeud 1 occupe le rang 6 sur le parcours 8.

Les temps de rotation, et les temps d'intervalles sont donnees respectivement par les tableaux  $Tr(b)$  et  $TI(p)$  (voir suite tableau.1)

Le tableau donnant le nombre de lignes concurrentes pour chaque couple m-n est represente par le tableau.2

La matrice  $L(m,n)$  est grande (1600 valeurs) on l'a divise en quatre parties.

Les lignes concurrentes sont numerotes dans le tableau  $P(m,n,k)$ .

Exemple :  $L(1,7) = 3$  (trois lignes concurrentes pour le trajet 1-7)

$P(1,7,1) = 3$  (premiere ligne concurrente pour le trajet 1-7).

$P(1,7,2) = 5$  (deuxieme // // )

$P(1,7,3) = 7$  (troisieme // // )

La matrice (indicateur de possibilites)  $I_p(m,n)$  est donnee par le tableau.3

Exemple : Si  $m=n$  alors  $I_p(m,n) = 0$

$I_p(1,7) = 1$  : tous les usagers effectuant le trajet 1-7 par bus

$I_p(1,9) = 3$  : tous les usagers effectuant le trajet 1-9 a pied.

$I_p(1,11) = 2$  : c'est un trajet mixte, certains prendront le bus , d'autres partiront a pied.

Le tableau  $Ra(m,n)$  donnant la proportion des usagers qui prennent le bus est represente par la tableau.7

Si  $m=n$  alors  $Ra(m,n) = 0$

si  $I_p(m,n)=1$  alors  $Ra(m,n) = 1$

si  $I_p(m,n)=2$  alors  $0 < Ra(m,n) < 1$

Exemple :  $R_a(1,2)=0$  car  $I_p(1,2) = 3$   
 $R_a(1,11)=0.36$  (  $I_p(1,11)=2$  ) donc :  
 36 % des usagers prennent le bus , les autres  
 soit 64 % partiront a pied.

Le tableau  $R_p(m,n,k)$  donnant la repartition des usagers sur les differentes lignes concurrentes est donne par le tableau.5

Exemple  $R_p(1,11,1) = 1$  ceci est evident car on a une seule ligne concurrente.  
 donc les 36 % des usagers prennent la ligne  $P(1,11,1)=3$   
 (  $L(1,11) = 1$  ).

La matrice donnant les noeuds de correspondance est represente par le tableau.8

Exemple :  
 $K(1,3) = 3$  ( 1-3 est un trajet direct )  
 $K(1,2) = 6$  le noeud 6 est le premier noeud de correspondance pour le trajet 1-2  
 $K(6,2) = 2$  donc 6 est le seul noeud de correspondance pour le trajet 1-2.

La matrice des temps de trajets moyens  $\bar{t}(m,n)$  est donnee par le tableau.6

Exemple de calcul de  $\bar{t}(m,n)$   
 prenons le cas du trajet 1-13 (  $L(1,13)=3$  )

$P(1,13,1) = 3$   
 $P(1,13,2) = 5$   
 $TI(3) = 19.33$  mn  
 $TI(5) = 22.33$  mn  
 $\Theta(1,4,3) = 24$  mn  
 $\Theta(1,4,5) = 24$  mn

ceci est un cas particulier car les parcours 3 et 5 ont une partie commune.

$\min ( \Theta(1,4,3)+TI(3), \Theta(1,4,5)+TI(5) ) = 19.33+24 = 43.33$  mn

$24 < (1,13) < 43.33$  alors  $I_p(1,13)=2$

Calcul de  $R_a(1,13)$  :

$$R_a(1,13) = 1 - \left( 1 - \frac{30-24}{19.33} \right) \cdot \left( 1 - \frac{30-24}{22.33} \right)$$

$$R_a(1,13) = 0.496$$

49.6 % prendront le bus. •

Calcul de  $R_p(1,13,k)$  :

---


$$R_p(1,13,1) = \frac{1}{TI(1)} \left( TT_{\min} - \frac{(TT_{\min})^2}{2 \cdot TI(2)} \right)$$

$$R_p(1,13,1) = \frac{1}{19.33} \left( 19.33 - \frac{(19.33)^2}{2 * 22.33} \right) = 0.567$$

$$R_p(1,13,2) = \frac{1}{22.33} \left( 19.33 - \frac{(19.33)^2}{2 * 19.33} \right) = 0.432$$

Calcul de  $\bar{t}(1,13)$  :

---

$$E(z) = \int_0^b t \cdot Fr(t) \cdot dt$$

$$FR(t) = 1 - \left( 1 - \frac{t}{19.33} \right) \cdot \left( 1 - \frac{t}{22.33} \right)$$

apres calcul  $E(z) = 6.09$  mn

$$\begin{aligned} t(1,13) &= E(z) + R_a(1,13) \cdot Y + (1 - R_a(1,13)) \cdot Z(1,13) \\ &= 6.09 + 0.496 * 24 + (0.504) * 30 \\ &= 33.114 \text{ mn} \end{aligned}$$

Les chargements aux interstations de chaque parcours sont donnees par le tableau.9

La fonction objectif c-a-d la temps de parcours total est  
 $TTPA = 1931545$  mn

Les chrgements maximum pour chaque boucle et les temps d'intervalle maximum sont donnees par le tableau.10

Calcul du nombre d'autobus necessaire :

---

On sous-entend par nombre de bus necessaire, le nombre de vehicules necessaire pour que tout le monde soit transporte

Le nombre de bus necessaire a chaque boucle est  $\frac{Tr(b)}{TIMAX(b)}$

Alors le nombre de bus total necessaire est :

$$\begin{aligned}
 \text{NBEC} &= \sum_{b=1}^9 \frac{\text{Tr}(b)}{\text{TMAX}(b)} \\
 \text{NBEC} &= \frac{108}{16} + \frac{116}{89} + \frac{134}{20} + \frac{128}{2} + \frac{114}{21} + \frac{88}{26} + \frac{88}{29} \\
 &\quad + \frac{58}{28} + \frac{58}{44}
 \end{aligned}$$

NBEC = 42 bus .

Le nombre de bus pris au debut est bon ( il est superieur a NBEC) donc le reseau est acceptable.  
 Neanmoins, l'affectation sur les differentes lignes n'est pas respectee, il suffit donc de la changer

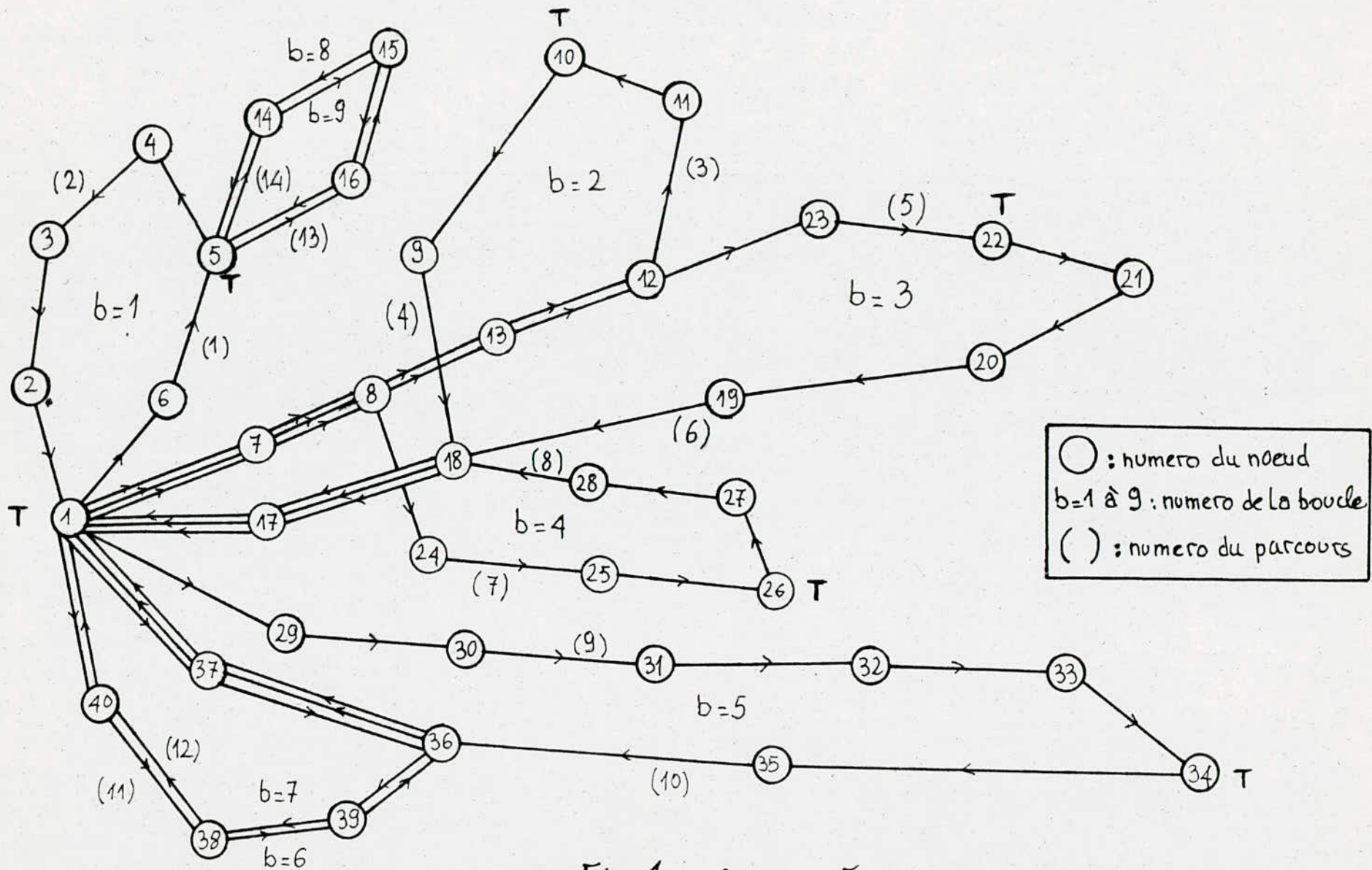
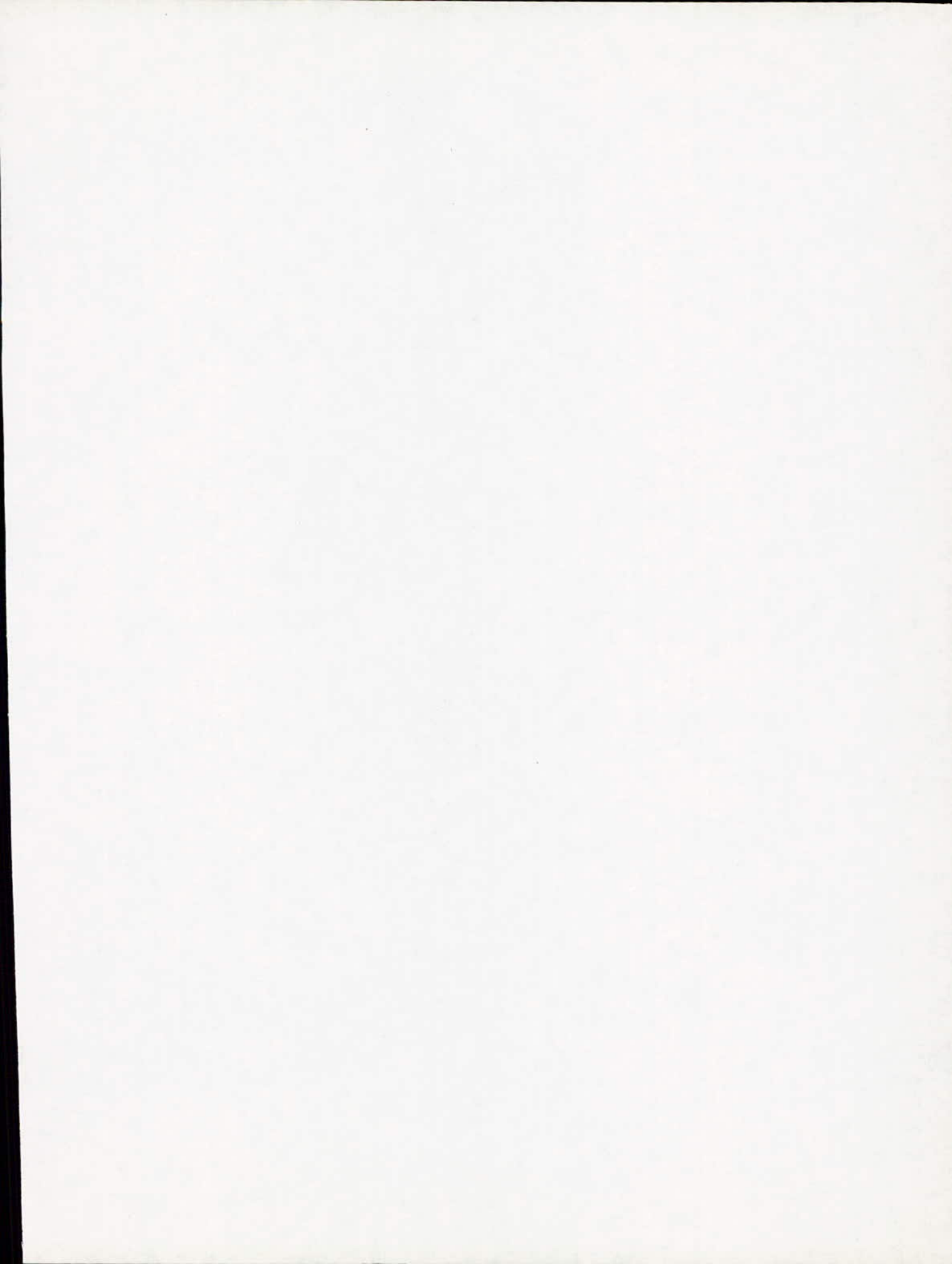


Fig. 1 - reseau Essai





1  
0  
0  
0  
3  
2  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0

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

1  
0  
0  
0  
2  
3  
0  
7  
6  
5  
4  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0

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

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

TABLEAU I (F, N)

7  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
6  
5  
4  
3  
2

1  
0  
0  
0  
2  
3  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0

6  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
5  
4  
0  
0

1  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0

5  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0

1  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0

1  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0

0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
4  
3  
2  
0  
0

0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
4  
3  
2  
0  
0

TABLEAU N°=1

SUITE DU TABLEAU I (P,N)

0	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	3	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	0	0

TABLEAU TR(B)

108 116 134 128 114 88 88 58 58

TABLEAU X(NL):

18 19.33333 22.33334 21.33334 19 14.66667 14.66667 9.666667  
9.666667

TABLEAU TI(P):

18 18 19.33333 19.33333 22.33334 22.33334 21.33334 21.33334 19  
19 14.66667 14.66667 9.666667 9.666667

SUITE TABLEAU N°-1

TABLEAU L (M, N)  
 POUR M DE 1 A 20, N DE 1 A 20

0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0

TABLEAU N° 2





SUITE DE L(M,N)  
POUR M DE 21 A 40, N DE 21 A 40

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABLEAU IP (M, N)																			
							POUR M DE 1 A 20, N DE 1 A 20												
0	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3
3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	3	3	3
3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	0	1	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	3	3	3	3	3	3	2	2	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	0	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	0

TABLEAU N° 3

SUITE DE IP(M,N)  
 POUR M DE 1 A 20, N DE 21 A 40

3	2	2	2	2	1	3	3	2	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	2	1	2	2	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3



SUITE DE IF (M, N)  
POUR M DE 21 A 40, N DE 1 A 20

3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

SUITE DE IP (M,N)  
 POUR M DE 21 A 40, N DE 21 A 40

0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	2	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	0	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	0	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	0	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	2	1	2	2	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	2	2	2	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	2	2	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	2	2	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	2	2	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	2	3	3	2	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	2	3	3	2	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	2	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	2	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	2	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	3	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	0
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	0





SUITE DE P(M, N, K)

K= 1 POUR M DE 21 à 40, N DE 1 à 20

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



TABLEAU P (M, N, K)

K= 2POUR M DE 1 à 20, N DE 1 à 20

0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	14	14	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0

SUITE DE P (M, N, K)

K= 2POUR M DE 1 à 20, N DE 21 à 40

0	5	5	5	5	5	0	0	5	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SUITE DE P(M,N,K)

K= 2 POUR M DE 21 à 40 , N DE 1 à 20

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SUITE DE P(M,N,K)

K= 2 POUR M DE 21 à 40 , N DE 21 à 40

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	11	11
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0















TBAR(M,N) POUR M DE 21 à 40, N DE 1 à 40

42 72 64 40 55 40 35 30 20 30 40 20 22 75 60 60 39.79851  
 28.90299 15 0 0 8 7 20 18 30 20 14 30 35 20 25 30 30 45 50  
 55 65 50 56 65 75 60 70 60 40 40 30 45 40 30 35 90 80 85  
 53.52986 40.12687 28.18657 6 7.910448 0 18 25 20 26 25 25 40 35  
 45 45 50 50 52 50 50 65 70 54 36 78 60 65 55 40 40 25 15 40  
 20 30 80 75 75 50 50 20 8 7 16.56717 0 20 20 35 26 26 40 38  
 35 45 50 42 51 51 60 65 55 30 51 57 70 50 45 26 6 15 30 35  
 25 6 50 40 40 15 7 3 12 20 25 20 0 8 26.10156 10 2 20 20 26  
 35 35 30 36 32 32 39 36 45 46 76 75 60 50 35 25 30 40 35 35  
 20 65 60 50 25 25 25 12 18 20 20 8 0 17.65625 2 12 25 20 20  
 35 35 30 35 40 45 50 50 67.40625 75 90 90 90 50 45 60 45 50  
 50 50 40 90 76 78 40 36.625 50 45 30 26 35 28 20 0 18.10156  
 29 55 50 30 15 25 30 35 45 50 60 55 44 44 85 70 60 45 40 30  
 35 40 40 35 20 65 60 60 24 19.78906 35 20 20 25 26 10 2 20 0  
 12.41406 20 15 13 26 27 26 19 25 35 40 30 36 40 60 60 50 40  
 25 7 30 35 40 20 8 45 45 45 15 8 5 20 14 25 26 2 12 35 13  
 0 16 12 12 20 20 24 20 20 26 30 25 11 26 45 45 45 20 6 8  
 25 35 60 35 35 40 40 40 4 18 30 45 30 40 40 20 25 55 20 16  
 0 7 21.34211 32.5 36.47369 40.55263 40 35 15 12 25 18 38 56 50  
 50 30 16 16 25 30 65 35 30 42 40 40 15 20 20 36 35 35 38 20  
 20 50 15 12 7 0 13.86842 22.39474 25.55263 25.57895 28 34 20 10  
 15 32 46 75 60 60 45 30 28 40 30 75 40 45 60 50 55 35 45 30  
 37 20 45 35 26 20 30 13 12 22 16 0 11.71053 11.89474 10 8 20  
 30 34 28 46 65 80 60 65 45 35 29 45 40 90 60 60 70 65 60 50  
 60 45 46 25 45 45 35 35 15 26 20 50 30 13 0 2 7 13 25 34  
 36 28 44 62 80 60 75 40 35 32 30 50 95 70 60 60 60 55 45 60  
 45 50 30 50 50 35 35 25 27 20 45 30 12 2 0 5.973685 15 20 30  
 32 35 36 55 70 55 70 40 30 30 30 45 85 70 45 60 60 50 40 60  
 46 48 30 50 42 30 30 30 26 24 45 26 10 7 6 0 4 10 27.05263  
 30 25 27 36 60 50 75 35 20 30 35 45 96 72 60 65 60 45 35 55  
 46 55 45 52 51 36 35 35 19 20 40 28 8 13 15 4 0 9.894738  
 19.57895 20 10 20 20 60 50 60 40 20 25 30 45 90 60 55 60 55  
 40 26 50 44 45 50 50 51 32 40 45 25 20 35 35 20 25 20 10 10  
 0 9.853269 15 7 10 26 45 45 45 40 15 18 45 40 90 60 50 50 60  
 40 30 35 44 65 55 50 60 32 45 50 35 26 15 20 30 34 30 28 20  
 9.863636 0 8 13 12 42 55 50 30 40 20 30 40 40 85 75 60 76 70  
 50 40 45 55 75 65 65 65 39 50 60 40 30 12 10 34 36 32 30 20  
 15 8 0 11.96591 26 40 60 50 50 60 22 26 35 45 95 75 75 78 75  
 65 50 45 40 70 50 70 55 36 50 55 30 25 25 15 28 28 35 25 10  
 7 13 11.96591 0 9 18 45 55 45 40 9 20 30 40 90 70 50 60 50  
 50 20 30 55 80 65 90 60 55 65 60 45 35 30 20 60 36 30 36 26  
 15 3 10 15 0

TBAR(M,N) POUR M DE 1 à 20, N DE 1 à 40

0 30 15 27 15 6 0 0 25 35 44.73276 43.7089 33.22388 30 40 45 8  
 16 24 31 42 53.7612 46.74628 28.5 40.40625 51.66667 44 36 10.97368  
 18 31.34211 41.55263 42.71053 36 27 20 10 12 26 5 0 10 22 12 1  
 17 32 30 50 65 70 66 38 47 60 29 37 50 55 72 65 36 51 46 75  
 44 40 26 38 46 65 62 55 36 20 26 42 40 15 10 0 17 2 15 22  
 24 20 32 40 44 42 17 26 32 31 30 42 52 64 75 78 57 76 90 85  
 60 45 56 75 80 80 70 60 60 45 55 60 27 22 16.88889 0 12 30  
 40 36 35 24 38 40 40 9 18 20 36 40 40 35 40 60 60 70 75 90  
 70 60 45 50 60 60 60 55 50 50 45 50 50 15 12 2 12 0 11 25  
 20 15 20 26 25 20 11.64832 60.43519 60.43519 26 20 32 40 55 70  
 65 50 60 90 60 50 45 50 60 65 75 70 75 60 45 30 50 6 1 15  
 30 11 0 6 15 15 30 45 40 30 40 45 40 15 25 35 40 40 60 55  
 45 50 50 45 40 20 30 45 45 45 40 40 35 40 40 40 17 22 40  
 25 6 0 0 15 25 37.90517 133.1664 83.46371 35 40 35 1 8 15 25  
 30 39.91045 36.77612 22.625 31.625 41.625 40 25 6 16 30 35 35 30  
 20 20 15 20 22 50 32 24 36 20 15 60 0 4 15 21.89655 29.10757  
 34.04272 30 40 36 6 1 6 20 30 36.21642 28.16667 5.789063 21.03907  
 32.66667 30 7 8 16 28 29 32 30 30 25 18 30 26 25 30 20 35 15  
 15 15 4 0 11 30 17 3 7 12 15 17 6 4 16 20 30 25 15 30 45  
 35 30 25 25 40 45 30 30 35 30 45 40 35 35 50 32 24 20 30 25  
 15 10.58621 0 12 3 7 15 7 2 35.62931 18.73276 25 25 30 45 15  
 30 40 50 40 35 35 30 30 40 50 45 45 40 40 45 46 65 40 38  
 26 45 40 22 30 10.73276 0 6 20 20 20 26 45 40 35 40 40 40  
 35 35 50 40 40 60 65 75 90 95 85 96 90 90 85 95 38 70 44 40  
 25 40 40 20 17 3 6 0 12 20 25 20 35 20 10 35 20 24.96269  
 14.96269 25 35 50 35 20 35 35 40 60 70 70 72 60 60 75 75 30  
 66 42 40 20 30 30 15 3 7 19.35345 13.53596 0 20 20 18 15 15 4  
 8 22 31.21642 22.74627 6 20 40 20 8 35 30 45 60 60 45 60 55  
 50 60 75 30 38 17 9 18 40 35 30 7 15 20 20 20 0 9.948276 10  
 40 40 35 16 75 90 80 50 65 90 65 45 40 42 60 70 60 60 65 60  
 50 76 78 40 47 26 18 33 45 40 40 12 7 20 25 20 9.948276 0 8  
 35 30 30 50 60 80 75 40 60 76 60 45 40 40 50 65 60 60 55  
 60 70 75 45 60 32 20 30 40 35 36 15 2 26 20 18 10 8 0 35  
 30 35 45 60 85 75 40 50 78 60 45 40 40 55 60 55 50 45 40 40  
 50 65 8 29 31 36 26 15 1 6 17 40 45 35 15 40 35 35 0 10 20  
 40 40 60 50 15 25 40 24 15 4 15 35 50 45 40 35 26 30 40 50  
 16 37 30 40 20 25 8 1 6 20 40 20 15 40 30 30 10 0 12 30 30  
 50 50 7 25 40 20 8 18 20 45 60 60 60 55 50 35 45 45 24 50  
 42 40 32 35 15 6 4 25 35 10 4 35 30 35 20 11.64179 0 17 15  
 30 20 3 25 50 35 5 30 20 30 45 45 46 46 44 44 55 40 31 55  
 52 35 40 40 25 20 16 25 35 8 16 50 45 40 29.97761 16.91045  
 7.977612 0 6 18 12 12 15 45 20 20 45 36 37 46 50 48 55 45 65  
 75 70 80

TABLEAU N° 0







TABLEAU CH(I,P)

0	0	0	0	0	0
0	500	0	0	0	0
0	0	94.2	94.2	94.2	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	40.8	25.8
40.2	0	412.8001	0	0	0
0	0	406.8	0	207	0
102.6	52.80001	0	0	0	0
37.8	18.6	396	339.6	61.80001	35.4
0	115.2	163.8	0	0	0

POUR VOIR LA SUITE DE CH(K,P), TAPEZ SUR LA BARRE D'ESPACE

0	315	61.80001	0	108	0
0	285	0	47.4	47.4	0
86.4	290	103.8	0	0	0
86.4	188	0	0	0	0

TABLEAU N° 9.

LA FONCTION OBJECTIF (EN MINUTES) EST TTPA= 1931545

POUR VOIR PSMAX(B) ET TIMAX(B)  
TAPEZ SUR LA BARRE D'ESPACE S.V.P.

TABLEAU PSMAX(B) ,B VARIANT DE 1 à 9

500 94 412 406 396 315 285 290 188

TABLEAU TIMAX(B) ,B VARIANT DE 1 à 9

16 89 20 20 21 26 29 28 44

OK

TABLEAU N°= 10.

- CONCLUSION :  
-----

Dans cette étude, nous avons établi un certain nombre d'algorithmes servant à décrire le processus et à calculer la fonction objectif. Le modèle que nous avons présenté est relativement général, mais il est loin de prendre en compte tous les aspects d'un réseau réel. D'une façon générale, ce modèle paraît être adapté à un premier degrossissage car il peut être applicable à un secteur du réseau de transport réel.

Le réseau peut être simulé à n'importe quelle heure de la journée. Pour cela il suffit de changer la matrice demande origine - destination.

Notons que pour définir correctement les différentes matrices: matrice demande origine - destination et matrice de temps de marche à pied, il importe d'effectuer des sondages et des enquêtes statistiques sur la répartition de la population sur toutes les lignes du réseau.

Dans un développement ultérieur de cette étude, nous pouvons envisager d'étendre le modèle proposé à plusieurs fonctions objectif. Parmi elles: problème de roulement des agents (affectation des agents sur les différentes lignes pour chaque jour calendaire) et minimisation de la somme des distances.

ANNEXE

VII - 1. Principales notations dans le programmes:

CH(I,P)	CH(I,P) :	chargement a l'interstation I sur le parcours P
IP(M,N)	Ip(m,n)	
KCOR(M,N)	Kcor(m,n)	
L(M,N)	L(m,n)	
NI(P,I)	Ni(p,i)	
NA(M,K)	Na(m,k)	
NBMPPB	:	nombre maximum de passagers par autobus
NS(P)	:	nombre maximum de stations sur un parcours
NI(P,I)	Ni(p,i)	
OD(M,N)	OD(m,n)	
PASMAX(NL)	:	chargement max. sur la boucle b
P(M,N,K)	P(m,n,k)	
RA(M,N)	Ra(m,n)	
RP1(M,N)	Rp1(m,n)	
RP2(M,N)	Rp2(m,n)	
TBAR(M,N)	$\bar{t}(m,n)$	
TETA(I,J,P)	:	(i,j,k)
THO(M,N)	:	(m,n)
TI(P)	Ti(p)	
TIMAX(NL)	:	temps d'intervalle max sur la boucle b.
TP(M,K)	Tp(m,k)	
TTR(B)	Tr(b)	
X(NL)	X(b)	
TTPA		fonction objectif.
TREPOS		temps d'arrêt au terminus.
TRANCH		tranche horaire consideree.
NBEC		nombre de bus necessaire.

```

10 REM -----
20 REM -----PROGRAMME NISSAO-----
30 REM -----
40 REM*****DIMENSIONNEMENT*****
50 DIM NS(14),NA(40,5),TP(40,5),TR(9),N1(14,7),TETA(7,7,14),NI(14,40):X=0:CLS:SC
REEN 1:LOCATE 8,3:PRINT "LE PROGRAMME (LECTURE) EST EN TRAIN ":LOCATE 10,4:PRINT
"DE CHARGER LE FICHER (DONNEES)!!!"
60 REM*****ENTREE DES DONNEES*****
70 FOR P=1 TO 14 :FOR I=1 TO 7:READ N1(P,I):NEXT I:NEXT P
80 DATA 1,6,5,0,0,0,0,5,4,3,2,1,0,0,1,7,8,13,12,11,10,10,9,18,17,1,0,0,1,7,8,13,
12,23,22,22,21,20,19,18,17,1,1,7,8,24,25,26,0,26,27,28,18,17,1,0,1,29,30,31,32,3
3,34,34,35,36,37,1,0,0,1,40,38,39,36,37,1,1,37,36,39,38,40,1,5,16,15,14,5,0,0,5,
14,15,16,5,0,0
90 FOR P=1 TO 14:READ NS(P):NEXT P
100 DATA 3,5,7,5,7,7,6,6,7,5,7,7,5,5
110 TR(B)=0:B=1:PT=14:TREPOS=15: NBMNA=5
120 FOR M=1 TO 40
130 FOR K=1 TO 5:READ NA(M,K):NEXT K
140 NEXT M
150 DATA 40,37,29,7,6,1,0,0,0,0,2,0,0,0,0,3,0,0,0,0,4,14,16,0,0,5,0,0,0,0
160 DATA 8,0,0,0,0,24,13,0,0,0,18,0,0,0,0,9,0,0,0,0,10,0,0,0,0,11,23,0,0,0
170 DATA 12,0,0,0,0,15,5,0,0,0,16,14,0,0,0,5,15,0,0,0,1,0,0,0,0,17,0,0,0,0
180 DATA 18,0,0,0,0,19,0,0,0,0
190 DATA 20,0,0,0,0,21,0,0,0,0,22,0,0,0,0,25,0,0,0,0,26,0,0,0,0,27,0,0,0,0
200 DATA 28,0,0,0,0,18,0,0,0,0,30,0,0,0,0,31,0,0,0,0,32,0,0,0,0,33,0,0,0,0
210 DATA 34,0,0,0,0,35,0,0,0,0,36,0,0,0,0,39,37,0,0,0,1,36,0,0,0
220 DATA 40,39,0,0,0,38,36,0,0,0,1,38,0,0,0
230 FOR M=1 TO 40
240 FOR K=1 TO 5:READ TP(M,K):NEXT K
250 NEXT M
260 DATA 15,20,10,8,7,13,0,0,0,0,14,0,0,0,0,15,0,0,0,0,17,12,12,0,0,12,0,0,0,0
270 DATA 11,0,0,0,0,3,5,0,0,0,6,0,0,0,0,7,0,0,0,0,5,0,0,0,0,8,5,0,0,0,7,0,0,0,0
280 DATA 9,12,0,0,0,10,9,0,0,0,12,10,0,0,0,15,0,0,0,0,14,0,0,0,0,8,0,0,0,0
290 DATA 7,0,0,0,0,8,0,0,0,0,6,0,0,0,0,10,0,0,0,0,9,0,0,0,0,10,0,0,0,0,11,0,0,0,
0
300 DATA 8,0,0,0,0,9,0,0,0,0,10,0,0,0,0
310 DATA 7,0,0,0,0,6,0,0,0,0,4,0,0,0,0,5,0,0,0,0,6,0,0,0,0,8,0,0,0,0,9,8,0,0,0
320 DATA 20,8,0,0,0,10,11,0,0,0,11,9,0,0,0,15,10,0,0,0
330 REM*****DONNEES DE ALGORITHME N°3*****
340 DIM IP(40,40),L(40,40),P(40,40,2):GIGA=1E+07:THIN=GIGA
350 REM-----REPLISSAGE DU FICHER DONNEES-----
360 OPEN "D",#1,"DONNEES"
370 FOR P=1 TO 14:FOR I=1 TO 7:PRINT #1,N1(P,I):NEXT I:NEXT P
380 FOR P=1 TO 14 :PRINT #1,NS(P):NEXT P
390 PRINT #1,PT,TREPOS,NBMNA
400 FOR M=1 TO 40:FOR K=1 TO 5:PRINT #1,NA(M,K):NEXT K:NEXT M
410 FOR M=1 TO 40:FOR K=1 TO 5:PRINT #1,TP(M,K):NEXT K:NEXT M
420 FOR N=1 TO 40:FOR M=1 TO 40:PRINT #1,THD(M,N):NEXT M:NEXT N
430 CLOSE #1
440 LOCATE 18,5:PRINT "LE FICHER (DONNEES) EST REMPLI."
450 END

```

```

10 REM-----
20 REM-----PROGRAMME NISSA1-----
30 REM-----
40 REM*****DIMENSIONNEMENT*****
50 DIM NS(14),NA(40,5),TP(40,5),TR(9),N1(14,7),TETA(7,7,14),NI(14,40):X=0:CLS:SC
REEN 1:LOCATE 12,5:PRINT "LES CALCULS SONT EN COURS !!!"
60 TR(B)=0:B=1
70 REM ----- LECTURE DU FICHIER DONNEES CONTENANT -----
80 REM ----- N1(P,I),NS(P),TREPOS,NBMNA,NA(M,K),TP(M,K) -----
90 OPEN "I",#1,"DONNEES"
100 FOR P=1 TO 14:FOR I=1 TO 7:INPUT #1,N1(P,I):NEXT I:NEXT P
110 FOR P=1 TO 14 :INPUT #1,NS(P):NEXT P
120 INPUT #1,PT,TREPOS,NBMNA
130 FOR M=1 TO 40:FOR K=1 TO 5:INPUT #1,NA(M,K):NEXT K:NEXT M
140 FOR M=1 TO 40:FOR K=1 TO 5:INPUT #1,TP(M,K):NEXT K:NEXT M
150 CLOSE #1
160 REM*****CALCUL DU TABLEAU NI(P,M)*****
170 NL=1
180 FOR P=1 TO 14
190 N=N1(P,1)
200 NS=NS(P)
210 NS1= NS(P)-1
220 FOR I=1 TO NS1
230 M=N:I1=I+1:N=N1(P,I1):NI(P,M)=I
240 FOR K=1 TO 5
250 IF NA(M,K)=N THEN GOTO 270
260 NEXT K
270 TETA(I,I1,P)=TP(M,K)
280 NEXT I
290 IF N=N1(P,1) THEN GOTO 310
300 NI(P,N)=NS
310 NS2 =NS-2
320 FOR I=1 TO NS2: J2=I+2
330 FOR J=J2 TO NS:TETA(I,J,P)=0 :NTR=J-I
340 REM***** CALCUL DES TEMPS DE TRAJETS *****
219 REM***** ENTRE 2 STATIONS QUELCONQUES *****
350 FOR K=1 TO NTR:TETA(I,J,P)=TETA(I,J,P)+TETA(I+K-1,I+K,P):NEXT K
360 NEXT J:NEXT I
370 REM*****CALCUL DES TEMPS*****
380 REM*****DE ROTATION DES BOUCLES*****
390 TR(B)=TR(B)+TETA(1,NS,P)+TREPOS
400 IF N1(P,NS(P))=N1(P,1) THEN TTR(NL)=TR(B) :NL=NL+1:GOTO 440
410 X=X+1
420 IF X=2 THEN TTR(NL)=TR(B):NL=NL+1:TR(B)=0 :X=0 :GOTO 450
430 GOTO 460
440 TR(B)=0
450 B=B+1

```



```
460 NEXT P
470 CLS:SCREEN 2
480 REM -----IMPRESSION DU TABLEAU I(P,N)-----
490 LOCATE 1,30:PRINT"TABLEAU I(P,N)"
500 FOR N=1 TO 21 :FOR P=1 TO 14 :I=P*5-1 :LOCATE N+1,I:PRINT NI(P,N);:NEXT P:NE
XT N
510 LOCATE 25,23:PRINT"TAPEZ SUR LA BARRE D'ESPACE S.V.P"
520 IF INKEY$("<") * THEN 520 ELSE CLS
530 LOCATE 1,21:PRINT"SUITE DU TABLEAU I(P,N)"
540 FOR N=22 TO 40 :FOR P=1 TO 14 :I=P*5-1 :LOCATE N-19,I:PRINT NI(P,N);:NEXT P:
NEXT N:LOCATE 23,23:PRINT"POUR VOIR X(NL),TTR(NL) ET TI(P)":LOCATE 25,23:PRINT"
APEZ SUR LA BARRE D'ESPACE S.V.P"
550 IF INKEY$("<") * THEN 550 ELSE CLS:LOCATE 1,30:PRINT "TABLEAU TTR(NL):"
560 LOCATE 3,19:FOR NL=1 TO 9 :PRINT TTR(NL);:NEXT NL
570 REM***** ALGORITHME N° 2 *****
580 REM -----CALCUL DES TEMPS D'INTERVALLES INITIAUX :TI(P) -----
590 DIM TI(14)
600 NL=1:Y=0
610 FOR P=1 TO 14
620 X(NL)=TTR(NL)/6
630 TI(P)=X(NL)
640 IF N1(P,1)=N1(P,NS(P)) THEN NL=NL+1 :GOTO 670
650 Y=Y+1
660 IF Y=2 THEN Y=0 :NL=NL+1
670 NEXT P
680 REM -----IMPRESSION DES TABLEAUX -----
690 REM ----- X(NL),TI(P) -----
700 LOCATE 5,30 :PRINT"TABLEAU X(NL):"
710 LOCATE 7,13:FOR NL=1 TO 9:PRINT X(NL);: NEXT NL
720 LOCATE 9,30 :PRINT "TABLEAU TI(P):"
730 LOCATE 11,8:FOR P=1 TO 14:PRINT TI(P);:NEXT P
740 LOCATE 20,1:PRINT"NB: LES PROGRAMMES (LECTURE) ET (PROGRAMME) SONT LIES ENTR
E EUX PAR LE FICHIER
750 LOCATE 21,1:PRINT "(DONNEES).".
760 LOCATE 22,1:PRINT "LE PROGRAMME (LECTURE) INTRODUIT LES DATA DANS LE FICHIER
(DONNEES).".
770 LOCATE 23,1:PRINT "UNE ROUTINE DU PROGRAMME (PROGRAMME) LIT LE FICHIER (DONN
EES).".
780 REM***** REMPLISSAGE DU FICHIER DATA1 *****
790 REM----- AVEC NI(P,N),TETA(I,J,P),TI(P) -----
800 OPEN "D" ,#2,"A:DATA1"
810 FOR N=1 TO 40:FOR P=1 TO 14:PRINT #2,NI(P,N):NEXT P:NEXT N
820 FOR I=1 TO 7:FOR J=1 TO 7:FOR P=1 TO 14
830 PRINT #2,TETA(I,J,P):NEXT P:NEXT J:NEXT I
840 FOR P=1 TO 14: PRINT #2,TI(P):NEXT P
850 CLOSE #2
860 END
```

```
10 REM-----
20 REM-----PROGRAMME NISSA2-----
30 REM-----
40 REM ----- DIMENSIONNEMENT-----
50 DIM NI(14,40),TETA(7,7,14),TI(14)
60 REM -----LECTURE DU FICHIER DATA1 -----
70 OPEN "I" ,#2,"C:DATA1"
80 FOR N=1 TO 40 :FOR P=1 TO 14:INPUT #2 ,NI(P,N):NEXT P:NEXT N
90 FOR I=1 TO 7:FOR J=1 TO 7:FOR P=1 TO 14
100 INPUT #2,TETA(I,J,P):NEXT P:NEXT J:NEXT I
110 FOR P=1 TO 14 :INPUT #2,TI(P):NEXT P
120 CLOSE #2
130 DIM TS(14)
140 CLS :SCREEN 1:LOCATE 12,5:PRINT "LES CALCULS SONT EN COURS !!!"
150 REM***** ALGORITHME N° 3 *****
160 REM -----DIMENSIONNEMENT ET ENTREE DE THO(M,N)-----
170 DIM IP(40,40),THO(40,40),L(40,40),P(40,40,2):GIGA=1E+07:TMIN=GIGA:TMIN=GIGA
180 FOR N=1 TO 40:FOR M=1 TO 40 :READ THO(M,N):NEXT M:NEXT N
190 DATA 0,5,15,27,15,6,40,50,25,35,46,38,30,30,40,45,8,16,24,31,42,56,54,30,45,
75,44,36,11,18,32,46,44,36,27,20,10,12,26,9
200 DATA 30,0,10,22,12,1,17,32,30,50,65,70,66,38,47,60,29,37,50,55,72;65,36,51,4
6,75,44,40,26,38,46,65,62,55,36,20,26,42,40,18
210 DATA 15,10,0,17,2,15,22,24,20,32,40,44,42,17,26,32,31,30,42,52,64,75,78,57,7
6,90,85,60,45,56,75,80,80,70,60,60,45,55,60,45
220 DATA 27,22,17,0,12,30,40,36,35,24,38,40,40,9,18,20,36,40,40,35,40,60,60,70,7
5,90,70,60,45,50,60,60,60,55,50,50,45,50,50,55
230 DATA 15,12,2,12,0,11,25,20,15,20,26,25,20,18,33,30,26,20,32,40,55,70,65,50,6
0,90,60,50,45,50,60,65,75,70,75,60,45,30,50,45
240 DATA 6,1,15,30,11,0,6,15,15,30,45,40,30,40,45,40,15,25,35,40,40,60,55,45,50,
50,45,40,20,30,45,45,40,40,35,40,40,40,60,40
250 DATA 40,17,22,40,25,6,0,60,15,25,40,40,30,35,40,35,1,8,15,25,35,40,40,26,35,
45,40,25,6,16,30,35,35,30,20,20,15,20,22,9
260 DATA 50,32,24,36,20,15,60,0,4,15,22,20,15,30,40,36,6,1,6,20,30,40,40,6,25,60
,30,7,8,16,28,29,32,30,30,25,18,30,26,20
270 DATA 25,30,20,35,15,15,15,4,0,11,30,17,3,7,12,15,17,6,4,16,20,30,25,15,30,45
,35,30,25,25,40,45,30,30,35,30,45,40,35,30
280 DATA 35,50,32,24,20,30,25,15,11,0,12,3,7,15,7,2,40,20,25,25,30,45,15,30,40,5
0,40,35,35,30,30,40,50,45,45,45,40,40,45,40
290 DATA 46,65,40,38,26,45,40,22,30,12,0,6,20,20,26,45,40,35,35,40,40,40,35,3
5,50,40,40,60,65,75,90,95,85,96,90,90,85,95,90
300 DATA 38,70,44,40,25,40,40,20,17,3,6,0,12,20,25,20,35,20,10,8,20,30,20,25,35,
50,35,20,35,35,40,60,70,70,72,60,60,75,75,70
310 DATA 30,66,42,40,20,30,30,15,3,7,20,12,0,20,20,18,15,15,4,16,22,35,30,6,20,4
0,20,8,35,30,45,60,60,45,60,55,50,60,75,50
```

320 DATA 30,38,17,9,18,40,35,30,7,15,20,20,20,0,10,10,40,40,35,50,75,90,80,50,65  
,90,65,45,40,42,60,70,60,60,65,60,50,76,78,60  
330 DATA 40,47,26,18,33,45,40,40,12,7,20,25,20,10,0,8,35,30,30,45,60,80,75,40,60  
,76,60,45,40,40,50,65,60,60,60,55,60,70,75,50  
340 DATA 45,60,32,20,30,40,35,36,15,2,26,20,18,10,8,0,35,30,35,40,60,85,75,40,50  
,78,60,45,40,40,55,60,55,50,45,40,40,50,65,50  
350 DATA 8,29,31,36,26,15,1,6,17,40,45,35,15,40,35,35,0,10,20,30,40,60,50,15,25,  
40,24,15,4,15,35,50,45,40,35,26,30,40,50,20  
360 DATA 16,37,30,40,20,25,8,1,6,20,40,20,15,40,30,30,10,0,12,17,30,50,50,7,25,4  
0,20,8,18,20,45,60,60,60,55,50,35,45,45,30  
370 DATA 24,50,42,40,32,35,15,6,4,25,35,10,4,35,30,35,20,12,0,8,15,30,20,3,25,50  
,35,5,30,20,30,45,45,46,46,44,44,55,40,55  
380 DATA 31,55,52,35,40,40,25,20,16,25,40,35,8,16,50,45,40,30,17,8,0,6,8,12,12,4  
5,20,20,45,36,37,46,50,48,55,45,65,75,70,80  
390 DATA 42,72,64,40,55,40,30,30,20,30,40,20,22,75,60,60,40,30,15,6,0,8,7,20,18,  
30,20,14,30,35,20,25,30,30,45,50,55,65,50,65  
400 DATA 56,65,75,60,70,60,40,40,30,45,40,30,35,90,80,85,60,50,30,18,8,0,18,25,2  
0,26,25,25,40,35,45,45,50,50,52,50,50,65,70,90  
410 DATA 54,36,78,60,65,55,40,40,25,15,40,20,30,80,75,75,50,50,20,12,7,18,0,20,2  
0,35,26,26,40,38,35,45,50,42,51,51,60,65,55,60  
420 DATA 30,51,57,70,50,45,26,6,15,30,35,25,6,50,40,40,15,7,3,12,20,25,20,0,8,28  
,10,2,20,20,26,35,35,30,36,32,32,39,36,55  
430 DATA 45,46,76,75,60,50,35,25,30,40,35,35,20,65,60,50,25,25,25,15,18,20,20,8,  
0,20,2,12,25,20,20,35,35,30,35,40,45,50,50,65  
440 DATA 75,75,90,90,90,50,45,60,45,50,50,50,40,90,76,78,40,40,50,45,30,26,35,28  
,20,0,20,35,55,50,30,15,25,30,35,45,50,60,55,60  
450 DATA 44,44,85,70,60,45,40,30,35,40,40,35,20,65,60,60,24,20,35,20,20,25,26,10  
,2,20,0,13,20,15,13,26,27,26,19,25,35,40,30,45  
460 DATA 36,40,60,60,50,40,25,7,30,35,40,20,8,45,45,45,15,8,5,20,14,25,26,2,12,3  
5,13,0,16,12,12,20,20,24,20,20,26,30,25,35  
470 DATA 11,26,45,45,45,20,6,8,25,35,60,35,35,40,40,40,4,18,30,45,30,40,40,20,25  
,55,20,16,0,7,22,50,45,45,40,35,15,12,25,30  
480 DATA 18,38,56,50,50,30,16,16,25,30,65,35,30,42,40,40,15,20,20,36,35,35,38,20  
,20,50,15,12,7,0,16,30,30,26,28,35,20,10,15,20  
490 DATA 32,46,75,60,60,45,30,28,40,30,75,40,45,60,50,55,35,45,30,37,20,45,35,26  
,20,30,13,12,22,16,0,13,12,10,8,20,30,34,28,60  
500 DATA 46,65,80,60,65,45,35,29,45,40,90,60,60,70,65,60,50,60,45,46,25,45,45,35  
,35,15,26,20,50,30,13,0,2,7,13,25,34,36,28,36  
510 DATA 44,62,80,60,75,45,35,32,30,50,95,70,60,60,60,55,45,60,45,50,30,50,50,35  
,35,25,27,20,45,30,12,2,0,6,15,20,30,32,35,30  
520 DATA 36,55,70,55,70,40,30,30,30,45,85,70,45,60,60,50,40,60,46,48,30,50,42,30  
,30,30,26,24,45,26,10,7,6,0,4,10,28,30,25,36  
530 DATA 27,36,60,50,75,40,20,30,35,45,96,72,60,65,60,45,35,55,46,55,45,52,51,36  
,35,35,19,20,40,28,8,13,15,4,0,10,20,20,10,26  
540 DATA 20,20,60,50,60,35,20,25,30,45,90,60,55,60,55,40,26,50,44,45,50,50,51,32  
,40,45,25,20,35,34,20,25,20,10,10,0,10,15,7,15  
550 DATA 10,26,45,45,45,40,15,18,45,40,90,60,50,50,60,40,30,35,44,65,55,50,60,32  
,45,50,35,26,15,20,30,34,30,28,20,10,0,8,13,3  
560 DATA 12,42,55,50,30,40,20,30,40,40,85,75,60,76,70,50,40,45,55,75,65,65,65,39  
,50,60,40,30,12,10,34,36,32,30,20,15,8,0,12,10  
570 DATA 26,40,60,50,50,40,22,26,35,45,95,75,75,78,75,65,50,45,40,70,50,70,55,36  
,50,55,30,25,25,15,28,28,35,25,10,7,13,12,0,15  
580 DATA 9,18,45,55,45,60,9,20,30,40,90,70,50,60,50,50,20,30,55,80,65,90,60,55,6  
5,60,45,35,30,20,60,36,30,36,26,15,3,10,15,0

```
590 REM ----- CALCUL DE L(M,N),IP(M,N),P(M,N,K) -----
600 FOR M=1 TO 40
610 FOR N=1 TO 40
620 IP(M,N)=3
630 FOR P=1 TO 14
640 I=NI(P,M) :J=NI(P,N) :IJ=I*J
650 IF M=N THEN IP(M,N)=0 :GOTO 940
660 IF IJ=0 OR I>J THEN GOTO 710
670 U=TETA(I,J,P)
680 IF U>THO(M,N) THEN GOTO 710
690 IP(M,N)=2
700 IF U+TI(P)<=TMIN THEN TMIN= U+TI(P)
710 NEXT P
720 IF IP(M,N)=3 GOTO 940
730 IF TMIN <=THO(M,N) THEN IP(M,N)=1
740 NC=0
750 FOR P=1 TO 14
760 I=NI(P,M):J=NI(P,N)
770 IF TETA(I,J,P)<>0 THEN NC=NC+1 :TS(P)=TETA(I,J,P)+TI(P):LDMAN(NC)=P
780 NEXT P
790 L(M,N)=NC
800 IF NC<4 GOTO 910
810 NC1=NC+1
820 FOR I=1 TO NC1:I1=I+1
830 FOR J=I1 TO NC
840 IF TS(I1)<TS(J) THEN GOTO 870
850 T=TS(J):TS(J)=TS(I1):TS(I1)=T
860 L=LDMAN(J):LDMAN(J)=LDMAN(I1):LDMAN(I1)=L
870 NEXT J
880 IF NC=4 THEN GOTO 900
890 NEXT I
900 L(M,N)=4 :NC=4
910 FOR K=1 TO 2
920 P(M,N,K)=LDMAN(K)
930 NEXT K
940 TMIN=GIGA
950 NEXT N
960 NEXT M
970 SCREEN 2:CLS
980 REM----- IMPRESSION DES RESULTATS -----
990 LOCATE 1,30:PRINT "TABLEAU L(M,N)":LOCATE 2,28: PRINT "POUR M DE 1 A 20,N DE
1 A 20"
1000 FOR M=1 TO 20:FOR N=1 TO 20:I=(N-1)*4+1:LOCATE M+2,I:PRINT L(M,N);:NEXT N:
EXT M
1010 LOCATE 23,22:PRINT "POUR VOIR LA SUITE DE L(M,N)"
1020 LOCATE 25,23:PRINT "TAPEZ SUR LA BARRE D'ESPACE S.V.P"
1030 IF INKEY$ <>" " THEN 1030 ELSE CLS:LOCATE 1,30:PRINT"SUITE DE L(M,N)"
1040 LOCATE 2,28:PRINT "POUR M DE 21 A 40,N DE 1 A 20"
1050 FOR M= 21 TO 40:FOR N=1 TO 20 :I=(N-1)*4+1:LOCATE M-18,I:PRINT L(M,N);:NEXT
N:NEXT M
1060 LOCATE 23,22:PRINT"POUR VOIR LA SUITE DE L(M,N)"
1070 LOCATE 25,23:PRINT "TAPEZ SUR LA BARRE D'ESPACE S.V.P"
1080 IF INKEY$ <>" " THEN 1080 ELSE CLS:LOCATE 1,30:PRINT"SUITE DE L(M,N)"
1090 LOCATE 2,28:PRINT"POUR M DE 1 A 20,N DE 21 A 40"
```

```
1100 FOR M=1 TO 20:FOR N=21 TO 40:I=(N-20)*4-3:LOCATE M+2,I:PRINT L(M,N);NEXT
N:NEXT M
1110 LOCATE 23,22:PRINT "POUR VOIR LA SUITE DE L(M,N)"
1120 LOCATE 25,23:PRINT "TAPEZ SUR LA BARRE D'ESPACE S.V.P"
1130 IF INKEY$ <> " " THEN 1130 ELSE CLS:LOCATE 1,30:PRINT"SUITE DE L(M,N)"
1140 LOCATE 2,28:PRINT" POUR M DE 21 A 40,N DE 21 A 40"
1150 FOR M=21 TO 40 :FOR N=21 TO 40:I=(N-20)*4-3:LOCATE M-18,I:PRINT L(M,N);NEX
T N:NEXT M
1160 LOCATE 23,22:PRINT"POUR VOIR IP(M,N)"
1170 LOCATE 25,22:PRINT"TAPEZ SUR BARRE D'ESPACE S.V.P"
1180 IF INKEY$ <>" "THEN 1180 ELSE CLS
1190 LOCATE 1,30:PRINT "TABLEAU IP(M,N)":LOCATE 2,28: PRINT "POUR M DE 1 A 20,N
DE 1 A 20"
1200 FOR M=1 TO 20:FOR N=1 TO 20:I=(N-1)*4+1:LOCATE M+2,I:PRINT IP(M,N);NEXT N:
NEXT M
1210 LOCATE 23,22:PRINT "POUR VOIR LA SUITE DE IP(M,N)"
1220 LOCATE 25,23:PRINT "TAPEZ SUR LA BARRE D'ESPACE S.V.P"
1230 IF INKEY$ <>" " THEN 1230 ELSE CLS:LOCATE 1,30:PRINT"SUITE DE IP(M,N)"
1240 LOCATE 2,28:PRINT "POUR M DE 21 A 40,N DE 1 A 20"
1250 FOR M= 21 TO 40:FOR N=1 TO 20 :I=(N-1)*4+1:LOCATE M-18,I:PRINT IP(M,N);NEX
T N:NEXT M
1260 LOCATE 23,22:PRINT"POUR VOIR LA SUITE DE IP(M,N)"
1270 LOCATE 25,23:PRINT "TAPEZ SUR LA BARRE D'ESPACE S.V.P"
1280 IF INKEY$ <>" " THEN 1280 ELSE CLS:LOCATE 1,30:PRINT"SUITE DE IP(M,N)"
1290 LOCATE 2,28:PRINT"POUR M DE 1 A 20,N DE 21 A 40"
1300 FOR M=1 TO 20:FOR N=21 TO 40:I=(N-20)*4-3:LOCATE M+2,I:PRINT IP(M,N);NEX
T N:NEXT M
1310 LOCATE 23,22:PRINT "POUR VOIR LA SUITE DE IP(M,N)"
1320 LOCATE 25,23:PRINT "TAPEZ SUR LA BARRE D'ESPACE S.V.P"
1330 IF INKEY$ <>" " THEN 1330 ELSE CLS:LOCATE 1,30:PRINT"SUITE DE IP(M,N)"
1340 LOCATE 2,28:PRINT" POUR M DE 21 A 40,N DE 21 A 40"
1350 FOR M=21 TO 40 :FOR N=21 TO 40:I=(N-20)*4-3:LOCATE M-18,I:PRINT IP(M,N);NE
XT N:NEXT M
1360 FOR K=1 TO 2
1370 LOCATE 23,22:PRINT "POUR VOIR P(M,N,K)"
1380 LOCATE 25,23:PRINT "TAPEZ SUR LA BARRE D'ESPACE S.V.P"
1390 IF INKEY$ <>" " THEN 1390 ELSE CLS:LOCATE 1,30:PRINT" TABLEAU P(M,N,K)"
1400 LOCATE 2,28:PRINT "K= "K:LOCATE 2,33:PRINT "POUR M DE 1 à 20,N DE 1 à 20"
1410 FOR M=1 TO 20:FOR N=1 TO 20:I=(N-1)*4+1:LOCATE M+2,I:PRINT P(M,N,K);NEXT N
:NEXT M
1420 LOCATE 23,22:PRINT "POUR VOIR LA SUITE DE P(M,N,K)"
1430 LOCATE 25,23:PRINT "TAPEZ SUR LA BARRE D'ESPACE"
1440 IF INKEY$ <>" " THEN 1440 ELSE CLS:LOCATE 1,30 :PRINT "SUITE DE P(M,N,K)"
1450 LOCATE 2,28:PRINT "K= "K:LOCATE 2,33:PRINT "POUR M DE 21 à 40 ,N DE 1 à 20"
1460 FOR M=21 TO 40 :FOR N=1 TO 20:I=(N-1)*4+1:LOCATE M-18,I:PRINT P(M,N,K);NEX
T N:NEXT M
1470 LOCATE 23,22:PRINT "POUR VOIR LA SUITE DE P(M,N,K)"
1480 LOCATE 25,23:PRINT "TAPEZ SUR LA BARRE D'ESPACE S.V.P"
1490 IF INKEY$ <>" " THEN 1490 ELSE CLS:LOCATE 1,30:PRINT"SUITE DE P(M,N,K)"
1500 LOCATE 2,28:PRINT "K= "K:LOCATE 2,33:PRINT "POUR M DE 1 à 20,N DE 21 à 40"
1510 FOR M=1 TO 20 :FOR N=21 TO 40 :I=(N-20)*4-3:LOCATE M+2,I:PRINT P(M,N,K);NE
XT N:NEXT M
1520 LOCATE 23,22:PRINT "POUR VOIR LA SUITE DE P(M,N,K)"
1530 LOCATE 25,23:PRINT "TAPEZ SUR LA BARRE D'ESPACE S.V.P"
1540 IF INKEY$ <>" " THEN 1540 ELSE CLS:LOCATE 1,30:PRINT"SUITE DE P(M,N,K)"
```

```
1550 LOCATE 2,28:PRINT "K= "K:LOCATE 2,33:PRINT "POUR M DE 21 à 40,N DE 21 à 40
"
1560 FOR M=21 TO 40 :FOR N=21 TO 40 :I=(N-20)*4-3:LOCATE M-18,I:PRINT P(M,N,K);:
NEXT N:NEXT M
1570 NEXT K
1580 REM-----REPLISSAGE DU FICHIER DATA2-----
1590 REM ----- AVEC L(M,N),P(M,N,K),IP(M,N),THO(M,N)-----
1600 OPEN "D" ,#3, "C:DATA2"
1610 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40:PRINT #3,L(M,N):NEXT N:NEXT M
1620 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40:FOR K=1 TO 2:PRINT #3,P(M,N,K)
1630 NEXT K:NEXT N:NEXT M
1640 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40:PRINT #3,IP(M,N):NEXT N:NEXT M
1650 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40:PRINT #3,THO(M,N):NEXT N:NEXT M
1660 CLOSE #3
1670 END
1680 END
```

```
10 REM -----
20 REM -----PROGRAMME NISSA3-----
30 REM -----
40 REM -----DIMENSIONNEMENT-----
50 DIM NI(14,40),TETA(7,7,14),TI(14)
60 REM -----LECTURE DU FICHIER DATA1-----
70 OPEN "I" ,#2,"C:DATA1"
80 FOR N=1 TO 40:FOR P=1 TO 14:INPUT #2,NI(P,N):NEXT P:NEXT N
90 FOR I=1 TO 7:FOR J=1 TO 7:FOR P=1 TO 14
100 INPUT #2,TETA(I,J,P):NEXT P:NEXT J:NEXT I
110 FOR P=1 TO 14:INPUT #2,TI(P):NEXT P
120 CLOSE #2
130 REM -----DIMENSIONNEMENT-----
140 DIM L(40,40),P(40,40,2),IP(40,40),THO(40,40),TBAR(40,40)
150 REM -----LECTURE DU FICHIER DATA2-----
160 OPEN "I" ,#3, "A:DATA2"
170 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40:INPUT #3,L(M,N):NEXT N:NEXT M
180 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40:FOR K=1 TO 2:INPUT #3,P(M,N,K)
190 NEXT K:NEXT N:NEXT M
200 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40:INPUT #3,IP(M,N):NEXT N:NEXT M
210 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40:INPUT #3, THO(M,N):NEXT N:NEXT M
220 CLOSE #3
230 REM -----DIMENSIONNEMENT-----
240 DIM TISL(2),RA(40,40),RP1(40,40),RP2(40,40):GIGA=1E+07:TTMIN=GIGA
250 FOR M=1 TO 40
260 FOR N=1 TO 40
270 IF M=N THEN TBAR(M,N)=0:GOTO 660
280 IF IP(M,N)>2 OR IP(M,N)=0 THEN TBAR(M,N)=THO(M,N):RA(M,N)=0:GOTO 660
290 REM -----CALCUL DES TEMPS D'INTERVALLES MINIMUM-----
300 FOR P=1 TO 14
310 I=NI(P,M):J=NI(P,N)
320 IF TETA(I,J,P)=0 THEN GOTO 340
330 IF TI(P)<TTMIN THEN TTMIN=TI(P)
340 NEXT P
350 NLC=L(M,N):Y=0
360 FOR JP=1 TO NLC
370 P=P(M,N,JP):PPL=1
380 IF NLC=1 THEN GOTO 480
390 IL=0
400 FOR R=1 TO NLC
410 IF R=JP THEN GOTO 440
420 IL=IL+1
430 TISL(IL)=TI(P(M,N,R))
440 NEXT R
```

```

450 REM-----CALCUL DES COEFICIENTS DU POLYNOME RP(M,N,K)-----
460 IF L(M,N)=3 THEN A1=(1/TISL(1))+(1/TISL(2)):B1=(1/TISL(1))*(1/TISL(2)) :PPL
=1-(TTMIN*A1/2)+((TTMIN^2/3)*B1) :GOTO 480
470 PPL=1 -(TTMIN/(2*TISL(1)))
480 PPL=(PPL*TTMIN)/TI(P)
490 REM-----REPLISSAGE DU TABLEAU RP(M,N,K)-----
500 IF JP=1 TJHEN RP1(M,N)=PPL:GOTO 520
510 RP2(M,N)=PPL
520 Y=Y+(PPL*TETA(NI(P,M),NI(P,N),P))
530 NEXT JP
540 TISL(NLC)=TI(P)
550 IF IP(M,N)=2 THEN V=Y-THQ(M,N) :GOTO 570
560 V=-TTMIN
570 IF L(M,N)=1 THEN RA(M,N)=-(V/TI(P)):W=V^2/(2*TI(P)):GOTO 630
580 REM-----CALCUL DES COEFICIENTS DU POLYNOME RA(M,N)-----
590 REM----- ET REPLISSAGE DES TABLEUX RA(M,N) ET TBAR(M,N)-----
600 IF L(M,N)=2 THEN A=(1/TISL(1))+(1/TISL(2)):B=(1/TISL(1))*(1/TISL(2)):RA(M,N)
=-A*V-B*(V^2):W=((A*(V^2))/2)+((2*B*(V^3))/3) :GOTO 630
610 IF L(M,N)=3 THEN A=(1/TISL(1))+(1/TISL(2))+(1/TISL(3)):C=(1/TISL(1))*(1/TISL
(2))*(1/TISL(3))
620 RA(M,N)=-A*V-B*(V^2)-C*(V^3):W=((-A*(V^3))/3)+((-B*(V^4))/4)+((-C*(V^5))/5) :
GOTO 630
630 IF IP(M,N)=2 THEN TBAR(M,N)=W+(RA(M,N)*V)+THQ(M,N):GOTO 660
640 RA(M,N)=1
650 TBAR(M,N)=W+Y
660 TTMIN =GIGA
670 PRINT TBAR(M,N);
680 NEXT N
690 NEXT M
700 REM-----REPLISSAGE DU FICHER DATA4-----
710 REM-----AVEC IP(M,N) ET RA(M,N)-----
720 OPEN "D",#5,"C:DATA4"
730 FOR M=1 TO 40 :FOR N=1 TO 40:PRINT #5,TBAR(M,N),RA(M,N):NEXT N:NEXT M
740 CLOSE #5
750 REM-----REPLISSAGE DU FICHER DATA3-----
760 REM-----AVEC RP1(M,N) ET RP2(M,N)-----
770 OPEN "D",#4,"C:DATA3"
780 FOR M=1 TO 40 :FOR N=1 TO 40:PRINT #4,RP1(M,N):NEXT N:NEXT M
790 FOR M=1 TO 40 :FOR N=1 TO 40:PRINT #4,RP2(M,N):NEXT N:NEXT M
800 CLOSE #4
810 END

```



```

10 REM -----
15 REM -----PROGRAMME NISSAA-----
20 REM -----
30 REM ----- DIMENSIONNEMENT -----
40 DIM OD(40,40),TBAR(40,40),RA(40,40),KCOR(40,40)
50 REM----- LECTURE DU FICHIER DATA4 -----
60 OPEN "I",#5,"C:DATA4"
70 FOR M=1 TO 40 :FOR N=1 TO 40 :INPUT #5,TBAR(M,N),RA(M,N):NEXT N:NEXT M
80 CLOSE #5
90 REM----- ENTREE DU TABLEAU OD(M,N)-----
100 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40:READ OD(M,N):NEXT N:NEXT M
110 DATA 0,90,85,100,110,120,82,87,65,75,95,130,110,105,100,82,68,76,35,42,40,17
,23,56,68,75,40,18,32,46,31,22,17,25,16,40,50,29,20,27
120 DATA 87,0,45,95,107,99,84,95,58,78,71,142,97,95,86,57,108,87,56,45,33,14,27,
66,74,55,37,25,59,63,35,24,15,19,31,19,44,46,29,22
130 DATA 56,89,0,100,53,47,87,76,87,56,77,99,69,101,110,97,76,52,77,12,19,27,32,
76,54,87,26,31,66,62,34,27,19,12,22,27,37,49,25,31
140 DATA 89,78,49,0,27,19,23,33,46,44,82,29,39,77,88,67,70,63,39,28,12,37,25,81,
62,44,51,88,51,76,41,23,27,31,41,55,36,47,33,44
150 DATA 47,51,26,71,0,26,29,45,32,49,56,33,42,21,44,79,35,70,40,23,34,120,116,1
9,67,37,66,70,47,44,89,17,41,19,57,32,77,29,17,51
160 DATA 79,78,49,39,104,0,57,71,29,63,55,41,55,33,67,81,131,87,47,38,27,42,31,2
4,87,58,37,71,53,129,97,36,43,34,77,19,53,35,21,70
170 DATA 22,36,33,11,27,39,0,73,53,65,31,44,60,21,33,19,43,37,52,36,31,39,53,19,
99,47,42,66,56,28,89,41,39,35,81,24,62,33,19,47
180 DATA 27,33,42,17,19,23,30,0,41,37,31,37,44,26,39,23,47,33,71,50,37,32,19,79,
87,53,40,61,55,31,90,27,50,19,71,26,65,41,33,55
190 DATA 56,37,44,18,27,37,41,81,0,39,47,43,48,39,41,56,77,67,45,39,46,27,21,55,
66,37,31,63,37,51,51,37,67,36,56,19,29,22,31,13
200 DATA 29,41,53,36,51,42,39,88,52,0,31,39,32,23,27,24,29,31,43,51,37,39,23,58,
77,35,42,71,39,55,47,42,50,32,53,22,21,27,23,21
210 DATA 30,19,31,22,27,19,27,35,47,59,0,42,46,33,29,37,29,19,21,18,32,41,32,23,
25,31,30,40,37,21,25,27,23,32,29,18,27,31,29,37
220 DATA 37,23,42,31,29,31,35,31,36,44,56,0,44,39,51,29,41,27,31,30,27,43,25,30,
28,33,31,47,32,29,28,29,31,37,41,27,39,44,36,23
230 DATA 21,20,44,37,27,34,38,27,51,59,63,44,0,51,48,44,36,33,41,37,26,41,28,30,
20,38,35,45,30,31,25,28,30,41,39,25,36,41,29,25
240 DATA 23,110,53,39,25,36,116,19,53,57,65,41,49,0,53,47,43,37,44,33,27,45,39,4
4,27,23,31,40,44,32,29,33,41,27,25,20,19,27,23,32
250 DATA 31,17,22,31,27,24,112,17,34,37,51,49,63,29,0,31,44,39,41,37,32,51,32,41
,29,50,35,37,41,39,25,27,40,29,21,29,32,37,31,27
260 DATA 27,19,37,22,29,31,117,121,39,27,49,53,77,53,77,0,59,71,77,87,82,76,59,9
7,53,71,73,57,44,69,51,39,64,56,37,59,72,87,34,29
270 DATA 31,42,53,51,47,61,39,48,51,54,63,51,88,57,82,64,0,69,93,97,89,77,63,81,
67,77,66,81,88,73,59,47,79,81,59,62,80,99,63,51
280 DATA 63,71,84,47,69,72,53,77,66,51,74,70,91,53,81,79,63,0,88,86,91,84,71,82,
65,76,79,91,87,83,69,57,89,80,64,62,91,93,66,39
290 DATA 41,59,85,81,67,71,59,86,77,62,85,69,72,71,63,88,72,78,0,71,88,71,82,73,
74,85,91,77,83,77,72,75,69,87,71,69,83,79,71,37
300 DATA 31,67,76,72,76,80,68,77,81,70,76,59,81,62,74,53,87,79,73,0,79,62,73,64,
83,76,79,55,61,83,60,72,63,91,60,62,80,76,73,41
310 DATA 39,76,85,61,77,61,53,59,73,69,75,58,63,59,43,47,53,81,88,79,0,69,82,73,
74,58,73,66,72,65,71,81,51,77,59,51,57,69,46,49

```

```

320 DATA 48,73,53,62,87,72,47,52,57,58,69,61,46,79,81,77,64,71,92,46,67,0,70,72,
59,63,87,91,97,93,99,89,79,89,89,79,82,57,54,63
330 DATA 35,59,71,82,91,83,67,56,64,67,83,72,59,87,77,91,87,80,88,77,73,71,0,87,
73,97,91,87,69,71,86,99,83,92,73,87,93,73,61,66
340 DATA 71,61,87,73,79,71,65,83,67,81,90,77,83,91,88,97,72,87,93,97,87,93,73,0,
87,91,79,78,85,91,79,89,97,81,83,70,72,79,81,89
350 DATA 53,77,89,91,78,69,83,65,78,90,81,68,92,83,97,83,79,91,79,88,89,99,82,93
,0,79,90,89,87,77,73,69,77,83,69,72,91,75,87,63
360 DATA 61,73,61,79,81,78,73,93,92,97,89,79,87,91,73,65,91,69,83,87,89,91,95,79
,87,0,83,88,99,97,93,71,83,85,90,77,88,77,97,76
370 DATA 77,89,76,78,87,79,87,95,92,93,79,80,59,76,93,79,95,71,73,88,89,95,77,83
,86,88,0,69,75,95,84,87,79,77,82,87,92,79,81,87
380 DATA 53,59,79,91,93,88,79,83,87,99,92,76,69,88,85,91,96,97,89,85,93,87,79,90
,91,93,87,0,77,91,73,97,98,79,87,91,94,76,65,79
390 DATA 77,81,79,77,99,97,92,87,81,85,79,81,93,96,79,59,93,79,87,86,77,99,93,95
,77,86,89,90,0,79,77,84,91,97,93,95,79,78,91,96
400 DATA 61,91,89,82,73,79,87,89,99,100,131,97,103,96,97,111,121,87,63,79,98,96,
107,103,91,89,117,79,93,0,89,102,99,87,98,105,100,89,69,79
410 DATA 73,102,91,97,89,109,117,124,97,88,99,117,93,99,79,87,89,103,115,89,99,9
7,101,102,97,79,86,81,101,77,0,87,103,97,99,78,87,93,114,89
420 DATA 77,90,103,102,89,79,87,97,108,97,93,99,101,117,97,79,87,89,97,99,96,108
,97,78,93,96,113,81,102,96,87,0,91,97,87,67,71,73,79,81
430 DATA 65,77,89,91,78,69,99,93,100,93,97,88,87,79,93,97,91,99,103,79,84,86,98,
69,84,106,92,92,90,87,107,102,0,59,63,77,83,77,67,87
440 DATA 76,97,98,79,87,91,93,67,91,84,88,99,79,87,79,89,101,109,97,87,89,106,96
,79,94,96,102,72,80,76,87,92,81,0,79,96,101,103,91,73
450 DATA 76,95,96,80,88,92,95,77,92,85,98,79,83,107,97,90,100,97,87,90,91,96,76,
89,104,97,92,82,87,87,77,102,97,89,0,99,93,79,89,87
460 DATA 67,96,97,81,89,93,96,78,93,86,99,90,84,98,107,91,101,102,89,93,94,92,79
,93,101,97,93,84,97,86,89,104,87,109,101,0,79,89,109,78
470 DATA 83,94,93,101,109,83,86,88,83,79,89,80,74,88,117,81,98,92,93,83,84,93,82
,91,99,99,96,86,107,96,99,94,87,101,103,89,0,79,99,88
480 DATA 71,95,94,83,79,93,106,98,93,89,91,92,85,91,87,83,91,87,79,83,100,97,79,
92,98,79,87,89,97,83,87,97,107,91,93,87,79,0,103,79
490 DATA 63,87,85,99,101,104,76,88,91,87,99,97,93,87,106,117,79,81,93,87,92,103,
97,93,87,82,73,88,97,115,79,87,98,108,109,96,87,79,0,73
500 DATA 57,97,98,89,73,104,119,131,127,98,97,113,118,121,97,79,87,79,89,99,101,
106,89,98,95,104,87,127,107,87,99,93,104,79,89,93,98,109,89,0
510 REM----- RECHERCHE DES NOEUDS DE CORRESPONDANCE -----
520 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40:KCOR(M,N)=N:NEXT N:NEXT M
530 FOR K=1 TO 40
540 FOR M=1 TO 40
550 IF M=K THEN GOTO 610
560 FOR N=1 TO 40
570 S=TBAR(M,K)+TBAR(K,N)
580 IF TBAR(M,N)<=S THEN GOTO 600
590 TBAR(M,N)=S:KCOR(M,N)=KCOR(M,K)
600 NEXT N
610 NEXT M
620 NEXT K
630 REM-----IMPRESION DE LA MATRICE DE CORRESPONDANCE DU KCOR(M,N)-----
640 FOR M=1 TO 40: FOR N=1 TO 40 :PRINT KCOR(M,N);:NEXT N:NEXT M
650 REM-----REPLISSAGE DU FICHER DATAS-----
660 REM-----AVEC LES TABLEUX KCOR(M,N) ET OD(M,N)-----
670 OPEN "0",#6,"C:DATAS"
680 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40:PRINT #6,OD(M,N),KCOR(M,N):NEXT N:NEXT M
690 CLOSE #6

```

```
10 REM-----
15 REM-----PROGRAMME NISSAS-----
20 REM-----
30 REM----- DIMENSIONNEMENT -----
40 DIM NI(14,40),L(40,40),P(40,40,2),IP(40,40),TBAR(40,40),NS(14),N1(14,7)
50 DIM KCOR(40,40),OD(40,40),CH(7,14),RP1(40,40),RP2(40,40)
60 REM----- LECTURE DU FICHIER DATA1 -----
70 OPEN "I",#2,"C:DATA1"
80 FOR N=1 TO 40:FOR P=1 TO 14 :INPUT #2,NI(P,N):NEXT P:NEXT N
90 CLOSE #2
100 REM----- LECTURE DU FICHIER DATA2 -----
110 OPEN "I",#3,"C:DATA2"
120 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40:INPUT #3,L(M,N):NEXT N:NEXT M
130 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40:FOR K=1 TO 2:INPUT #3,P(M,N,K):NEXT K:NEXT N:NEXT M
140 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40:INPUT #3,IP(M,N):NEXT N:NEXT M
150 CLOSE #3
160 REM----- LECTURE DU FICHIER DATA3 -----
170 OPEN "I",#5,"C:DATA3"
180 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40:INPUT #4,RP1(M,N):NEXT N:NEXT M
190 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40:INPUT #4,RP2(M,N):NEXT N:NEXT M
200 CLOSE #4
210 REM----- LECTURE DU FICHIER DATA4 -----
220 OPEN "I",#5,"C:DATA4"
230 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40 :INPUT #5,TBAR(M,N) :NEXT N:NEXT M
240 CLOSE #5
250 REM----- LECTURE DU FICHIER DONNEES -----
260 OPEN "I",#1,"DONNEES"
270 FOR P=1 TO 14:FOR I=1 TO 7:INPUT #1,NI(P,I):NEXT I:NEXT P
280 FOR P=1 TO 14:INPUT #1,NS(P):NEXT P
290 CLOSE #1
300 REM----- LECTURE DU FICHIER DATA5 -----
310 OPEN "I",#6,"C:DATA5"
320 FOR M=1 TO 40:FOR N=1 TO 40 :INPUT #6,OD(M,N),KCOR(M,N):NEXT N:NEXT M
330 CLOSE #6
340 TTPA=0
350 FOR M=1 TO 40
360 FOR N=1 TO 40
370 IF M=N THEN GOTO 570
380 MO=M
390 REM----- CALCUL DE LA FONCTION OBJECTIF -----
400 TTPA=TTPA+(OD(M,N)*TBAR(M,N))
410 ND=KCOR(MO,N)
420 IF IP(M,N)=3 THEN GOTO 550
430 NL1=L(MO,ND) :FR=RA(M,N):IF NL1=3 THEN NL1 =2
440 FOR JP=1 TO NL1
```

```
450 P1=P(M0,ND,JP)
460 IF JP=1 THEN RP(M0,ND,JP)=RP1(M0,ND) ELSE RP(M0,ND,JP)=RP2(M,N)
470 PAS =OD(M,N)*FR*RP(M0,ND,JP)
480 I=NI(P1,M0): J=NI(P1,ND)-1
490 IF J=0 THEN J=NS(P1)-1
500 REM-----CALCUL DES CHARGEMENTS AUX INTER-STATIONS-----
510 FOR K=I TO J
520 CH(K,P1)=CH(K,P1)+PAS
530 NEXT K
540 NEXT JP
550 IF ND=N THEN GOTO 570
560 M0=ND :GOTO 410
570 NEXT N
580 NEXT M
590 REM-----REMPLISSAGE DU FICHER DATA7-----
600 OPEN "0",#7,"C:DATA6"
610 FOR P=1 TO 14:FOR K=1 TO 6:PRINT #7,CH(K,P):NEXT K:NEXT P
620 FOR P=1 TO 14:PRINT #7,NS(P):NEXT P
630 FOR P=1 TO 14:FOR I=1 TO 7:PRINT #7,NI(P,I):NEXT I:NEXT P
640 PRINT #7,TTPA
650 CLOSE #7
660 END
```

```
10 REM-----
20 REM-----PROGRAMME NISSA6-----
30 REM-----
40 REM-----DIMENSIONNEMENT -----
50 DIM CH(7,14),NS(14),N1(14,7)
60 REM -----LECTURE DU FICHIER DATA6-----
70 OPEN "I",#7,"C:DATA6"
80 FOR P=1 TO 14:FOR K=1 TO 6:INPUT #7,CH(K,P):NEXT K:NEXT P
90 FOR P=1 TO 14:INPUT #7,NS(P):NEXT P
100 FOR P=1 TO 14:FOR I=1 TO 7:INPUT #7,N1(P,I):NEXT I:NEXT P
110 INPUT #7,TTPA
120 CLOSE #7:DIM TIMAX(9),PASMAY(9):NBMPPB=70:TRANCH=120
130 X=1
140 B=1
150 PGC=0
160 REM-----CALCUL DU CHARGEMENT MAXIMALE SUR CHAQUE BOUCLE-----
170 FOR P=1 TO 14
180 NP=NS(P)-1
190 FOR I=1 TO NP
200 IF PGC<CH(I,P) THEN PGC=CH(I,P)
210 NEXT I
220 IF N1(P,1)=N1(P,NS(P)) THEN PASMAY(B)=INT(PGC):GOTO 270
230 IF X=2 THEN PASMAY(B)=INT(PGC):GOTO 250
240 X=X+1 :GOTO 300
250 X=1
260 REM-----CALCUL DES TEMPS D'INTERVALLES MAXIMUM-----
270 TIMAX(B)=INT (TRANCH*NBMPPB/PASMAY(B))
280 B=B+1
290 PGC=0
300 NEXT P
310 REM-----IMPRESSION DES RESULTATS-----
320 LOCATE 1,30:PRINT "TABLEAU CH(I,P)"
330 FOR P=1 TO 10:FOR K=1 TO 6:I=13*K-12:LOCATE 2*P+1 ,I:PRINT "-----
-----":LOCATE 2*P,I:PRINT CH(K,P);
:NEXT K:NEXT P
340 LOCATE 23,9:PRINT "POUR VOIR LA SUITE DE CH(K,P),TAPEZ SUR LA BARRE D'ESPACE
"
350 IF INKEY$ <>" " THEN 350 ELSE CLS
360 FOR P=11 TO 14:FOR K=1 TO 6:I=13*K-12:LOCATE 2*P-20,I:PRINT "-----
-----":LOCATE 2*P-21,I:PRINT CH(K,
P);:NEXT K:NEXT P
370 LOCATE 17,2:PRINT "LA FONCTION OBJECTIF (EN MINUTES) EST TTPA=";TTPA
380 LOCATE 19,20:PRINT "POUR VOIR PASMAY(B) ET TIMAX(B)"
390 LOCATE 20,20:PRINT "TAPEZ SUR LA BARRE D'ESPACE S.V.P"
400 IF INKEY$ <>" " THEN 400 ELSE CLS
410 LOCATE 1,25:PRINT"TABLEAU PASMAY(B),B VARIANT DE 1 à 9 "
420 PRINT" -----"
430 LOCATE 3,22:FOR B=1 TO 9:PRINT PASMAY(B);:NEXT B
440 LOCATE 7,25:PRINT"TABLEAU TIMAX(B),B VARIANT DE 1 à 9 "
450 PRINT" -----"
460 LOCATE 9,22:FOR B=1 TO 9:PRINT TIMAX(B);:NEXT B
470 END
```

- bibliographie -  
-----

- [1] M.NEDZELA - Introduction a la science de la gestion
- [2] R. BOUDAREL , J. DELMAS , P. GUICHET - commande optimale de processus , tome II
- [3] ALAIN RENE AMALRIC - exploitation d'un reseau de transport en commun - these de docteur ingenieur de l'ecole polytechnique de grenoble (1980)
- [4] D. J. WILDE - methodes de recherches d'un optimum - DUNOD (1966)
- [5] M. KADOUH - temps d'attente dans les transports urbains en commun - revue francaise d'A.I.R.O
- [6] DURAND - solution numerique des equations algebriques - tome I - edition Masson (1972)
- [7] KAUFFMAN - methodes et modeles de la recherche operationnelles - tome I .Dunod (1964)
- [8] revue francaise d'AIRO - methodes de resolutions du probleme de transport et de production d'une entreprise a etablissements multiples en presence de cout fixe .Octobre (1975)
- [9] AUSLENDER - methodes numeriques - edition Masson (1972)