

UNIVERSITÉ DE NANCY I

FACULTÉ DES SCIENCES

48/330

Sc N 78/92-2A



095 046361 4

PLANIFICATION ASSISTÉE

PAR ORDINATEUR



ANNEXES

DESCRIPTION GENERALE DES PROGRAMMES



DESCRIPTION GENERALE DES PRINCIPAUX

PROGRAMMES DE PLANIFICATION EXISTANTS



Ces programmes, dont question ci-après, sont recueillis et étudiés par le C.T.I. (Centre Technique Informatique) qui est un département d'étude lié au C.X.P. (Centre d'Expérimentation des Packages), qui est une association groupant le CERCHAR - B.S.N. - E.d.F. - la R.A.T.P., depuis 1972.

Ils ne représentent pas tous les programmes existants, ceux-ci dérivant des programmes présentés, avec de multiples variantes d'adaptation à une branche professionnelle ou une sous-catégorie particulière de problème.

Les programmes décrits couvrent toutefois la grande majorité des algorithmes utilisés. Notons que nous n'avons pas trouvé de programmes adaptés à la recherche ou à la formation au planning.

1 - PROGRAMME PICS

(Production information and Control System)

- Conçu et diffusé par IEM - Nombre d'installations inconnu, probablement supérieur à 150 ;
- Langage : Assembleur ;
- Fonctionnement : Batch ;
- Matériel : IEM 360 ou 370, sous O.S. ou D.O.S. ;
- Partition minimum nécessaire :
 - . Système d'exploitation : 64 k
 - . Pics : 90 k
 - Total arrondi à : 160 k

Description fonctionnelle

- Données de la gestion de la production

On distingue deux grandes catégories de données : les données consultatives, les résultats de gestion.

- . Les données consultatives sont les données de base indiquant :
 - la composition des produits (nomenclatures) ;
 - le procédé de fabrication (gammes) ;
 - les règles de gestion (exemple : mode de calcul de la charge d'un poste de fabrication).

.../...

- . les résultats de gestion sont calculés ou consultés aux différents niveaux de gestion (stock, besoins,ancements prévisionnels et réels de fabrication ou d'achat).

Un des principes fondamentaux de l'ensemble PICS consiste à centraliser les informations nécessaires à la gestion de la production sur un ensemble de fichiers constituant une base de données. Ce procédé permet de traiter chaque fonction de manière indépendante tout en permettant une articulation logique avec les autres fonctions.

- Définition du programme de fabrication

Les prévisions portent soit sur chaque produit, c'est le cas des industries fabriquant des produits avec peu d'options, soit sur des familles de produits ou bien au niveau des composants de l'assemblage terminal, ceci pour les industries ayant des produits aux options très nombreuses.

Les prévisions sont faites pour une large part de l'extrapolation des ventes passées. Cette fonction est traitée dans l'ensemble PICS par le système ICS (Inventory Control System) de gestion des stocks (360 A - MF - 04 X en version DOS ou 5734 - M 52 en version OS).

- Planification prévisionnelle des ressources ; planning central

Cette partie de la gestion portant sur le moyen terme consiste à gérer, avec des critères économiques, l'organisation prévisionnelle des fabrications et de l'approvisionnement à tous les niveaux de fabrication. Les calculs desancements prévisionnels de fabrication et d'approvisionnement font intervenir les critères suivants :

- . Le regroupement des fabrications et des achats ;
- . les limites et les variations de capacité des moyens de production ;
- . le respect des délais ;
- . le volume des "en cours" prévisionnels ;
- . la régularité de la charge.

L'ensemble PICS traite ce problème en le décomposant en cinq fonctions :

- . la planification des besoins de fabrication et d'approvisionnement (système RPS : 360 A - MF 05 X en DOS ou 5734 - M 51 en OS) ;
- . la gestion des achats ;
- . la simulation d'affectation ;
- . l'analyse et le bilan des charges ;
- . l'ordonnancement global.

.../...

Les trois dernières fonctions appartiennent au système CPS (Capacity Planning System) dont il existe deux versions :

- . le bilan des charges et de l'ordonnancement global CPS - FL (Capacity Planning System - Finite Loading : 5736 - M 12 en DOS ou 5734 - M 54 en OS) qui contient les trois fonctions ;
- . le jalonnement et le bilan des charges CPS - IL (Capacity Planning System - Infinite Loading) : 5736 - M 11 en DOS ou 5734 - M 53 en OS), qui ne traite que le bilan des charges à capacité illimitée.

- Planification opérationnelle à court terme

Cette phase de la gestion consiste à organiser la fabrication à très court terme (quelques jours ou quelques semaines) en cherchant la meilleure utilisation des ressources en matière et en moyens de production mis à disposition par la planification prévisionnelle. Elle se décompose en quatre fonctions :

- . le lancement ;
- . la surveillance des achats en cours ;
- . l'ordonnancement détaillé ;
- . la préparation des dossiers de fabrication.

Les fonctions de lancement et de préparation des dossiers de fabrication sont traitées par le système de "lancement et suivi de fabrication" SFC (5736 - M 31 en DOS ou 5734 M 31 en OS).

Le système intervient en cas de besoin dans la phase de surveillance des achats en cours : dans le cas de rupture d'un composant signalée par la fonction "lancement", le système analyse la possibilité d'avancer une date de livraison ou de modifier la quantité à livrer.

La fonction d'ordonnancement détaillée n'existe pas actuellement sous forme de produit programme dans l'ensemble PICS mais le système CPS comporte une version d'ordonnancement au "plus tôt", qui donne une approche valable dans le court terme, sans atteindre la finesse de l'ordonnancement détaillé. Par ailleurs, dans certaines fabrications, on peut simplement classer dans le court terme les opérations à exécuter sur chaque poste en fonction de leur date prévisionnelle et d'un facteur de priorité ; cette fonction peut être traitée par le système de lancement et suivi de fabrication CXP.

2 et 3 - PROGRAMMES CAPOSS ET CLASS
(voir analyse détaillée de CAPOSS en Annexe 2).

CLASS est pratiquement la partie de ce programme qui exécute le planning d'atelier.

.../...

- 4 - PROGRAMME PSC
(Production Scheduling Control)
- Conçu et diffusé par HONEYWELL BULL (CHB) ;
 - Nombre d'installations : (11/77) : 70 dans le monde dont 4 en France.
Dernière version : 1977 (Prix de vente : 70 000 F/H.T.)
 - Langage COBOL
 - Fonctionnement : BATCH
 - Matériel : CHB série 60 (60/61, 62, 64, 66) série 2 000 et série 100 sous OS et DOS
 - Partition minimum nécessaire :

PSC	:	45 k
Système d'exploita- tion	:	64 k
Total arrondi à		128 k

Description fonctionnelle

Le système d'ordonnancement/lancement PSC comprend 5 sous-systèmes dont la mise en oeuvre est modulaire et progressive.

Gestion des données de production

Les ressources et processus de fabrication sont décrits et tenus à jour dans les fichiers centres de charge et gammes.

- Fichier centres de charge

Les entrées sont des créations, changements, suppressions, remplacements ou modifications de capacité, des données d'identification, de sections, de centres de charge et d'autres paramètres.

L'état fourni est la liste des centres de charge.

- Fichier gammes

Les entrées sont des créations, changements, suppressions, modifications partielles des opérations et des composants. Il est possible d'insérer des instructions et un texte détaillé pour décrire les opérations.

L'état fourni est la feuille de gammes.

Calcul des charges à long terme

Les nouveaux ordres de fabrication voient leurs gammes extraites automatiquement par le système, à moins qu'elles ne soient introduites directement par l'utilisateur. Ils sont alors enregistrés sur le fichier des En-cours où ils peuvent être ensuite modifiés.

.../...

Puis en fonction du choix de l'utilisateur, le jalonnement amont ou aval est appliqué à chaque ordre. Tous les éléments de temps indispensables au jalonnement des opérations sont inclus dans la logique du PSC :

- les temps des préparations et d'exécution des opérations ;
- distinction entre les opérations standard et les opérations par lots ;
- les temps d'attente et de transfert (issus du fichier centres de charge) ;
- temps global pour les opérations de sous-traitance ;
- réductions de temps dues au chevauchement et au fractionnement d'opérations.

A partir de toutes ces informations, PSC détermine pour chaque opération, une date début et une date fin. Il planifie ensuite la charge correspondante de chaque centre de charge.

On obtient les résultats sous forme d'états :

- Analyse des charges, état des ordres critiques, état des besoins matières.

Lissage des charges atelier

Tous les ordres provenant d'une période à moyen terme définie par l'utilisateur sont chargés à la date début au plus tard sur le centre de charge dont la capacité est disponible afin de prévoir des dates début et fin réalisées pour chaque opération. Est effectué d'abord le chargement des OPERATIONS EN-COURS, puis des ordres lancés, puis des ordres planifiés.

En cas de surcharges et de sous-charges, PSC équilibre les centres de charge en utilisant les centres de remplacement, en avançant ou en différant les ordres suivant des paramètres définis par l'utilisateur. On obtient :

- les états des ordres différés ;
- les états des ordres avancés.

Ordonnancement des opérations

Toutes les opérations sont introduites dans la file d'attente du centre de charge correspondant. Des priorités sont affectées à chaque opération suivant une hiérarchie des critères.

Chaque centre peut être chargé n'importe quel jour à l'intérieur d'une période définie par l'utilisateur jusqu'à concurrence de la capacité disponible.

.../...

Après avoir choisi les opérations à charger, le système recherche la machine qui convient le mieux si l'utilisateur a demandé un fractionnement des opérations, chaque fraction de lot est introduite dans sa file d'attente pour être chargée individuellement. Un chevauchement des opérations est prévu :

- Etat fourni : listes des activités.

Suivi de production

Le module permet le contrôle de toutes les phases d'exploitation d'atelier d'après les normes prévues :

- état situation des ordres ;
- état de valorisation des En-cours ;
- fiche suiveuse d'un ordre ;
- documents de retour d'information ;
- état des ordres réalisés ;
- état d'utilisation des centres de charge.

5 - PROGRAMME PACS

(Planning and control system)

- Conçu par : Manufacturing resource management - Milwaukee - Wisconsin (U.S.A.)
- Diffusé par : P.A. Conseil - PARIS
- Nombre d'installations dans le monde : 180 dont 13 en France - Dernière version : juillet 1977
- Prix de vente :
 - . en assembleur : 200 000 F
 - . en COBOL : 205 000 F
 - . en GAPZ : 175 000 F
- Fonctionnement : BATCH (une version est en cours d'adaptation en conversationnel)
- Matériel :
 - . IBM 360/370 sous OS ou DOS ;
 - . ICL 2903/2904
 - . UNIVAC 90/30
 - . DA TA POINT 5500 sous DOS
 - . SOLAR 16/40 sous DOS
 - . HEWLETT-PACKARD 3000 - RTE
- Partition minimum nécessaire : PACS : 24 K + Système d'exploitation.

.../...

Description fonctionnelle

. Les entrées

- Création/modification/annulation ARTICLES ;
- Création/modification/annulation LIENS ;
- Création/modification/annulation GAMMES ;
- Création/modification/annulation POSTE DE CHARGE ;
- Création/modification/recadencement/annulation ORDRES EN COURS (fabrication - achats) ;
- Interrogations sur nomenclatures ;
- Interrogations sur commandes En-cours ;
- Interrogations sur stock ;
- Entrée et mise à jour du Planning Directeur.

. Les fonctions

Fonctions principales :

- gestion des nomenclatures d'études, méthodes et fabrication ;
- gestion des gammes opératoires et des Postes de Travail ;
- gestion des stocks et des En-cours achats et fabrication ;
- calcul des besoins bruts et nets tous niveaux ;
- analyse de la charge d'atelier ;
- édition du dossier de lancement de fabrication ;
- calcul des priorités de fabrication ;
- élaboration des coûts standard et réels par niveau de nomenclature (coûts matière et main-d'oeuvre-direct-indirect).

Fonctions complémentaires :

- analyse ABC des articles (consommation-prévision) ;
- analyse des politiques de commande ;
- calcul des délais de fabrication.

. Les sorties

- Nomenclatures à un niveau, arborescente ou cumulée (décomposition ou utilisation) ;
- gammes opératoires par article ;
- état des stocks avec prise en compte des commandes en cours ;
- état des commandes en cours (actives, soldées) cadencées ou non ;
- état des besoins bruts, nets, décalés ;
- actions à entreprendre après le calcul des besoins (ordres à lancer, accélérer, différer, annuler) ;

.../...

- Analyse capacité/charge en fonction du temps de présence journalier, de la productivité, des délais de fabrication ;
- documentation de lancement (bon de sortie magasin, bon de travaux, gamme opératoire, fiche suiveuse) ;
- état de priorité de fabrication atelier par atelier et par poste de travail ;
- analyse des prix de revient par niveau de nomenclature (coûts matière et main-d'oeuvre) ;
- état d'analyse ABC ;
- répertoire des fichiers articles/nomenclatures/gammes/ordres en cours/postes de travail.

. Compléments

- Le noyau central de PACS est une base de données, qui permet d'éviter la redondance de l'information sur différents supports, et autorise des interrogations et des mises à jour particulièrement performantes.
- Une version de PACS est en cours d'adaptation au télétraitement différé ou conversationnel.

6 - PROGRAMME PROMPT

(Programme Monitoring and Planning Technique)

- Conçu par : ARIES CORPORATION (U.S.A.)
- Diffusé par CAP SOGETI - PARIS
- Nombre d'installations dans le monde : 25 - dont 2 en France.
Dernière version : Juin 1977 - Prix de vente : 50 000 F
- Langage : FORTRAN IV (17 000 instructions)
- Matériel :
 - . IEM 360/370
 - . HB 6000, 66
 - . CII Iris
 - . BURROUGHS 3000
- Partition minimum PROMPT : 64 K octets

Description fonctionnelle

PROMPT est principalement utilisé dans le domaine du développement des systèmes informatiques, il peut l'être également pour planifier et diriger tout projet dont la matière grise constitue la principale ressource. Il utilise les techniques de réseau PERT.

Il est cependant spécialement conçu pour les projets qui, tout en insistant moins sur le réseau des événements, nécessitent par contre un suivi détaillé des activités et du travail individuel.

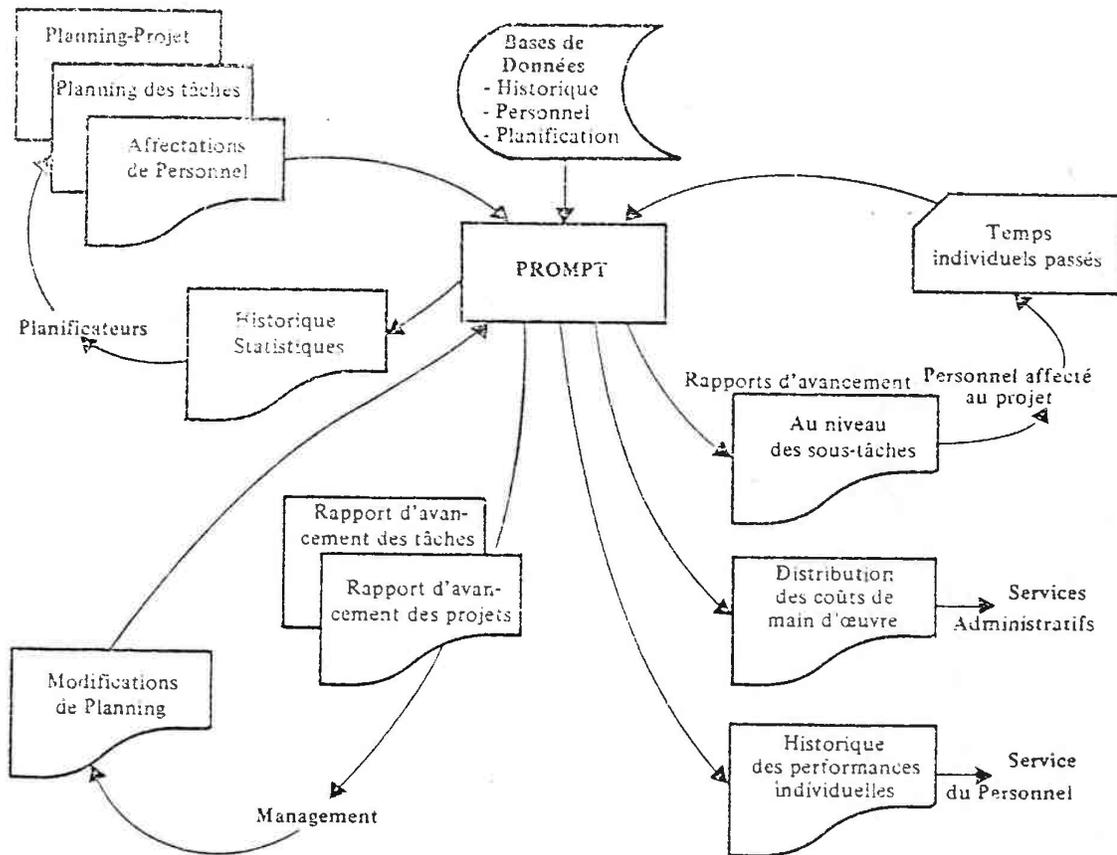
.../...

Ainsi, PROMPT est conçu de manière, par exemple à fournir des informations hiérarchisées en fonction du niveau d'encadrement et de responsabilité.

PROMPT ne nécessite aucune connaissance particulière des techniques de réseaux, et de ce fait est simple à utiliser.

PROMPT utilise 3 bases de données qui contiennent l'information relative respectivement au personnel, aux projets en cours ou prévus, et à l'historique des projets terminés, de façon à faciliter la planification et la budgétisation des projets futurs.

L'enchaînement des différents travaux peut être schématisé comme suit :



Les rapports fournis sont conçus de manière à servir tous les aspects de la gestion de projets. Destiné à être utilisé périodiquement PROMPT est totalement intégré. A chaque traitement, sont traités la planification, les modifications de planning, l'état d'avancement des projets en cours, les nouvelles prévisions, etc...

.../...

Il fournit la réponse à des questions telles que :

- le projet a-t-il pris du retard et quelles en sont les causes ?
- combien le projet va-t-il coûter ou sera-t-il en dépassement du budget ?
- les moyens à disposition dans le temps sont-ils suffisants pour exécuter le projet ?
- comment les projets ou activités similaires se sont-ils déroulés dans le passé ?

Il calcule l'incidence des modifications sur les coûts et dates de terminaison des projets.

Il offre le moyen de planifier et de budgéter de manière précise et aussi de comparer régulièrement l'état d'avancement par rapport aux prévisions et budgets initiaux. Il ne requiert qu'un volume minimum d'informations en entrée pour la planification des différents niveaux de responsabilité et d'encadrement et ne comportant que les informations qui leur sont nécessaires.

ANALYSE D'UN PROGRAMME TYPIQUE
DE PLANIFICATION DES FABRICATIONS

LE CAPOSS



ANALYSE D'UN PROGRAMME TYPIQUE
DE PLANIFICATION DE FABRICATIONS

- . Le programme CAPOSS (CAPACITY PLANNING AND OPERATIONS SEQUENCING SYSTEM) est un logiciel d'application, développé par IBM : produit - programme N° 5734-M41 pour Operating System
N° 5736-M41 pour Disc Operating System.
- . Il est écrit en langage assembleur. Il exige l'utilisation de programmes de servitudes généraux IBM de :
 - Tri - Fusion de fichiers (5734-SM 1 ou 360 S SM 023) pour O.S. ou
 - Tri - Fusion bande et disques (5736 SM 1) ou 360 N SM 450).

1 - CONFIGURATION : MINIMUM

- IBM 370 avec partition disponible de 54 K pour la version DO S, ou 64 K pour la version OS.
- IBM 360 : partition disponible 64 K en version DoS, ou 128 K en version OS avec dispositif d'arithmétique décimale 3237.
- . Il faut ajouter à cela les partitions nécessaires à "l'opérating System", de sorte que la machine minimum nécessaire est (modèle 370 aussi bien que 360) :
 - 128 K pour version D.O.S.
 - 256 K pour version O.S.
- . La configuration minimum doit comprendre par ailleurs :
 - Disques (IBM 2311, 2314, 2319, ou 3330) (3 disques minimum pour la version D.O.S. et 4 pour la version O.S.
 - Imprimante 132 positions
 - Lecteur de cartes
 - Demandeur de bande
 - Pupitre de commande

Il exige un atelier de perforation de cartes.

2 - COUT MENSUEL

- . On voit qu'il s'agit d'une configuration importante, dont le coût de location mensuelle, en 1978, peut être estimé à 50 000 francs, environ.

3 - FONCTIONS REMPLIES

- . Les buts du programme sont présentés comme suit, dans le manuel d'utilisation :

Le produit Programme CAPOSS a été conçu pour traiter le problème d'affectation d'une grande quantité d'activités interdépendantes à une quantité limitée de ressources. Il peut être utilisé à la fabrication et au montage dans les industries de transformation, aux industries de base travaillant en processus discontinus et aux industries textiles, ainsi qu'aux planning de projets.

.../...

Le programme contient de nombreux dispositifs tels que chevauchement, fractionnement, utilisation de moyens de remplacement, regroupement d'activités semblables, par exemple pour réduire les temps de montage, et réservation simultanée de plus d'une ressource pour chaque activité.

De nouvelles techniques permettent de replanifier chaque jour les travaux en cours, en tenant compte des opérations récemment terminées, et des ordres urgents non encore planifiés. Le travail est ordonnancé sur les ressources individuelles (machines, hommes etc...) jusqu'à la limite de la capacité journalière en prenant toutes les précautions pour éviter les goulots d'étranglement futurs. Lorsque la capacité n'est pas suffisante, on attribue aux activités les plus urgentes une priorité en accord avec les règles pré-définies par la direction de chaque unité. Le programme compare la totalité du travail restant à faire, en utilisant des dates au plus tôt et au plus tard calculées, et la capacité disponible. Les surcharges (et sous-charges) résultantes sont ainsi mises en évidence, par périodes de longueur variable.

La Direction est alors capable de prévoir de nouveaux moyens de production pour le long terme, ou pour le court terme de planifier des heures supplémentaires par équipe.

Les ordres peuvent être reliés les uns aux autres pour former des réseaux complexes d'assemblages. Ainsi, l'on peut obtenir les dates demandées pour chaque stade de la fabrication jusqu'au délai final du produit.

4 - CONCEPTION GENERALE

- . Le programme traité par lots (Batch) et non pas en temps réel
- . Il comprend les modules :
 - d'adaptation du programme général aux particularités de l'entreprise :
Choix des statistiques souhaitées, choix des modes d'ordonnancement souhaités, adaptations des longueurs d'enregistrement, etc...
 - de création du fichier des postes de travail, spécifiant les familles de postes, les délais de manutention interpostes, le calendrier de travail (un seul pour tout l'atelier, en heures etc...
- . Le traitement lui-même comprend 4 grandes étapes :
 - 1 - Vérification de vraisemblance des données entrées, pour chaque commande, et opération - Edition de listing d'erreurs.
 - 2 - Planning à long terme et estimation des besoins en capacité.
 - 3 - Estimation des dates de fin vraisemblables des commandes (à moyen terme).
 - 4 - Planning d'atelier (à court terme).
- . La vérification de vraisemblance consiste à détecter si des inscriptions alphabétiques ne figurent pas en zones numériques et inversement, si les longueurs d'enregistrement sont correctes etc... Des tests complémentaires pourraient éventuellement être ajoutés par l'utilisateur.
- . Les phases suivantes du traitement sont présentées comme suit dans le manuel d'utilisation (pages 13 à 16).

.../...

Planning et bilan de charge :

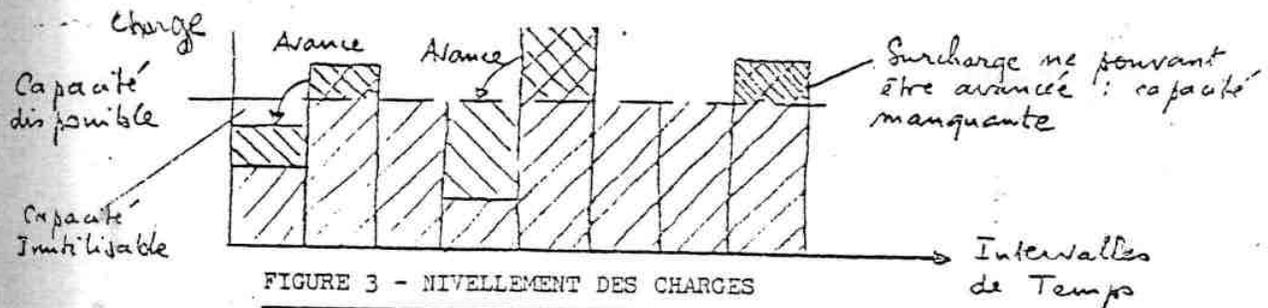
La partie bilan de charge examine les plans à long terme et compare les besoins estimés en capacité aux ressources et capacités disponibles. Avant que ceci puisse être fait, les dates de début et de fin de chaque opération ou de chaque tâche doivent être établies en accord avec la date de fin demandée pour l'ordre. Pendant cette phase, toutes les interdépendances connues entre opérations sont prises en compte. Ces interdépendances comprennent les liaisons dans le réseau, le chevauchement, et le fractionnement des opérations aux endroits où ils sont demandés.

Les résultats de cette phase permettent de déterminer si l'on peut conserver ou non ces interdépendances tout en respectant le délai de fin demandé. Si le cycle de fabrication est inférieur au temps disponible, il y a une marge. Parfois, il n'y aura pas de marge et les commandes seraient en retard si l'on ne prenait pas de dispositions correctrices. Dans ces cas là, CAPOSS réduit les temps interopérations à l'intérieur des limites spécifiées par l'utilisateur. Si cela ne suffit encore pas, un chevauchement spécial peut être défini pour obtenir une diminution supplémentaire du retard. Si ceci n'est toujours pas suffisant, l'utilisateur est averti du retard. CAPOSS essaiera alors de supprimer ce retard en accélérant autant que possible cette commande au travers de ses différentes étapes de fabrication, tout en respectant son importance relative aux autres.

Ces calculs fournissent les dates planifiées au plus tôt et au plus tard pour chaque tâche et chaque opération d'une commande. Ces dates supposent que les capacités sont disponibles lorsqu'on en a besoin. C'est pourquoi ceci peut être défini comme un "planning à capacité infinie".

Les charges, cumulées par commande sur toutes les ressources ou les postes de charge, sont lissées ou nivelées pour établir une relation entre la charge à capacité infinie et la capacité finie disponible. Ceci est illustré par la figure 3 et l'on trouve les résultats dans l'état de sortie "planning et bilan de charge".

Fig. 3



.../...

Nivellement des charges

Cet état montre capacités et charges par périodes de temps variables pour une ressource (par exemple un poste de charge). Cet état aide l'utilisateur à prendre des décisions à la fois à court et à long terme. Pour le court terme, les longueurs des périodes devront être petites, ainsi l'on pourra prendre des décisions concernant les heures supplémentaires. Ces décisions serviront à modifier les capacités à court terme pour éviter un retard immédiat sur des ordres dont l'exécution est proche. Pour le planning à long terme, l'utilisateur doit choisir entre retard ou changement de capacité de nature plus générale ; par exemple, modification des effectifs, achat de nouvelles machines, sous-traitance... Chaque graphique fournit 2 types de résultats : décisions suggérées, conséquences si les décisions suggérées ne sont pas prises. Ceci permet à la Direction de voir les deux extrêmes de leurs positions possibles. Du point de vue du planning, cet état est un des plus importants de CAPOSS parce qu'il fournit les besoins en capacité pour la totalité de l'horizon dans lequel on a fourni des données.

Estimation des dates de fin vraisemblables :

La phase bilan de charge compare les charges planifiées aux capacités disponibles. Après cette phase, l'utilisateur a la possibilité de revoir les commandes en carnet afin de modifier les dates de fin demandées ou de décider de la sous-traitance d'ordres choisis. Inversement, il est possible que sans de telles actions, les commandes en surcharge soient retardées à cause des limitations en capacité. La détermination des commandes qui pourraient avoir à supporter un tel retard, est accomplie en utilisant la phase estimation des dates de fin vraisemblables. Elle considère un horizon défini par l'utilisateur (généralement plus petit que celui utilisé dans la phase planning et bilan de charge) et, dans cet horizon, estime les dates de fin de chaque commande. Il faut bien comprendre que plus l'horizon est grand, moins ces derniers résultats seront précis, parce que de nombreuses conditions, par exemple les temps d'attente, sont sujets à des changements dans un environnement industriel normal. CAPOSS utilise des valeurs calculées des temps d'attente prévisibles devant chaque ressource ou poste de charge pour les différentes classifications de commandes. En se servant de ces temps d'attente, chaque tâche ou opération est ordonnancée en respectant les limites de capacité des ressources ou postes de charge.

Les résultats pourront servir à la Direction pour prendre des mesures correctives lorsqu'une commande a un retard prévisible. Ces décisions devront être révisées en accord avec celles prises au vu de l'état "planning bilan de charge". Les dates de fin seront estimées à partir des capacités spécifiées par l'utilisateur pour chaque ressource ou poste de charge. Ainsi, si la Direction décide d'accroître les capacités, les résultats de la phase estimation de dates vraisemblables, devront être étudiés après avoir fourni au programme les modifications de capacité. La phase estimation de dates vraisemblables va travailler comme un système d'alarme avancé pour mettre en évidence les ordres qui risquent d'être retardés. Ceci permet de réviser les prévisions de livraison.

.../...

Ordonnancement des opérations :

Dans la phase ordonnancement des opérations, on simule la charge de travail sur chaque machine individuelle pendant une période courte. Elle peut varier, par exemple, de 1 à 10 jours en fonction de la vitesse de circulation de la fabrication dans le contexte industriel. Cet ordonnancement est réalisé en deux étapes qui sont :

- 1°) - Ordonnancement global (planning de l'émission des ordres).
- 2°) - Ordonnancement détaillé (séquence des opérations).

Le but de la vue globale est d'examiner l'effet du chargement des commandes planifiées dans l'atelier, et de localiser les goulots d'étranglement probables pour le proche futur. On analysera chaque commande afin de déterminer si elle peut passer sur chaque poste de charge dans le temps voulu ou bien si il faut s'attendre à un retard. Si l'on s'attend à un retard, on retardera le lancement de la commande dans l'atelier afin d'éviter d'augmenter le goulot d'étranglement et, par conséquent, le capital investi.

Le lancement d'une commande peut être contrôlé, soit en réduisant sa priorité, soit en retardant sa date de lancement. Diminuer la priorité tout en conservant la date de lancement origine, a un effet dans des conditions de surcharge, mais cet effet sera diminué si une sous-charge apparaît. Cette méthode permet au module d'ordonnancement de détail, de la souplesse pour trouver la meilleure séquence des opérations. Retarder la date du lancement, est un contrôle extérieur rigide qui ne peut pas être modifié par la phase ordonnancement des opérations. L'utilisateur a le choix entre ces deux méthodes. Lors de la simulation de détail, chaque machine individuelle sera ordonnée en accord avec toutes les fonctions expliquées dans le chapitre "Dispositifs".

L'utilité de CAPOSS dépend de l'importance de la participation de la Direction. CAPOSS fournit une solution à jour et exécutable, utilisant les dernières informations fournies par l'utilisateur. Ces informations doivent être à jour si l'on veut que les résultats soient sûrs. De plus, le fonctionnement de la fabrication doit être comparé au plan d'exécution. Les listes de séquences d'opérations doivent être suivies chaque fois que possible, et la Direction devra contrôler de très près les écarts par rapport au plan de travail, afin de s'assurer que ces exceptions sont pleinement justifiées. De cette façon, le personnel d'atelier et CAPOSS devront travailler ensemble comme une équipe. Ils ne peuvent exister avec succès sans coopération mutuelle.

5 - DELAI DE REPONSE

- . Les traitements sont hebdomadaires en raison de leur lourdeur.
- . Compte tenu du délai de préparation et de transmission des bordereaux et de perforation, et de transmission des résultats, le délai de réponse global du système peut donc atteindre 6 ou 7 jours ouvrables.

N.B. : Des mises à jour quotidiennes peuvent être faites, mais elles ne portent que sur l'avancement ou la notification des opérations. Elles accélèrent les traitements hebdomadaires.

.../...

. Les temps de traitement ne sont pas précisés par la documentation. Le manuel IBM page 104, indique :

Les besoins en temps de l'ordonnancement détaillé sera fonction de l'horizon ordonnancé.

Le temps réels de passage de l'ordonnancement détaillé de base dépendra des conditions de charge et de la facilité de respect des dates des opérations. L'utilisation de machines individuelles augmentera le temps de traitement. Ces temps augmenteront encore plus si l'on a spécifié des sous-groupes pour les opérations. L'utilisation des dispositifs spéciaux du programme sera également un facteur d'augmentation des temps. C'est particulièrement le cas du groupage, de l'enchaînement, des ressources associées et des opérations à délai critique.

6 - REMARQUES CONCERNANT LA CONCEPTION GENERALE DU PROGRAMME

6,1 - Les modules (2) et (3) : Planning à long terme, et estimation des dates de fin vraisemblables, (qui correspondent à des problèmes non traités dans le programme objet du présent mémoire), sont optionnels.

. Dans cette étape, le CAPOSS ne tient pas compte des capacités réelles des machines à traiter les opérations aux dates prévues, mais de délais moyens interopération, estimés "a priori" par l'utilisateur.

. De sorte que les prévisions faites ou les décisions prises par cet utilisateur, sur base des listing d'avance ou de retards des commandes édités à l'issue de ces étapes peuvent être remises en cause lors de la phase suivante de planning à court terme par exemple : les caractéristiques particulières de telle commande ne lui permettant pas de s'accomoder de délai interopération "moyens", elle sera placée en retard.

6,2 - Dans la phase "planning d'atelier" (qui correspond au programme présenté ici) deux points sont à souligner :

- L'algorithme utilisé est du "second type" ci-avant décrit : chaque poste de travail recherche tour à tour la première opération disponible à exécuter, dans le carnet de commande. Il vise à rendre maximum le coefficient d'utilisation des postes de travail.

- La date d'exécution de chaque opération n'est pas prévue par exploration précise des possibilités de chaque poste, comme dans le travail présenté ici, mais par une analyse de la file d'attente devant chaque poste, "utilisant des techniques de lissage exponentiel basées sur les valeurs historiques extrapolées dans le futur" (manuel p. 98). En fait, le planning détaillé n'est fait que sur une durée courte (10 jours environ).

6,3 - On a vu plus haut que le CAPOSS prend en charge l'ordonnancement des commandes et la prévision des besoins à long terme. On verra plus loin que, dans la planification d'atelier, il prend en compte un nombre important de possibilités de traitement automatique, des opérations (fractionnements, chevauchement...) afin d'aboutir à un planning exécutable et "optimisé" (c'est-à-dire ici maximisant le coefficient d'utilisation des postes de travail. Ces travaux, interconnectés, exécutés à l'aide d'algorithmes sophistiqués, demandent un temps de traitement important, à un délai de réponse long (5 à 7 jours) donc à la nécessité d'adapter le planning listé par l'ordinateur, à l'aide de dispositifs manuels.

C'est à ce titre que le "CAPOSS" nous semble une typique illustration d'une génération de programmes de planification ambitieux, mais inadaptes à la conduite fluctuante des ateliers.

7 - EXAMEN DETAILLE DU FONCTIONNEMENT DU "CAPOSS", CONCERNANT LE
MODULE "PLANNING D'ATELIER"

7,1 - Description des postes de travail

Ces postes sont organisés en :

7,11 - Postes de charge

Comprend un ou plusieurs postes de travail, qui seront regroupés et considérés comme un poste unique. Par exemple : un poste de charge peut être un tour, une équipe indissociable formée d'un chaudronnier et de son aide, une batterie de 5 fours, etc...

7,12 - Sous-poste de charge

A l'intérieur d'un poste de charge, des sous-postes peuvent être spécifiés, qui ne peuvent exécuter que certaines catégories de travaux. Par exemple : dans un poste de charge fait de 15 tours, 10 d'entre eux ne pourront faire des travaux précis.

7,13 - Machine simple

Constitue l'un des éléments, insécable, d'un poste de charge : c'est un sous-poste de charge d'un seul élément.

7,14 - Poste de remplacement : Si

- un goulot d'étranglement (surcharge temporaire) se produit sur un poste de charge, et que :
- il n'y a pas d'opération de remplacement (voir plus loin la définition)

on peut définir un poste de remplacement d'un poste d'origine. Le travail du poste d'origine peut être reporté sur le poste de remplacement sauf si l'utilisateur donne une spécification contraire ou si un sous-poste ou une machine particulière est nécessaire pour effectuer l'opération. On peut spécifier jusqu'à 5 postes de remplacement par poste. Les postes de remplacement d'un de remplacement ne sont pas pris en compte pour le déchargement.

NB : Postes, sous-postes, poste de remplacement et machines simples correspondent aux notions de "famille de postes hiérarchisées" que nous avons utilisées.

.../...

Toutefois, les opérations nécessitant des sous-postes ou des machines individuelles ne sont pas transférées à un poste de charge de remplacement. Les opérations et gammes de remplacement déjà chargées sur des postes de remplacement ne peuvent pas être déchargées ultérieurement sur d'autres postes de remplacement.

NB : On voit donc qu'il y a là moins de souplesse que celle créée par la spécification de "familles de machines" où les séquences de remplacement peuvent être choisies à volonté par la préparation.

7,15 - Calendrier de production - Capacités des postes

Il est défini par l'utilisateur en jours ouvrables, numérotés au choix de 0 à 4999.

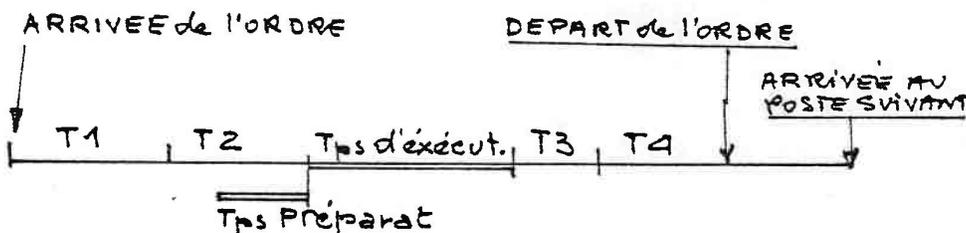
L'utilisateur spécifie également la capacité journalière, en heure de travail de chaque poste, de chaque sous-poste et machine simple. Ces capacités journalières peuvent être différentes d'un poste à l'autre. La capacité peut aller jusqu'à 3 équipes de 8 heures, 7 jours par semaine.

Il peut exister des postes à "capacité infinie" (fournisseurs, sous traitants ...) permettant d'accueillir les opérations traitées à l'extérieur.

NB : On trouve ici les possibilités données par l'utilisation de "masques horaires".

7,16 - Charge des postes, délais de manutention entre postes

Le programme distingue les durées suivantes, dans l'exécution d'une opération sur un poste.



La figure montre la répartition des éléments du temps inter-opératoire avant et après une opération.

T1 correspond à la file d'attente devant le poste de charge.

.../...

T2 est calculé comme un pourcentage du temps d'exécution. A la fin de ce temps, on peut commencer l'exécution proprement dite. Ceci signifie que le temps de préparation est chevauché par T2, mais il ne peut pas être chevauché par T1.

T3 est le temps pendant lequel une opération doit rester au poste de charge après la fin de son exécution. Ce temps est exprimé comme un pourcentage du temps d'exécution. A la fin de ce temps, l'opération est disponible pour être transférée au poste de charge suivant.

T4 est le temps moyen d'attente de transport d'un poste de charge à un autre poste de charge après l'exécution de l'opération. C'est une constante pour chaque poste de charge.

T5 représente le temps de transport d'un poste de charge à un autre. Une matrice d'emplacement des postes de charge définit les temps nécessaires au transport de n'importe quel poste vers un autre poste.

DE VERS	1	2	3	4
1	1 ^h			
2			10 ^h	
3		12 ^h		
4				

La valeur appliquée est trouvée au croisement de la ligne "de" et de la colonne "vers", c'est-à-dire que le temps de transport peut dépendre du sens du trajet. Dans l'exemple de la figure 8, il faut 12 heures pour le transport du travail du poste de charge d'emplacement 2 vers le poste d'emplacement 3, tandis qu'il faut seulement 10 heures dans le sens contraire. Ce ne sont pas nécessairement les mêmes valeurs. On peut également définir un temps de transport à l'intérieur d'un même emplacement, par exemple, une heure pour le poste de charge n° 1.

Les temps inter-opérateurs T4 et T5 qui ne dépendent pas de l'opération sont convertis en jours en utilisant une "capacité journalière de transport". C'est le nombre d'heures disponibles pour transporter du travail d'un poste à un autre dans une journée. T1, T2 et T3 utilisent la "longueur d'une journée de travail" spécifiée pour chaque poste de charge.

.../...

L'utilisateur peut spécifier un temps inter-opérateur avant une opération de façon externe. S'il en est ainsi, ce temps est utilisé à la place des valeurs calculées. T1 et T2. De plus, l'utilisateur pourra spécifier un temps inter-opérateur après l'opération en substitution de T3, T4 et T5, également de façon externe.

Comme on a pu le voir, les éléments de temps inter-opérateurs peuvent couvrir n'importe quel type de temps qui s'écoule entre les opérations. Il est laissé à l'initiative de l'utilisateur d'affecter une signification spéciale à chacun des éléments constituant ces temps suivant l'application envisagée. Le temps de complexité dépend du contexte de l'utilisateur.

L'analyse de ces diverses durées permet de calculer les chevauchements possibles des opérations (voir plus loin §

7,2 - Descriptions des commandes et des opérations

7,21 - Identification

Les commandes sont définies par un numéro analysable en :

- n° de projet
- n° d'ordre
- n° de groupe.

Les opérations sont numérotées également dans l'ordre de la gamme.

7,22 - Délais au plus tôt et au plus tard des commandes

Pour chaque commande ou chaque groupe de commande, l'utilisateur doit spécifier le jour de début au plus tôt, et celui de fin au plus tard.

7,23 - Délais "normaux" des opérations

Le programme calcule les dates de début au plus tôt et au plus tard normaux de chaque opération, compte tenu des délais de début au plus tôt et fin au plus tard des commandes, et des temps d'exécution et d'attente inter-postes "normaux" définis plus haut.

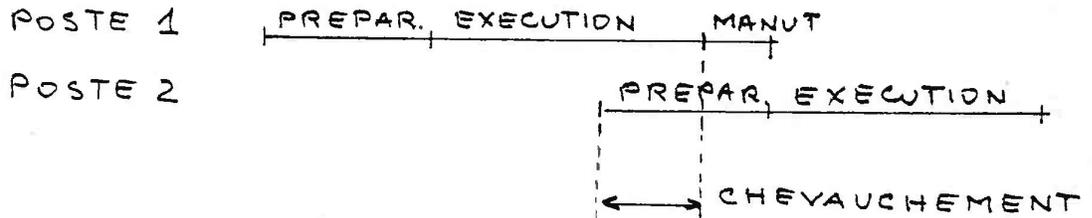
7,24 - Délais réduits entre opérations

Le programme peut calculer également au besoin des délais entre opérations réduits par deux types de manoeuvres :

.../...

7,241 - Chevauchement

La préparation d'un poste (T2) peut commencer alors que l'exécution sur le précédent n'est pas terminée, de sorte que les exécutions de 2 opérations successives peuvent se chevaucher.



L'utilisateur indique pour chaque opération si elle peut chevaucher l'opération précédente.

Le programme vérifie alors que les conditions de chevauchement sont remplies, c'est-à-dire :

- temps minimum de chevauchement
- décalage après chevauchement
- décalage avant chevauchement
- quantité minimum de manutention.

7,242 - Fractionnement

Une opération peut être fractionnée, chaque fraction étant exécutée simultanément sur un poste de travail différent.

L'utilisateur indique quelles opérations peuvent être fractionnées et selon quelle "option" :

- quantité
- temps opératoire
- plusieurs ouvriers ou machines simples.

Selon l'option choisie, le programme procède à des vérifications simples (par exemple si la quantité est fractionnée, chaque fraction doit comprendre un nombre entier de pièces, ...), puis calcule le temps d'exécution de chaque fraction d'opération.

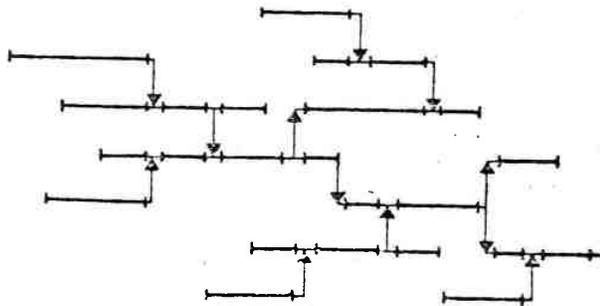
7,25 - Liaisons entre commandes

7,251 - Réseaux techniques

Les diverses commandes des pièces qui doivent être terminées ensemble (pour s'assembler par exemple) peuvent être liées par leur numéro de groupe.

Ce numéro de groupe peut lier des commandes pour toute autre raison de commodité qu'une date de fin d'exécution commune.

Les liaisons sont exploitées par le programme, dans les étapes (2) et (3) (Planning à long terme et estimation des dates vraisemblables de fin d'exécution) pour calculer les dates de début nécessaires des commandes liées, et ceci pour un réseau même complexe, tel que schématisé ci-dessous :



.../...

7.252 - Priorité relative des commandes

Les auteurs du programme estiment (manuel page 47) que deux types de priorité sont nécessaires. L'un se base sur les ordres, et l'autre sur les opérations. Ces priorités doivent réagir l'une sur l'autre afin d'assurer une progression continue des priorités à travers la totalité du programme.

Puisqu'il n'est pas possible, dans des conditions normales, d'établir un système de priorité satisfaisant, basé sur des fonctions mathématiques exactes, on a trouvé beaucoup plus pratique de fournir un système de priorité basé sur des valeurs pondérées. Avec cette technique, chaque utilisateur peut ajuster les pondérations à ses nécessités particulières."

Priorité des ordres

Les 6 valeurs pondérées suivantes sont utilisées dans le calcul de la priorité des ordres :

- retard
- marge
- pourcentage de réduction
- priorité externe
- capital investi dans le travail déjà terminé
- un indicateur indiquant que l'ordre a déjà été ordonnancé.

Le retard représente la différence entre la date de fin possible et la date demandée. Ceci tient compte de toutes les possibilités de réduction du délai d'exécution, et suppose que toute la capacité nécessaire est disponible.

La marge est définie comme la différence entre date de début au plus tôt et au plus tard.

Le pourcentage de réduction est défini comme : "ce qui est nécessaire pour respecter à la fois les dates de début au plus tôt et de fin au plus tard". Ce pourcentage peu clairement défini devrait logiquement mettre en rapport les délais inter-opération "normaux" et ceux nécessaires à la terminaison de la commande dans les délais impartis par le client.

RELATIONS ENTRE LA PRIORITE DE L'ORDRE ET L'URGENCE

La priorité externe est spécifiée par l'utilisateur lors du chargement des ordres, des groupes, ou des projets, la priorité définie au niveau de l'ordre étant majeure. La priorité externe a une influence directe sur le résultat des priorités.

Le capital investi dans un travail terminé est composé de coûts matière et main-d'oeuvre.

Par l'intermédiaire de tables de priorités, l'utilisateur spécifie l'importance relative des six éléments ainsi que l'inter-action de ces éléments. L'utilisateur peut influencer la priorité en pondérant les éléments pour former une fonction traduisant l'urgence des ordres. Les différents éléments d'influence peuvent être additionnés par groupes, puis ces groupes comparés entre eux, la plus grande valeur de ces groupes sera la priorité de l'ordre.

La priorité de l'ordre sert dans les phases de planning à plus long terme et a une grande influence sur la priorité des opérations.

7,253 - Mise à jour et modification des commandes

"CAPOSS permet la mise à jour des fichiers des ordres existants afin de refléter la situation réelle de l'environnement ordonnancé. Les mouvements se rapportent au cycle de mise à jour générale hebdomadaire, tandis que les retours d'informations rendent compte des exécutions réelles et des changements qui se sont produits chaque jour".

Mouvements

Les types suivants de mouvements des fichiers des ordres sont acceptés :

- addition
- annulation
- annulation totale
- modification
- avis d'exécution
- avis d'exécution totale.

Addition

Des additions sont permises pour tous les enregistrements fournis par l'utilisateur. Elles sont définies comme nouvelles entrées pour le fichier et caractérisées par une nouvelle combinaison du numéro d'identification et du type d'enregistrement.

.../...

Annulation

Une annulation permet à l'utilisateur d'enlever un enregistrement du fichier existant. La hiérarchie est respectée et tous les enregistrements de plus bas niveau sont aussi annulés. Exemple : si un ordre est annulé, toutes les opérations, opérations de remplacement, matière et liaisons associées sont aussi annulées. Les enregistrements de même numéro d'identification peuvent être ajoutés pendant le même traitement.

Annulation totale

Fonction identique à l'annulation, sauf que les enregistrements de même identification ne peuvent pas être rajoutés dans le même traitement.

Modification

L'utilisateur n'a besoin de fournir que les données correspondant aux zones qu'il veut changer ainsi que l'identification complète de l'enregistrement. Les autres zones seront conservées dans leur état original. L'utilisateur a le droit de traiter toute addition qui a déjà dupliqué des entrées du fichier, comme une nouvelle information. S'il choisit cette option, de telles informations nouvelles remplaceront l'original comme un changement complet.

Avis d'exécution

Un avis d'exécution ne peut être utilisé que pour les opérations, opérations de remplacement et matière. Ce peut être une combinaison de ce qui suit :

- 1 - une opération spécifique ou une matière déterminée sont terminées.
- 2 - toutes les opérations et matières précédentes de l'ordre sont aussi traitées comme étant terminées.
- 3 - la quantité réelle indiquée dans l'avis d'exécution sera reportée sur toutes les opérations et matières suivantes de l'ordre.

Exécution totale

Une exécution totale permet à l'utilisateur de signaler l'exécution de la totalité d'un projet, d'un groupe d'ordres ou d'un ordre unique avec une seule transaction. Ceci indiquera automatiquement comme étant terminés tous les enregistrements associés. Dans ce cas, les statistiques d'exécution des opérations individuelles et des matières n'étant pas disponibles, le programme utilise les valeurs prévues à la place des valeurs réelles.

.../...

Lors de l'installation du programme, l'utilisateur a besoin de construire le fichier des lancements et de le maintenir à jour sans exécuter la totalité du programme. Les mouvements d'exécution et d'exécution totale, permettant d'effectuer ceci en n'utilisant que le cycle de mise à jour hebdomadaire.

Retour d'informations d'atelier

Un système d'ordonnancement ne peut travailler qu'avec la précision permise par le retour des informations. C'est pourquoi afin de tirer tout le bénéfice d'un réordonnancement journalier, il faut installer un système de retour précis et rapide. Le retour des informations, en provenance généralement de l'atelier lui-même, est la méthode utilisée par CAPOSS pour enregistrer la progression des ordres : quels sont ceux exécutés dans les temps, et ceux qui tombent au-delà de la date planifiée.

7,26 - Liaisons entre opérations

7,261 - Exécution chronologique normale

- Les opérations d'une même commande sont habituellement exécutées successivement dans l'ordre croissant de leurs numéros.
- Les opérations de commandes différentes sont par ailleurs entreprises selon une priorité liée à celle des commandes auxquelles elles appartiennent. Celui-ci peut toutefois être modifié par un élément qui représente la probabilité de retard, et assurera un équilibre à l'intérieur de l'atelier entre les entrées et les sorties. On peut également réaliser ceci en contrôlant directement la date de lancement d'un ordre dans des conditions semblables. L'utilisateur peut choisir au moyen de paramètres le type de contrôle dont il a besoin.

Les éléments considérés sont :

- opérations en cours.
- opération appartenant à un ordre dont la priorité est supérieure à une limite spécifiée par l'utilisateur.
- opérations consécutives du même ordre sur le même poste de charge.
- règle de retard qui augmente la priorité d'une opération à mesure que sa date de début au plus tard devient plus proche.
- règle des opérations courtes, qui assure une distribution des charges aussi égale que possible pour les opérations qui ne sont pas urgentes.

Si, suivant ces critères, quelques opérations ont une priorité égale, leur importance relative sera mesurée par leur imminence. Si aucune distinction ne peut être faite avec ces règles, l'opération la plus courte sera chargée la première.

- CAPOSS prend de plus en compte diverses autres possibilités.

Toutefois, l'étude du programme ne permet pas de discerner clairement si ces possibilités sont intégrées dans le traitement automatique, ou si elles sont simplement énumérées à titre d'aide-mémoire de l'utilisateur (mis à part "chevauchement" et "groupage").

7,262 - Opérations de commandes différentes exécutées obligatoirement en parallèle

- Cela peut être, par exemple, la chauffe simultanée, sur deux postes différents de deux pièces à assembler par forgeage.

7,263 - Chevauchement forcé de plusieurs opérations

Ceci peut être le cas d'un ouvrier surveillant plus d'une machine automatique ou plus d'un processus. L'ouvrier n'a pas à travailler sur chaque machine à temps plein mais seulement pour un nombre donné d'heures par jour. Le nombre d'heures peut varier d'une machine à l'autre. Ceci signifie que la combinaison des ordres à exécuter à un même moment décidera du nombre de machines qui peuvent être ordonnancées dans une journée.

.../...

La limite correspond à un jour complet de travail pour l'ouvrier. Comme l'ouvrier fait le tour de ses machines, il est préférable de lui laisser le soin de décider des temps réels qu'il passera sur chaque machine.

7,264 - Groupage d'opérations de commandes différentes

- Pour tirer plein parti de leurs ressemblances : par exemples opérations exigeant le même montage d'outillage.
- L'utilisateur peut préciser, par un code à 7 chiffres les caractéristiques de chaque opération : le programme recherchera alors, dans la pile d'attente du poste, les opérations de mêmes caractéristiques à regrouper (c'est-à-dire à exécuter à la suite sur le poste).
- Une sophistication permet de préciser au besoin l'ordre dans lequel les diverses opérations ainsi regroupées doivent se succéder, en suivant l'ordre ascendant ou descendant d'un des numéros du code de caractéristique, ou un ordre ascendant puis descendant (on trouve de tels besoins dans le chargement d'un laminoir à froid, par exemple).

7,265 - Opérations d'une même commande, à réaliser à intervalle limité

- Lors de certaines étapes d'une fabrication un composant ou une matière peut avoir une durée de vie limitée, pendant laquelle sont à réaliser deux ou plusieurs opérations.
- Si le placement réalisé par le programme lors d'un premier traitement dépasse la durée de vie, l'utilisateur fractionne les opérations de la commande, comme vu en 7,242 ci-avant, pour réduire la durée totale d'exécution : cette manoeuvre est appelée "enchâinement".

7,27 - Gammes de remplacement

- CAPOSS offre la possibilité de remplacer la gamme des opérations d'une commande par une gamme de remplacement, comprenant soit un simple changement de machines dans le même "poste de charge", soit un changement de séquence de machines. Ceci afin :
 - de fournir du travail à des postes sous-chargés
 - d'effectuer à temps certaines opérations qui auraient été hors délais si l'on avait utilisé la gamme primitive.
- Le manuel d'utilisation décrit comme suit cette possibilité (p. 44) :

Grâce à un paramètre, l'utilisateur peut gérer l'emploi des opérations de remplacement pour éviter le temps mort ou non. Ceci est effectué en spécifiant pour chaque poste de charge un délai de libération relatif à la date de début au plus tard de l'opération primaire. Ceci permet le lancement de l'opération primaire. Dans le premier cas, si elles sont lancées en même temps, celle qui sera chargée sera celle qui, en accord avec les règles de priorité sera chargée la première avec succès. Ceci réduit les temps morts en utilisant des gammes de remplacement.

.../...

Dans l'autre cas, l'opération de remplacement ne pourra être chargée tant que l'ordre ne sera pas en retard, et cela servira à éviter un retard excessif à cet ordre.

7,28 - Mise à jour des opérations, à mesure de l'avancement

Elle est faite par enregistrement dans les fichiers d'un "avis d'exécution".

Un avis d'exécution se rapporte à une opération et une matière et indique que cette opération ou matière est terminée.

Il comprend les informations suivantes :

Quantité réelle exécutée :

L'utilisateur a la possibilité d'indiquer la quantité réelle exécutée. Une autre option permet de reporter cette nouvelle quantité à toutes les opérations et matières suivantes permettant ainsi tout ajustement nécessaire au prochain ordonnancement pour les rebuts ou la surproduction.

Temps réel d'exécution :

Si il n'est pas fourni, le programme utilisera les valeurs allouées lors de la mise à jour des statistiques de temps passés et de coûts jusqu'au jour du traitement. Cependant, quand une quantité réelle diffère de la quantité prévue, le temps prévu sera ajusté.

Si l'on reporte à la fois quantité et temps réels, la valeur de temps sera utilisée pour les statistiques et la quantité pour les ajustements de quantités.

Postes de charge réels :

Si l'avis d'exécution indique un poste de charge utilisé autre que celui originellement prévu, le coût sera calculé en utilisant les éléments de coût du nouveau poste de charge.

Opération hors de la séquence :

A chaque fois qu'une opération est indiquée comme terminée, bien que les opérations précédentes ou les matières n'aient pas été terminées, l'utilisateur peut spécifier dans l'avis d'exécution si ces opérations et matières précédentes doivent être automatiquement considérées comme terminées ou non. On pourra prendre cette option pour les dernières opérations ou pour des opérations de contrôle intermédiaires afin de réduire le volume des informations en retour en provenance de l'atelier.

Les avis d'exécution partielle servent pour les opérations dont l'exécution a des chances de s'étendre sur une ou plusieurs périodes de réordonnancement. En reportant une exécution partielle, l'utilisateur fournit une information plus précise sur l'avancement des travaux à la date d'arrêt des comptes, et, en retour, obtient un ordonnancement plus précis. Quand une opération est partiellement terminée, elle peut être reportée en utilisant la quantité partielle ou le temps partiel depuis le dernier retour des informations.

.../...

Si l'on trouve peu pratique de reporter de fréquents avis d'exécution partielle pour des opérations très longues, l'utilisateur peut choisir l'option de mise à jour automatique des avis d'exécution partielle, en accord avec la vitesse prévue. La quantité restante calculée par le programme sert alors au prochain réordonnement. Le programme ne supposera pas qu'une opération est en cours ou est terminée sans informations de retour de l'utilisateur et c'est pourquoi au moins un avis d'exécution partielle et un avis d'exécution totale sont nécessaires pour cette option.

On peut fournir un avis d'exécution partielle avec une quantité nulle, et dans ce cas, le programme supposera l'opération en cours et le temps de préparation terminé.

On peut indiquer une machine réelle, ce qui contraindra le programme à utiliser cette machine pour tous les ordonnancements suivants de cette opération. Normalement, il n'est pas besoin d'indiquer le numéro du poste de charge. S'il diffère de celui planifié, il peut être indiqué et sera respecté dans tous les ordonnancements futurs, même s'il n'a pas été indiqué comme poste de remplacement. Des statistiques de coût seront cumulées en utilisant les valeurs assignées au poste de charge réel.

Normalement, quand une opération ou une matière est indiquée comme étant terminée, le programme suppose que, pendant le temps de préparation du nouvel ordonnancement, l'ordre aura atteint le poste de charge suivant et sera disponible pour le chargement. On pourra passer outre cette possibilité à chaque fois que des temps inter-opérations particulièrement longs sont en cause ou lorsqu'un travail non planifié (comme par exemple une rectification est nécessaire avant que l'opération suivante puisse commencer). Pour réaliser ceci, les informations de retour peuvent inclure la date de fin réelle avec une précision de dixième de jour. Le temps inter-opérations habituel sera compté à partir de cette date de fin réelle.

Changements de capacité :

Tous les changements connus de capacité future des machines individuelles à l'intérieur de l'atelier peuvent également être indiqués. Ces changements pourront être indiqués pour chaque machine, par poste de charge ou pour l'atelier entier.

7.3 - Algorithme de chargement des opérations sur les postes de travail

La procédure de chargement essaie de minimiser le temps mort qui existe sur chaque machine. L'utilisateur a la possibilité d'outrepasser sélectivement ce dispositif en ajustant les dates de lancement des ordres ou la priorité de tous les ordres qui ont des retards résultant de goulots d'étranglement. Ceci est montré dans la phase ordonnancement global (lancement des ordres) vue précédemment (voir le chapitre solution). L'utilisateur peut également permettre des temps morts pour accélérer le chargement des ordres de priorité élevée.

.../...

Le principe du changement consiste à diviser les jours en trois équipes, chacune de 8 heures, et la semaine en 7 jours, l'utilisateur spécifie quelles sont les équipes disponibles pour le chargement ainsi que leur capacité réelle pour chaque poste de charge. Plus les spécifications de capacité sont générales par poste de charge, plus il est simple de les décrire. Des conditions exceptionnelles peuvent être indiquées par l'utilisateur dans le fichier subordonné des postes de charge. La procédure de chargement est exécutée en trois étapes : initialisation, chargement et routine de fin d'équipe.

La routine d'initialisation prépare les horloges des machines individuelles qui montreront à quel moment la machine en question est disponible pour le chargement. Ceci comprend l'indication des temps morts entre les opérations qui sont déjà chargées.

Le principe du chargement est d'examiner tous les postes de charge en séquence. Dans un cycle, toutes les opérations qui attendent à un poste de charge et sont prêtes à être chargées sont considérées tant qu'il y a de la capacité disponible. L'horloge de cycle est alors augmentée et tous les postes de charge sont à nouveau considérés. Le temps de cycle est spécifié par l'utilisateur parmi les valeurs 1, 2, 4, ou 8 heures.

Normalement, les opérations seront chargées sur des machines individuelles afin de minimiser les temps morts. Ainsi, si une opération de forte priorité n'est pas encore disponible, l'opération suivante de priorité plus faible sera chargée. Cependant, dans des cas spéciaux, il est possible d'accélérer des opérations de forte priorité au prix d'un temps mort, en empêchant le chargement des opérations de faible priorité. Pour réaliser ceci l'utilisateur spécifie un temps mort maximum permis pour les opérations appartenant à des ordres dont la priorité est supérieure à une certaine limite. Ceci est spécifié par poste de charge.

Si l'utilisateur a choisi la minimisation des temps morts comme critère de chargement, aucune opération ne sera chargée à l'intérieur d'un cycle de chargement si elle crée du temps mort. Le cycle suivant, cependant, ordonnancera alors dans le passé. Cette possibilité permet aux machines qui ont du temps libre de rester disponibles pour des opérations de haute priorité en évitant d'être bloquées par des opérations de faible priorité.

Lorsqu'une opération a été finalement acceptée à une machine individuelle, sa suivante est rendue disponible, ou, s'il y a plus d'une précédente le compteur d'opérations précédentes est décrémenté de 1. Quand le compteur d'opérations précédentes est ramené à 0, l'opération est disponible pour le chargement et on peut déterminer la date et l'heure de disponibilité. Ceci est calculé en utilisant les éléments de temps inter-opérateurs déjà vus plus haut dans ce manuel (voir le paragraphe "ordonnancement"). Le temps d'attente n'est pas pris en compte parce que le temps d'attente réel est calculé lors de la simulation du chargement.

Si le calcul montre qu'une opération est en retard, on essaie le chevauchement pour éviter le retard si ceci est spécifié. Si le chevauchement est nécessaire, le programme essaie d'effectuer le chevauchement en accord avec les règles de chevauchement. Si ces règles ne peuvent pas être respectées, il n'y aura pas de chevauchement. On doit également effectuer un test pour s'assurer que l'opération chevauchante ne finit pas avant l'opération chevauchée. Ceci peut être causé par des capacités différentes des équipes des postes de charge concernés.

Si des opérations fractionnées entrent dans la procédure de chargement, la procédure charge les opérations fractionnées en minimisant le délai total d'exécution du lot complet.

Quand les enregistrements d'entrée spécifient des machines individuelles ou des sous-groupes pour une opération, une technique de chargement différente doit être utilisée. Ceci signifie qu'on doit rendre disponible la machine individuelle ou le sous-groupe explicitement demandé pour l'opération. Si une autre opération a déjà été chargée dans le cycle de chargement courant, elle devra être déchargée, sauf si celle a une priorité supérieure.

Les opérations chargées sur les postes à capacité infinie peuvent, sur option de l'utilisateur, être chargées à leur date de début au plus tôt ou immédiatement avant leurs opérations suivantes pour avoir un temps d'attente minimum après de telles opérations.

Si l'opération suivante n'est pas chargée dans ce passage d'ordonnement, les opérations qui passent sur les postes à capacité infinie seront chargées à leur date de début au plus tard si elle est à l'intérieur de la période d'ordonnement.

La routine de fin d'équipe initialise le début de l'équipe suivante en ajustant les horloges des machines.

Ordres et changements urgents :

Comme indiqué plus haut, les besoins sur lesquels sont basés le planning et l'ordonnement changent de jour en jour. Ceci peut être dû à des ordres de clients urgents, des changements techniques, des modifications de projet, des articles manquants au moment du montage, des travaux refaits, des remplacements pour les rebuts, etc... Un module d'ordonnement à court terme doit être capable de réagir rapidement à de tels changements. Dans la plupart des cas, les nouveaux ordres et les changements ne sont pas si imminents qu'ils doivent être insérés immédiatement dans les plans à court terme, mais dans quelques cas, l'information doit être traitée immédiatement.

Traitement des ordres urgents :

L'utilisateur peut fournir des données d'entrée pour des nouveaux ordres dans la phase d'ordonnement à court terme (c'est-à-dire chaque jour). Ceci permet de rendre immédiatement disponible pour les calculs un ordre nouveau, ou bien d'avancer un ordre qui existe déjà dans le long terme. Cette possibilité peut également être utilisée pour changer complètement un ordre déjà enregistré.

Les ordres urgents sont automatiquement transférés dans le fichier complet du cycle hebdomadaire. On considère qu'ils ne comportent pas de liaison lors de leur introduction dans le cycle à court terme, mais on peut leur ajouter des liaisons dans le cycle de maintenance hebdomadaire.

Lorsqu'on introduit des ordres urgents, on utilise la méthode de chargement vers l'aval. Le fractionnement, le chevauchement, et les informations de temps inter-opératoires sont spécifiés par l'utilisateur, bien que les temps inter-opératoires puissent être pris dans les paramètres du programme.

Changements urgents :

Certaines modifications à des données existantes sont acceptées par l'intermédiaire du retour des informations de l'atelier. Elles peuvent contenir des changements au nombre de pièces d'un ordre, des nouvelles dates demandées, et une insertion d'opérations dans un ordre. Ces changements sont automatiquement pris en compte dans le fichier des lancements.

Description des entrées sorties :

"CAPOSS accepte des formats d'entrée complètement libres pour toutes les données d'un projet. Les données d'un projet se rapportent à toutes les descriptions des projets, des ordres etc... Le format et le contenu des états de sortie est aussi défini entièrement par l'utilisateur. Pour spécifier ces formats variables, aucune connaissance de programmation ou de traitement de l'information n'est nécessaire. Grâce à cette souplesse, n'importe qui dans l'entreprise est capable de produire un état avec une disposition correspondant à ses besoins spécifiques. Bien plus de nombreuses variantes différentes du même état de base peuvent être produites et elles sont enregistrées par le programme pour usage au moment désiré. Ainsi par exemple, on mettra en évidence des informations d'exceptions dans des combinaisons diverses."

Données de l'utilisateur :

Les données d'entrée du programme pourront être sur cartes, bandes magnétiques ou disques. Le format des données d'entrée est spécifié par l'utilisateur par l'intermédiaire de cartes paramètres et enregistré dans un fichier de paramètres. Au moment de l'exécution, la phase concernée se sert de cette information pour interpréter les enregistrements d'entrée. Ces spécifications ne nécessitent pas une autre compilation de la phase concernée. L'utilisateur peut aussi spécifier une zone de constantes. Cette zone pourra être utilisée pour enregistrer sélectivement des unités fixes de mesure ou d'autres informations constantes qui sont nécessaires dans les enregistrements d'entrée.

Enregistrement de données :

CAPOSS utilise la hiérarchie suivante entre les types enregistrements d'entrée :

- 1 - Projet
- 2 - Groupe
- 3 - Ordre
- 4 - Matière
- 5 - Opération
- 6 - Opération de remplacement
- 7 - Liaison

Les enregistrements projet et ordre sont générés automatiquement si l'utilisateur ne les a pas fournis,

.../...

Commentaires, concernant l'algorithme de chargement

- 1 - On voit tout d'abord que cet algorithme traite l'ensemble des commandes en carnet.

Rien n'est possible pour traiter une commande, introduite en urgence, par exemple : Le programme n'est pas conversationnel.

- 2 - C'est un algorithme très sophistiqué, où les diverses manoeuvres possibles ont été prévues et sont exécutées automatiquement (et rigidement).
- 3 - L'intervention du planificateur n'est possible que de manière limitée : changement de priorité, de possibilité de chevauchement ... par exemple. Ces modifications sont alors interprétées par un algorithme complexe pour modifier les placements d'opération de sorte que l'agent de lancement n'est pas certain du résultat qui sera obtenu. Il ne peut fixer lui-même la "place" exacte d'une opération.
- 4 - Il a déjà été relevé le temps de réponse important (5 - 7 jours) et l'importance du matériel utilisé, interdisant pratiquement la mise en oeuvre dans l'atelier même, donc le "dialogue" planificateur - système.
- 5 - Un seul algorithme est utilisable : appel des opérations dans une liste de priorité, à mesure de la disponibilité prévisionnelle des machines. Cet algorithme "optimise" de manière fixée une fois pour toutes par le programme le compromis "coefficient d'utilisation des postes - retards tolérés des commandes" : Il ne se prête donc pas à la modification conjoncturelle de politiques.
 - Il n'est donc pas non plus un instrument de recherche.
- 6 - Les diverses caractéristiques annoncées ci-dessus expliquent que la mise en oeuvre de tels systèmes dans les ateliers entraîne :
 - la nécessité de délais inter-opérations longs (1 opération par jour, par exemple dans une usine d'aviation, ou chez un constructeur d'outillage automobile).
 - la nécessité d'une organisation humaine importante de traduction et d'adaptation des prévisions du programme.
 - le fait que le planning informatique "suit" la fabrication plutôt qu'il ne la dirige.

PRESENTATION DETAILLEE DE L'OUTIL UTILISE

Présentation détaillée de
l'outil utilisé

PLACEMENT D'UNE COMMANDE
OU DE L'ENSEMBLE DES
COMMANDES DISPONIBLES -

- Définition	Page 2
- Ordino programme logique	3
- Rappels modes de placement	4
- Ordino programme péninsulaire	12
- Variables utilisées	14
- Ordino programmes détaillés	19
- Sous-programmes	30
- Description des ordino programmes	ANNEXE 1,
- Modifications du module placement	ANNEXE 2

3

- MODULE DE PLACEMENT -

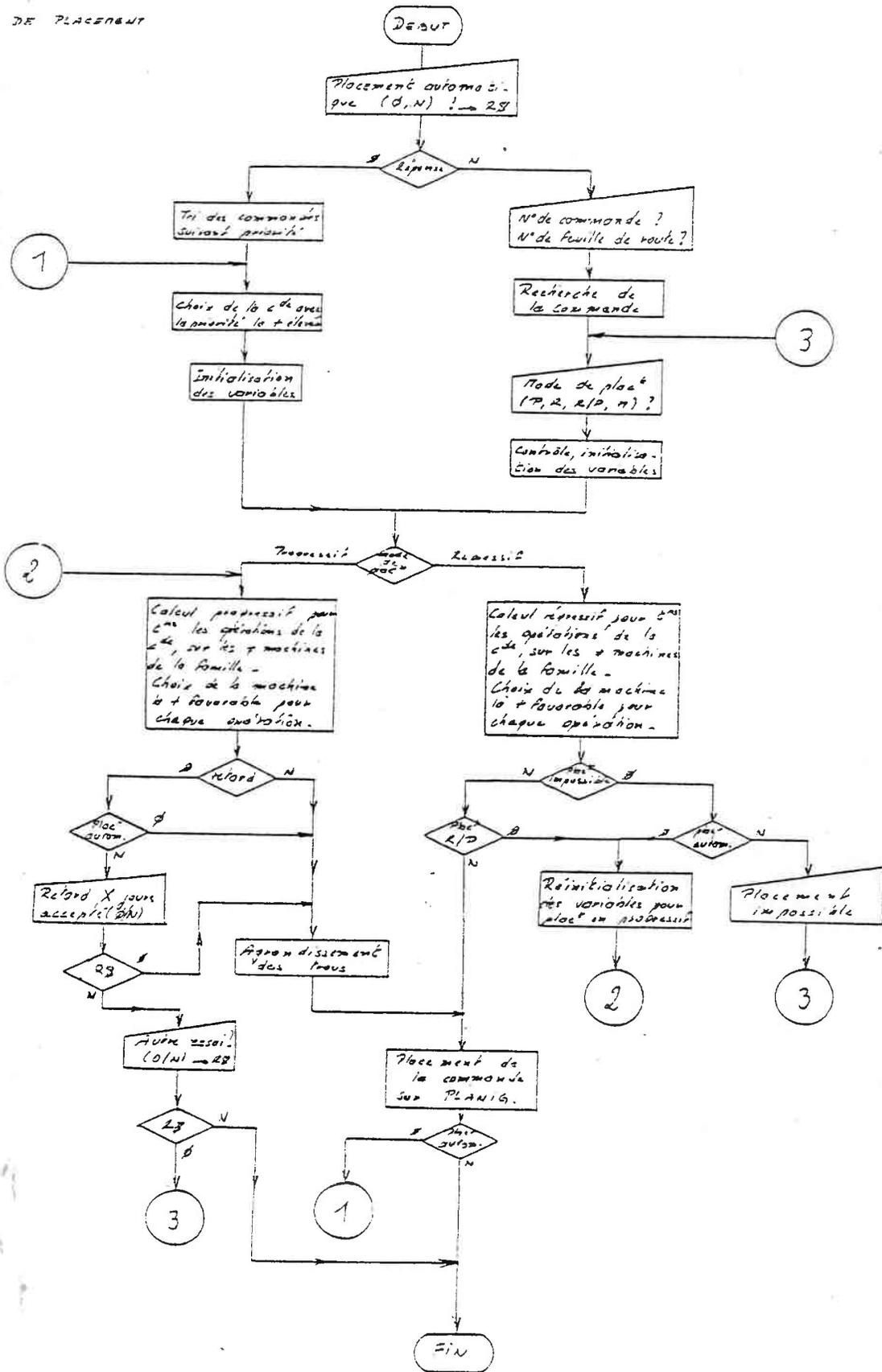
But: Etablir un planning des opérations

FONCTIONS Il s'agit de :

- 1 - Placement automatique du lot de cdes disponibles -
- 2 - Placement d'une commande.

PROCESSUS DE PLACEMENT : (voir ordina logique page suivante)

1. Le placement automatique d'un lot de commandes consiste à placer les commandes disponibles du CARNET suivant un ordre de priorité décroissante, en mode régresso - progressif.
2. Le placement d'une commande peut être exécuté suivant l'un des quatre modes :
 - progressif
 - régressif
 - régresso - progressif
 - manuel.
3. Le calcul des priorités a été fait pour chaque commande.
4. Le calcul de placement et le placement lui-même se fait opération par opération pour toutes les machines de la compagnie. Pour chaque opération, devant être exécutée sur une famille de machines, le calcul de placement est effectué par toutes les machines de la famille, et la machine la plus favorable sera retenue pour le placement sur le planning.



RAPPELS

4.

1) Commande :

défini par :

- numéro (N)
- composée de n opérations
- à placer entre :
 - au début ou plus tôt (JA) fonction de la disponibilité de matériel ou de l'outilage etc ...
 - une fin ou plus tard ou plus (D) -

2) Opération

défini par

- numéro d'ordre (n)
 - machine concernée
 - durée (d_m)
 - début ou plus tôt (JAm)
 - fin ou + tard (J_{Rm})
- } valeurs à partir de JA et de D de la commande.

Ex : commande N° 1 → JA, D

3 opérations :
1. 1 de durée d₁
1. 2 de durée d₂
1. 3 de durée d₃

Calcul des JR et JA

$$JR_3 = D$$

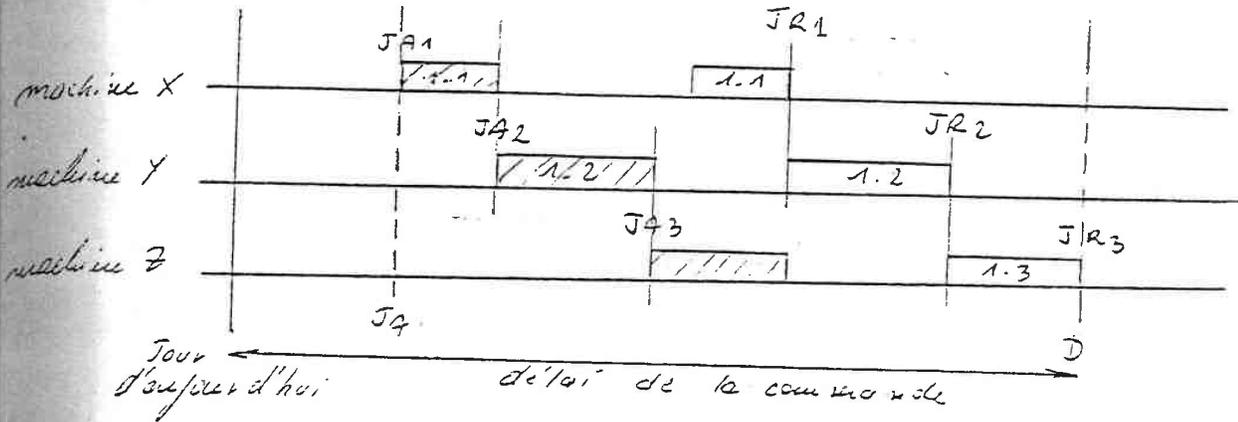
$$JA_1 = JA$$

$$JR_2 = JR_3 - d_3$$

$$JA_2 = JA_1 + d_1$$

$$JR_1 = JR_2 - d_2$$

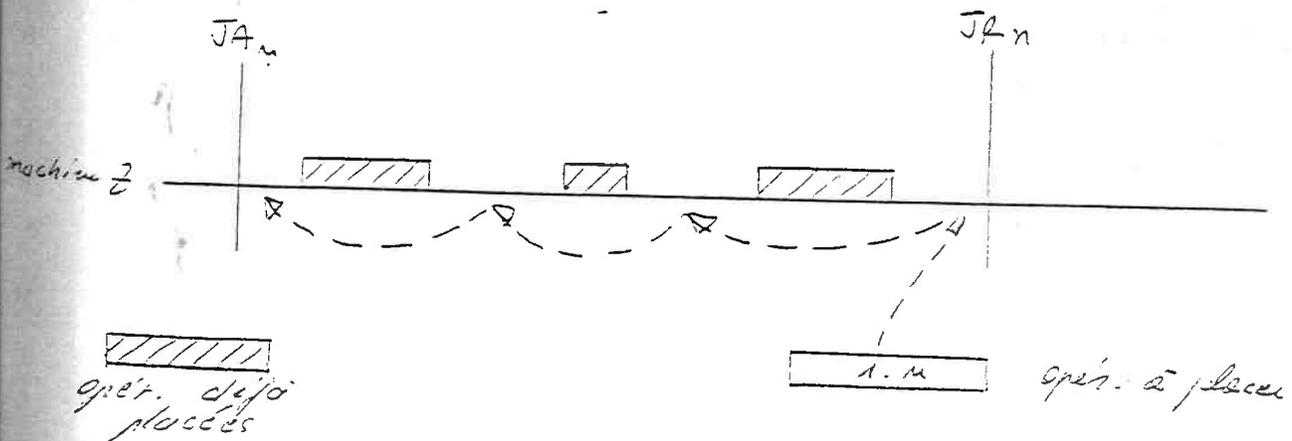
$$JA_3 = JA_2 + d_2$$



Les JA_n et JR_n ainsi calculés sont les limites extrêmes de placement de l'opération n .

3) Placement répressif:

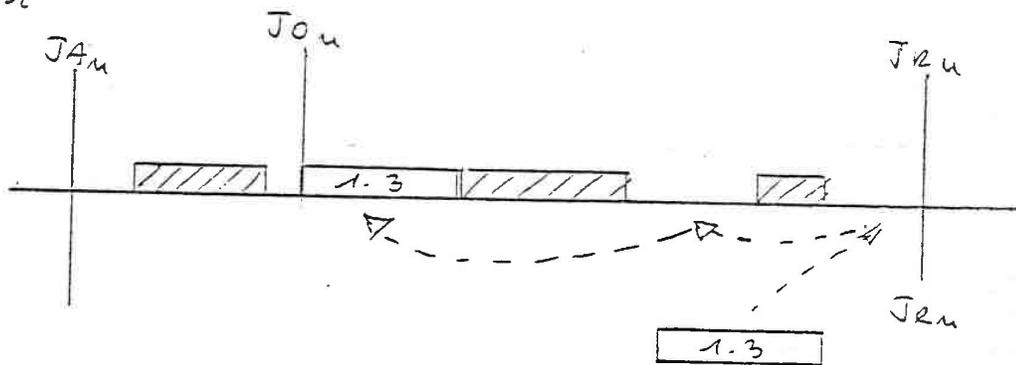
Il s'agit de placer chaque opération n , d'une commande N , entre son début au plus tôt (JA_n) et sa fin au plus tard (JR_n) calculés, le plus tardivement possible.



Le placement s'effectue epist au epist
 operation en commençant par la dernière que
 l'on essaye de placer la plus près possible de
 l'el'pi (D) de la commande.

Il s'agit, pour chaque operation de trouver un
 trou de diam. ou moins epale à la diam. de
 l'operation.

Si le placement n'est pas possible au JR_n , on
 va au trou précédent jusqu'à trouver un trou
 de longueur convenable. On aura alors un
 début el'pi (JOn) pour le placement de l'operation
 n



Si qu'une operation (n) n'a pas pu être
 placée à son JR_n , mais a été placée à un JOn ,
 l'operation précédente ($n-1$) ne devra plus être
 placée, au mieux, à son $JR_{(n-1)}$ mais
 au JOn donc par le placement de l'operation.
 On essaye de la placer à partir de JOn , et
 son placement nous donne un $JO_{(n-1)}$

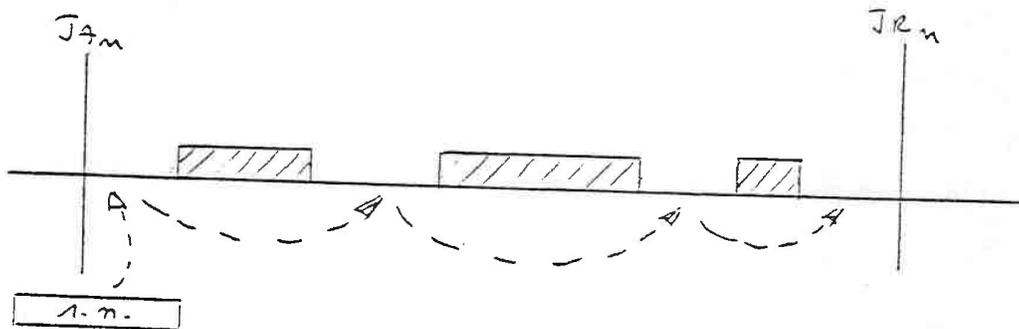
On procède ainsi pour toutes les opérations de la commande jusqu'à la première, ou J_{01} mais également le début oblique de la commande. J_{01} devra être $> J_A$ sinon le placement n'est pas possible.

INTÉRÊT

- le mode de placement a pour avantage de commencer la commande le + tard possible et donc de ménager des trous dans le planning, ces trous peuvent accueillir des commandes très urgentes (dépannages etc...)

4) Placement progressif

Il s'agit de placer toutes les opérations d'une commande entre J_{Am} et J_{Rm} le plus tôt possible (après le début ou plus tôt de la commande)



Le placement s'effectue opération après opération de la 1^{re} à la dernière. Si pour une opération (n) le placement n'est pas possible en J_{Am} , on va au trou suivant jusqu'à trouver un trou de longueur suffisante. On obtient des plots

un débit d'épave (J_{0n}) par le placement de cette
opération. L'opération suivante ($n+1$), devra être placée
à partir de ($J_{0n} + D_n$) et son placement
nous donnera un $J_{0(n+1)}$ - On procède ainsi
pour toutes les opérations de la commande -

INTÉRÊT

- le mode de placement, rend le placement d'une
opération toujours possible

5) Placement régresso-progressif:

. Il s'agit de calculer toutes les opérations
de la commande en mode régressif et d'abord, dans
le plus tard possible. Le calcul nous donne le
débit d'épave de la 1^{re} opération. On procède
ensuite au placement progressif de toutes les
opérations à partir du J_{01} de la 1^{re} opération
qui nous aura le J.O. de la commande -

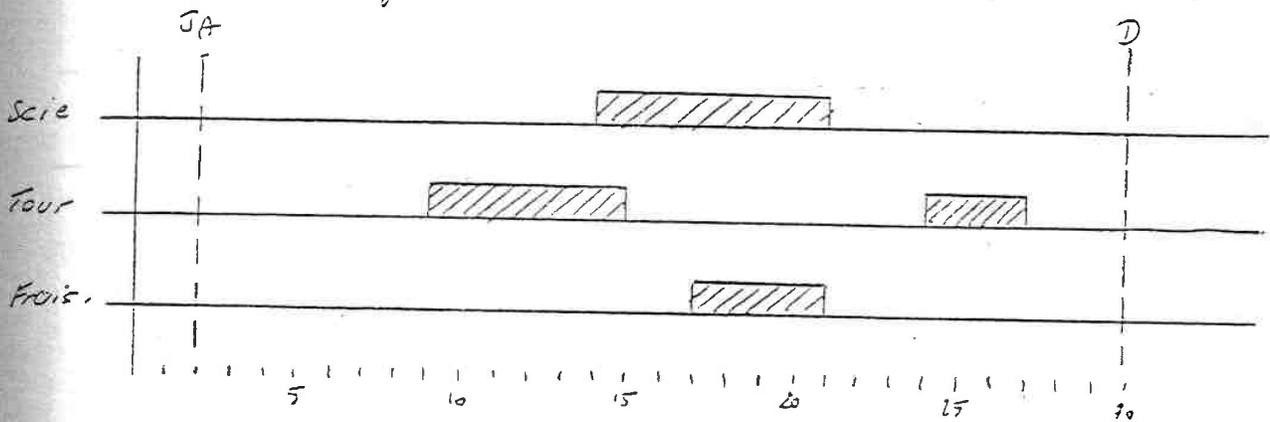
INTÉRÊT

- Par le calcul régressif on commence à exécuter
la commande à un débit d'épave qui sera
le plus tard possible, on minimise donc
des tous dans le planning pour les commandes
très urgentes.

- A partir de ce J.O., on liquide ensuite
la commande le plus rapidement possible
par un placement progressif, ce qui aura
pour effet de diminuer les en-cours.

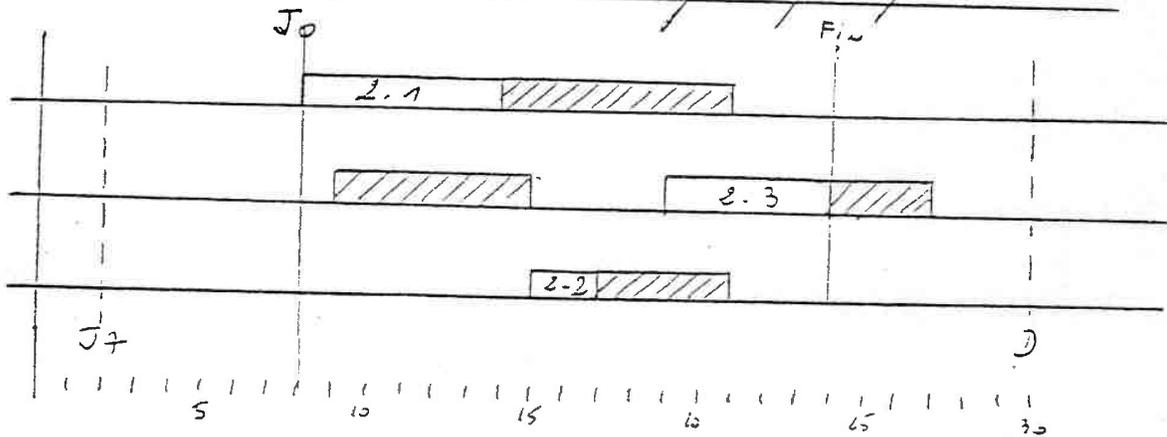
Illustration des 3 modes de placement.

Planing avant placement commande 2



Commande 2 [2.1] durée 6
 JA = 2 [2.2] durée 2
 D = 28 [2.3] durée 5

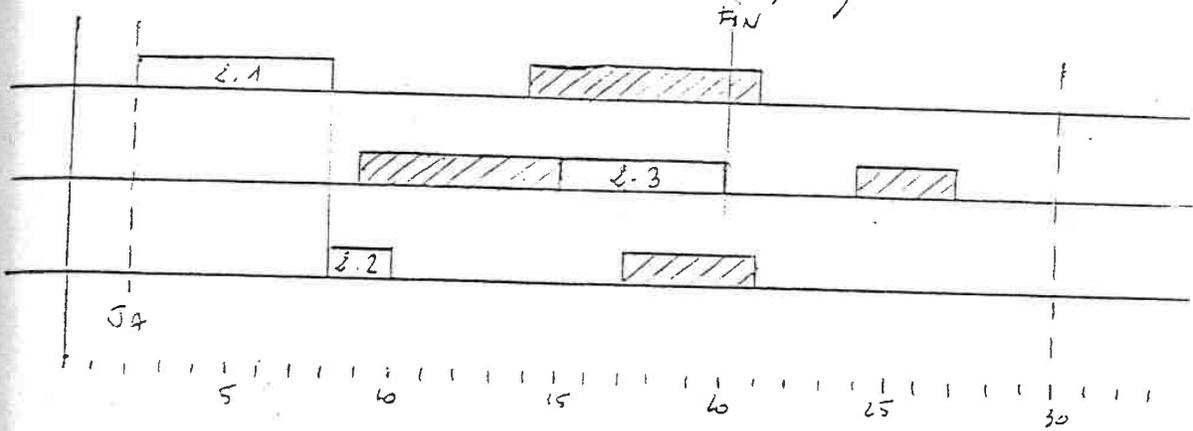
Placement de 2 en régressif à partir de D



⇒ début oblige $JO = 8$
 en cours $24 - 8 = 16$

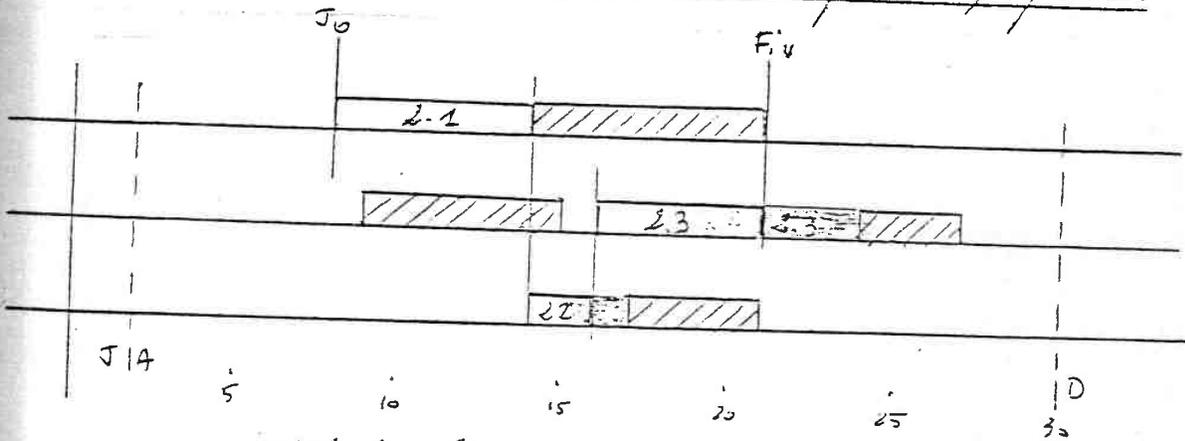
Placement de 2 en progressif

20



\Rightarrow début obligé = 2
 Fin = 20
 en cours = 18

Placement de 2 en repressé progressif



\Rightarrow début obligé = 8
 Fin = 24
 en cours = 13

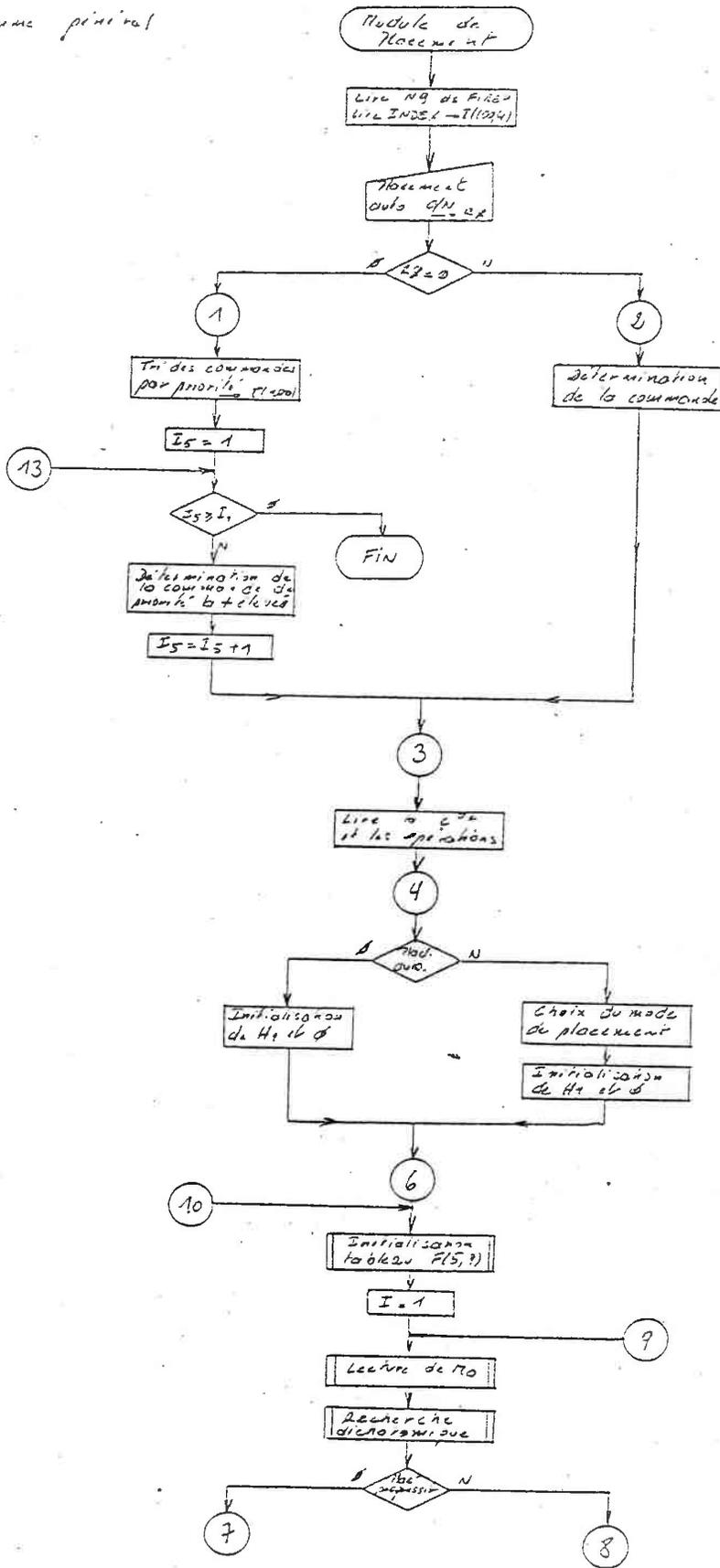
Il s'agit de faire le placement d'une opération sur une machine et à une heure précise, pour des raisons de difficulté de placement (machine foulet, opération longue etc...).

En réalité d'abord si le placement de cette opération est possible, si oui on place les opérations précédentes en mode régressif. Si on ne dispose pas le JA de la commande avec la 1^{re} opération, on place les opérations suivantes de l'opération à placement forcé, en mode progressif.

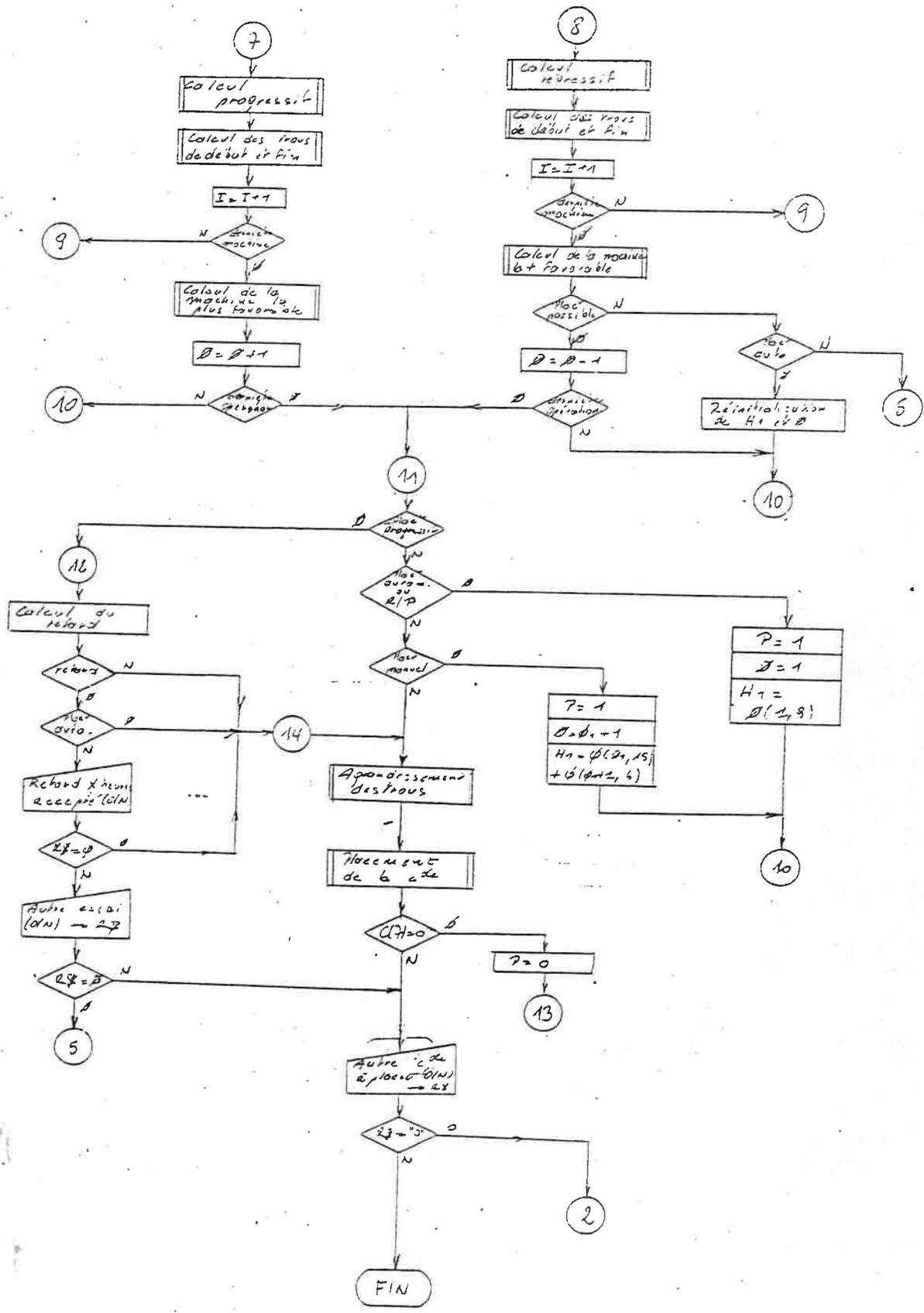
Remarque:

- Aux définitions précédentes s'ajoute le fait que les opérations peuvent se chevaucher sous des limites indiquées par \otimes l'opérateur les de l'entrée des opérations.
- La définition du "trou" utilisée précédemment est très simplifiée. Sur le Planip un trou est un groupe d'empilement limité par 2 opérations, par 2 masques, 1 opération et 1 masque. Un "trou" peut donc représenter plusieurs trous Planip consécutifs.

MODULE DE PLACEMENT
 Ordinateur principal



suite page suivante



VARIABLES UTILISEES

NOMS	DESIGNATION, VALEUR																
A1	- Adresse dans le fichier CARNET d'une commande N1																
A2	- Adresse dans le fichier PLANIG d'une machine Mo																
A3	- Adresse dans le fichier CARNET d'une opération Ø																
A5	- Adresse dans le fichier FANAC d'une famille de machine																
D1	- Durée d'un groupe d'enregistrement dans M (1000)																
D2	- Durée cumulée de plusieurs groupes d'enregistrements																
D3)	- Début obligé d'une opération dans le calcul de la machine la plus favorable (F (1,2) maxi ou mini)																
D4)																	
D5)	- <i>Durée du trou de fin (ou de début) d'une opération</i>																
D6)																	
E1	- Etat d'une commande N1 avec E1 tel que : $n > E1 > 0$ <table style="margin-left: 100px;"> <tr> <td>$E1 = 0$</td> <td>priorité</td> </tr> <tr> <td>$E1 = - 1$</td> <td>commande gelée</td> </tr> <tr> <td>$E1 = - 2$</td> <td>commande bloquée</td> </tr> <tr> <td>$E1 = - 3$</td> <td>commande terminée</td> </tr> <tr> <td>$E1 = - 4$</td> <td>commande annulée</td> </tr> <tr> <td>$E1 = - 5$</td> <td>commande interrompue</td> </tr> <tr> <td>$E1 = - 6$</td> <td>commande en cours</td> </tr> <tr> <td>$E1 = - 6$</td> <td>commande sans délai</td> </tr> </table>	$E1 = 0$	priorité	$E1 = - 1$	commande gelée	$E1 = - 2$	commande bloquée	$E1 = - 3$	commande terminée	$E1 = - 4$	commande annulée	$E1 = - 5$	commande interrompue	$E1 = - 6$	commande en cours	$E1 = - 6$	commande sans délai
$E1 = 0$	priorité																
$E1 = - 1$	commande gelée																
$E1 = - 2$	commande bloquée																
$E1 = - 3$	commande terminée																
$E1 = - 4$	commande annulée																
$E1 = - 5$	commande interrompue																
$E1 = - 6$	commande en cours																
$E1 = - 6$	commande sans délai																
E2	- Numéro du groupe d'enregistrements dans lequel est placé le début de l'opération Ø																
E3	- Numéro du groupe d'enregistrements dans lequel est placée la fin de l'opération Ø																
F1	- Fin obligée d'une commande dans un calcul de placement																
H0	- <i>Heure de début de la journée d'aujourd'hui</i>																
H1	- Heure de début au plus tôt (ou de fin au plus tard) pour le placement en progressif (ou en régressif) d'une opération																
H2	- Heure Heure de début d'un groupe d'enregistrements																
H3	- <i>Heure de début de la dernière journée finie sur Planig</i>																

NOMS	DESIGNATION, VALEUR
I	- Indice dans des boucles FOR - NEXT
I1	- Indice dans le tableau T (100)
I2	- Indice d'une commande dans le tableau I (100,3) lors de la détermination de la commande disponible de priorité la plus élevée
I3	- Numéro dans M (1000) d'un groupe d'enregistrements
I5	- Indice de l'ordre de passage d'une commande N1 dans le placement automatique
J	- Indice dans des boucles FOR - NEXT
J2)	- Indice de calcul de la machine donnant le début obligé le plus favorable dans une famille de machines
J3)	
J4)	- Numéros de groupes d'enregistrements lors de la recopie de M (1000) dans le fichier PLANIG, après placement de la commande N1
J5)	
J8	- Numéro de l'enregistrement contenant l'heure de début du dernier groupe d'enregistrements
J9	- Numéro dans M (1000) du dernier groupe d'enregistrements
K	- Indice dans le tri des commandes suivant la priorité
Mo	- Numéro d'une machine
N1)	- Numéros d'une commande
N2)	
N3	- Nombre de groupes d'enregistrements dans M (1000)
N4	- Nombre d'opérations enregistrées dans M (1000) pour une machine Mo
N5	- Nombre de groupes d'enregistrements et d'opérations enregistrés dans M (1000) pour Mo (= N3 * 1000 + N4)
N6	- Numéros de feuille de route

NOMS	DESIGNATION, VALEUR
N9	- Nombre de commandes enregistrées dans le fichier CARNET
Ø	- Numéro d'une opération
Ø 1	- Numéro de l'opération à placement forcé
Ø 2	- Numéro de la dernière opération d'une commande N1
P	<p>- Mode de placement d'une commande N1 :</p> <p>P = 1 placement progressif P = 2 placement régressif P = 3 placement régressif / progressif P = 4 placement manuel P = 0 placement automatique de toutes les commandes disponibles de CARNET</p> <p>(P = 1 indique aussi au début du module que l'opérateur a choisi de placer une seule commande)</p>
R1	- Retard d'une commande N1
R	- Réponse à une question de la machine (prend les valeurs Ø - oui - N - non -)
T	- <i>Code d'un groupe d'un département (T=0 => non)</i>
V1) V2) V3)	- Valeur du décalage à opérer, suite au placement d'une opération, pour la recopie d'une partie de M (1000) dans le fichier PLANIG
X1	- Durée du trou entre le masque (ou l'opération) précédant l'opération à placer, et le début de cette opération
X2	- Durée du trou entre le masque (ou l'opération) suivant l'opération à placer, et la fin de cette opération

TABLEAUX UTILISES

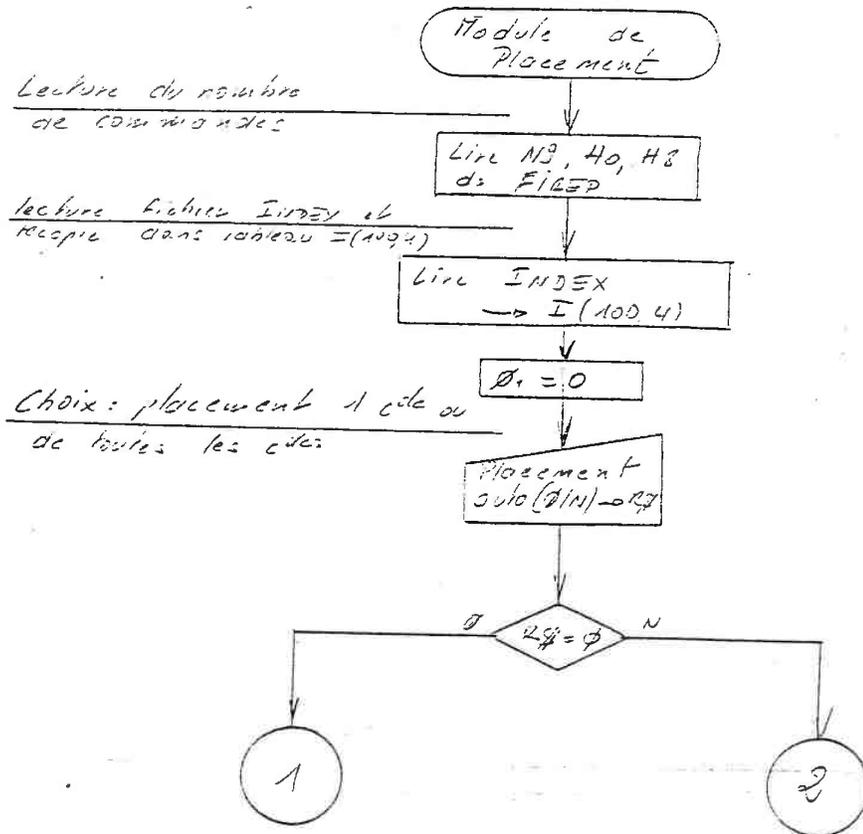
NOMS	DESIGNATION, VALEUR, CONTENU
I (100,4)	<ul style="list-style-type: none"> - Tableau de recopie du fichier INDEX en Mémoire Centrale : <ul style="list-style-type: none"> - maximum 100 commandes - 4 informations par commande N1 : <ol style="list-style-type: none"> 1) le numéro de la commande 2) le numéro de la feuille de route 3) l'adresse de N1 dans CARNET 4) la priorité ou le code état de N1
T (100)	<ul style="list-style-type: none"> - Tableau contenant les indices des commandes dans I (100,3), classés selon l'ordre croissant des priorités de ces commandes
; (9)	<ul style="list-style-type: none"> - Tableau d'une commande, 9 informations : <ol style="list-style-type: none"> 1) Numéro de la commande 2) Numéro de la feuille de route 3) Adresse de la désignation dans DESCO 4) Début au + tôt de la commande 5) Fin au + tard " (délai) 6) Nombre d'opérations dans la commande 7) Mode de placement de la commande 8) Retard possible en heures 9) Numéro de l'opération bloquée ou interrompue
Ø (50,21)	<ul style="list-style-type: none"> - Tableau d'une opération Ø, 19 informations : <ol style="list-style-type: none"> 1) Numéro de l'opération Ø 2) Adresse de la désignation dans DESCO 3) Numéro de famille de machines (si = 0 signifie que la machine est imposée) 4) Numéro de machine (imposée ou calculée) 5) Durée d'exécution de l'opération Ø 6) Nombre d'heure de chevauchement avec l'opération précédente 7) Début au + tôt de l'opération Ø 8) Fin au + tard de l'opération Ø 9) Début obligé de l'opération Ø 10) Début réel de l'opération Ø 11) Code état de l'opération 12) Adresse cause de blocage ou d'interruption dans le fichier CAUSE 13) Fin réelle 14) Nombre d'heures supplémentaires 15) <i>Fin obligée de l'opération Ø</i> 16) Numéro du groupe d'enregistrements contenant le début de l'opération Ø (après calcul et avant enregistrement dans PLANIG) 17) Numéro du groupe d'enregistrements contenant la fin de l'opération Ø

NOMS	DESIGNATION, VALEUR, CONTENU
F (5,9)	<p>18) Durée du trou X1</p> <p>19) Durée du trou X2</p> <p>- Tableau de famille de machines :</p> <ul style="list-style-type: none"> - maximum 5 machines par feuille - 6 informations par machine Mo <ol style="list-style-type: none"> 1) Numéro de la machine 2) Début obligé de l'opération Ø sur la machine Mo 3) Numéro du groupe d'enregistrement dans lequel est placé le début de l'opération Ø 4) Numéro du groupe d'enregistrements dans lequel est placé la fin de l'opération Ø 5) Durée du trou X1 6) Durée du trou X2
M(1000)	<p>- Tableau de recopie en Mémoire Centrale d'une machine Mo de PLANIG, 1000 enregistrements :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 4 informations M (1) : Numéro de calendrier de la machine Mo <li style="padding-left: 40px;">M (2) : Heures de charge de Mo <li style="padding-left: 40px;">M (3) : Adresse de l'opération en cours <li style="padding-left: 40px;">M (4) : Nombre de groupes et d'opérations enregistrés <p>- 332 groupes d'enregistrements comprenant chacun 3 enregistrements :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 - Adresse dans CARNET de l'opération se trouvant dans ce groupe (si 0 c'est un trou) 2 - Heure de début du groupe 3 - Durée du groupe

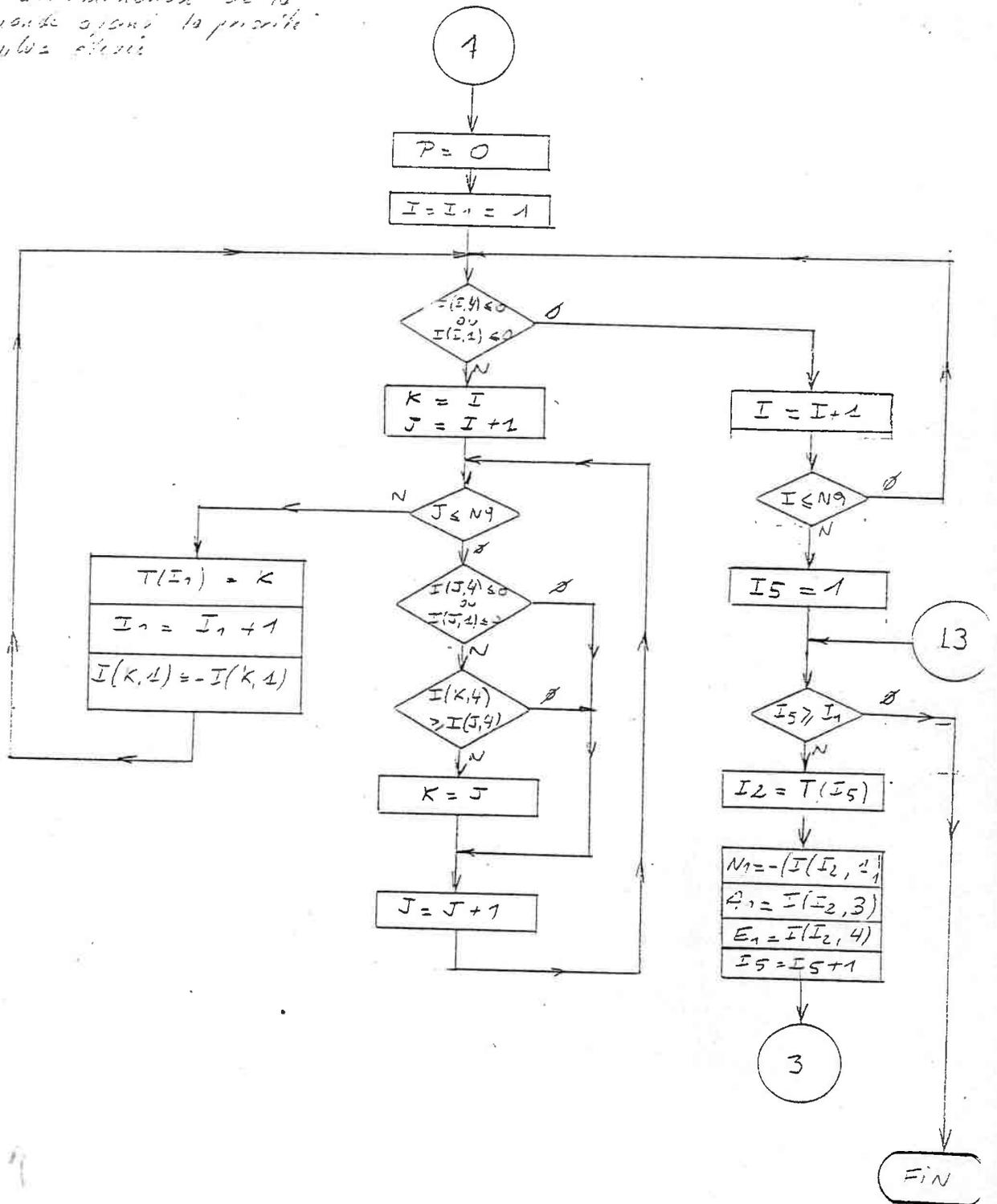
MODULE DE PLACEMENT

DETAILLÉ

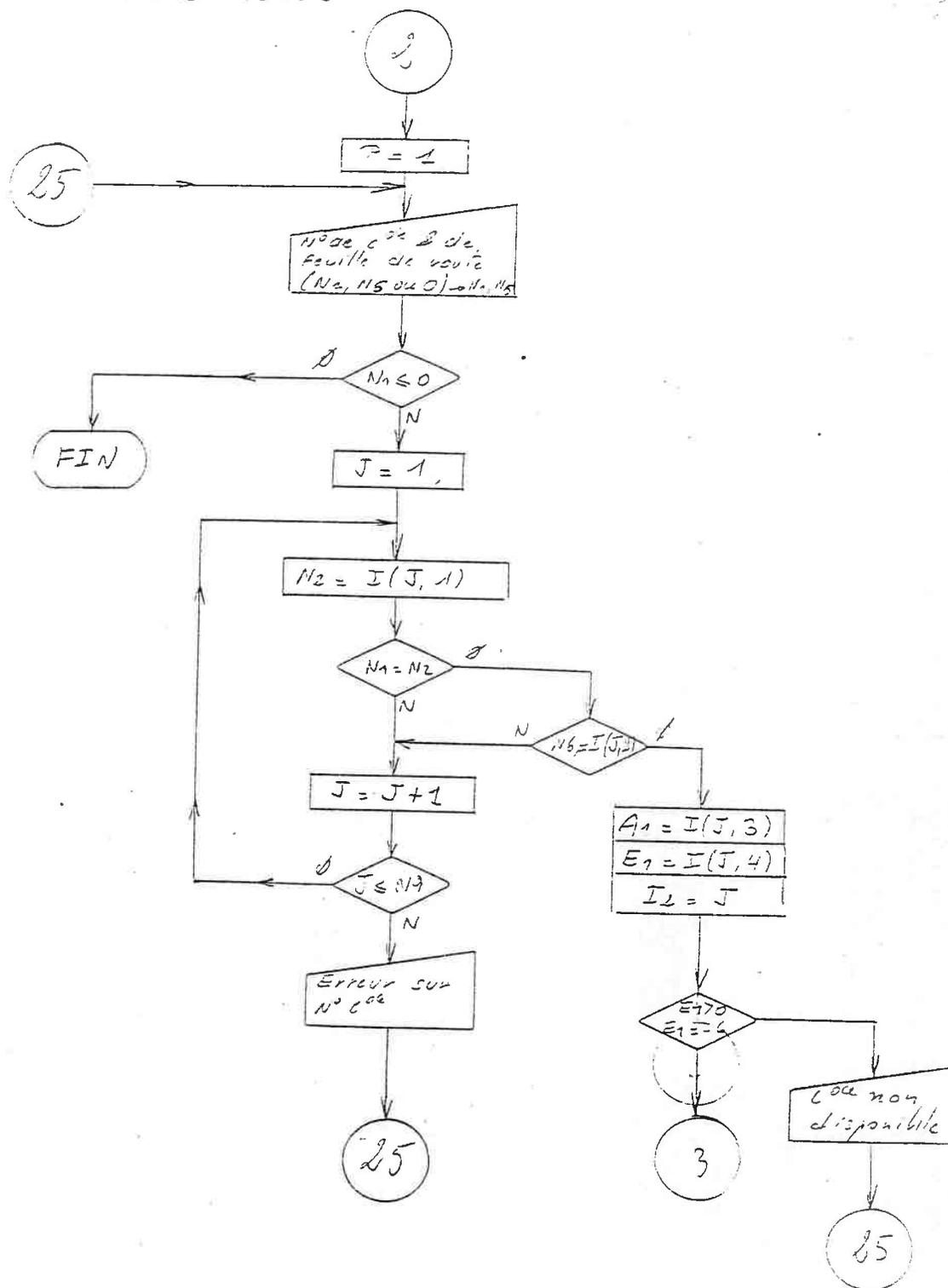
MODULE DE PLACEMENT



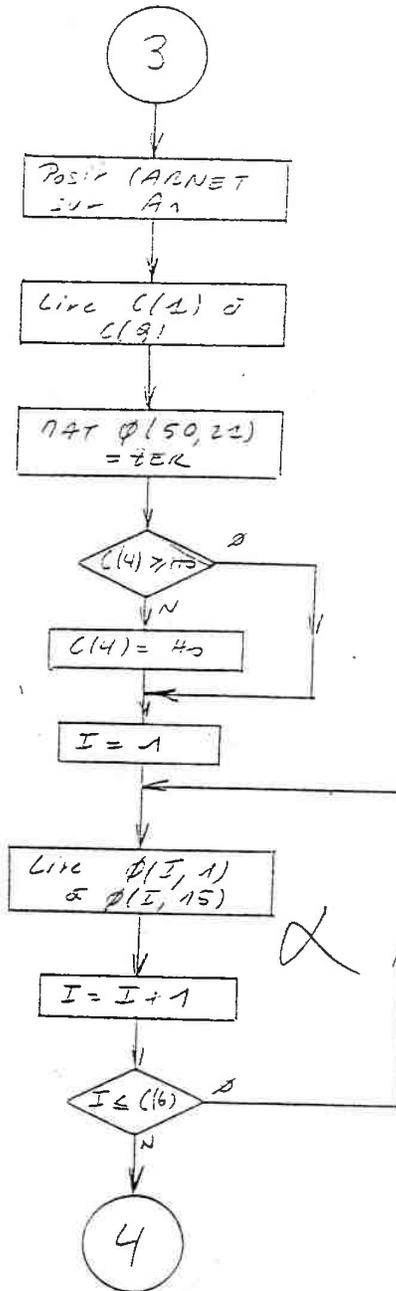
Tri et détermination de la
 commande ayant la priorité
 la plus élevée



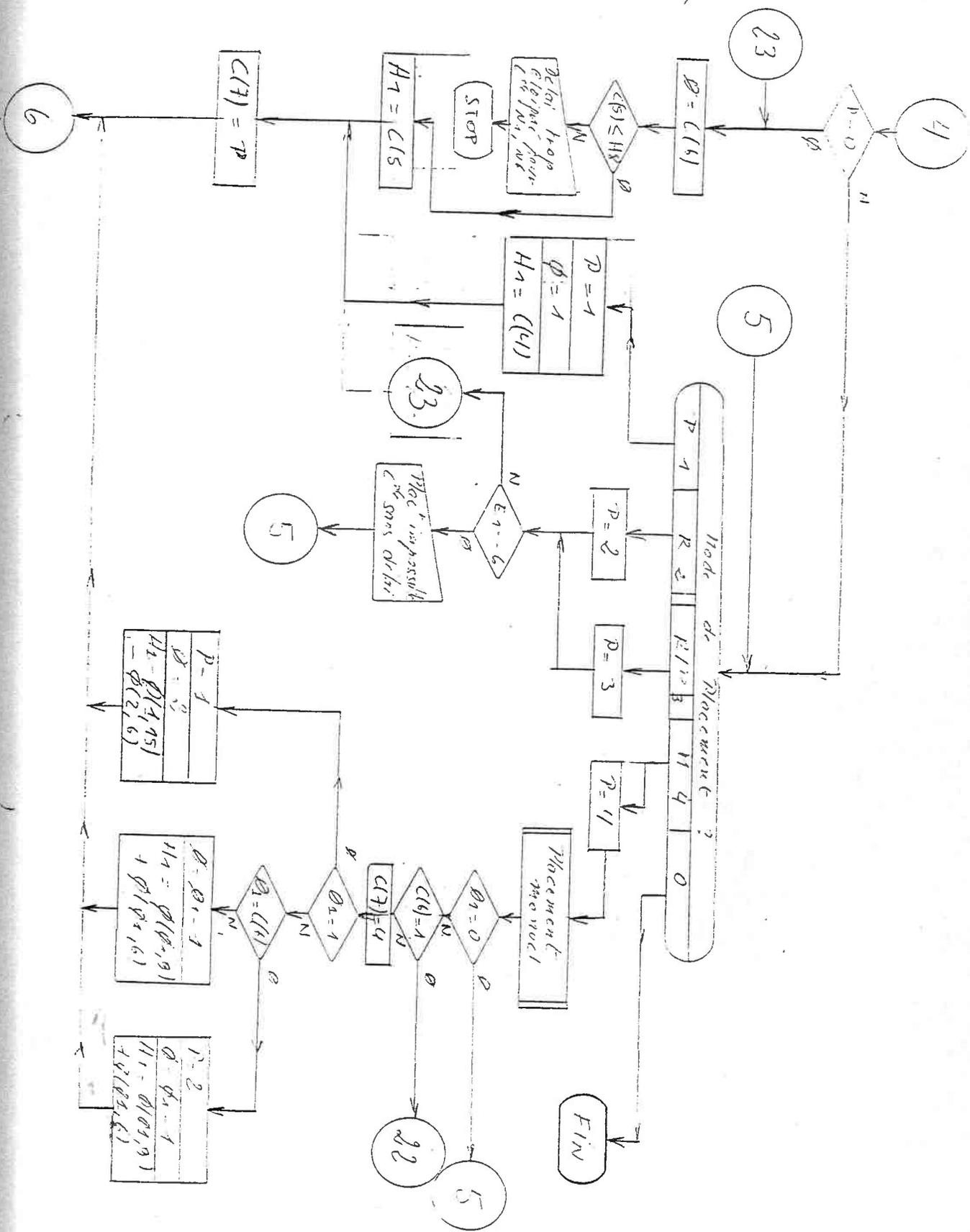
Détermination d'une commande



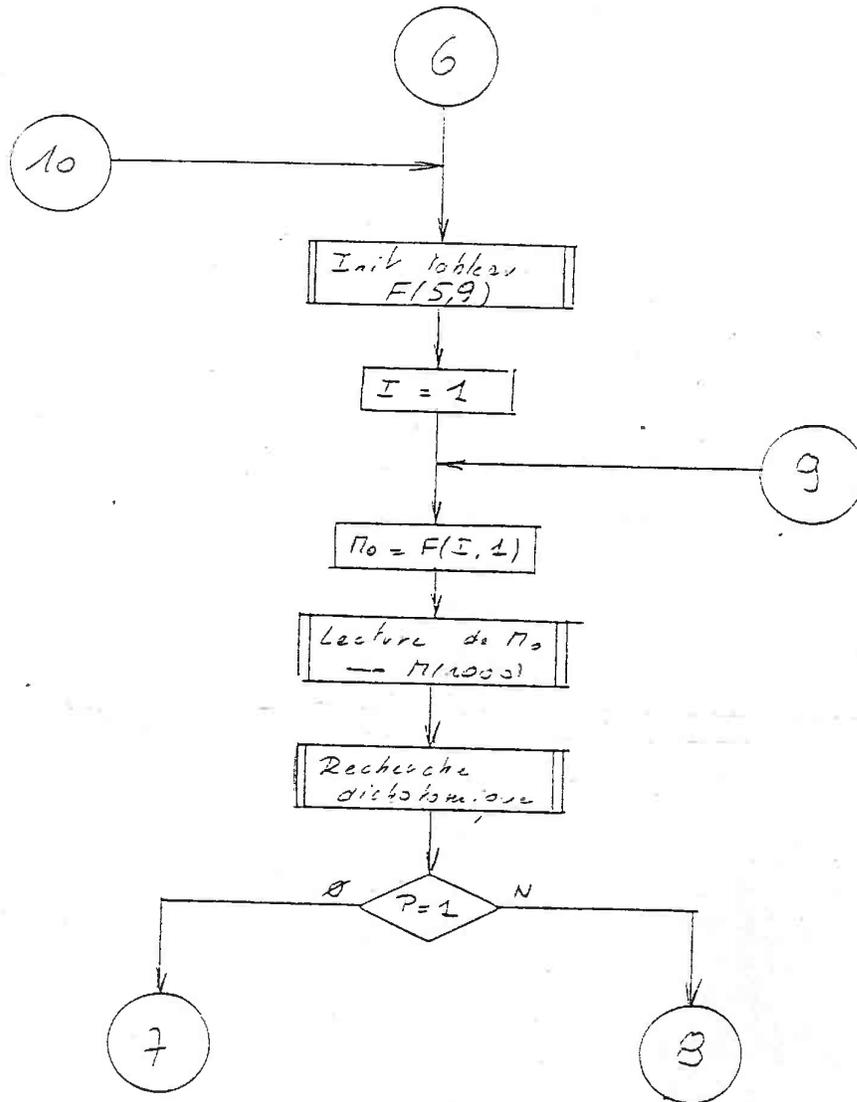
lecture de la i^{e}
et des opérations.



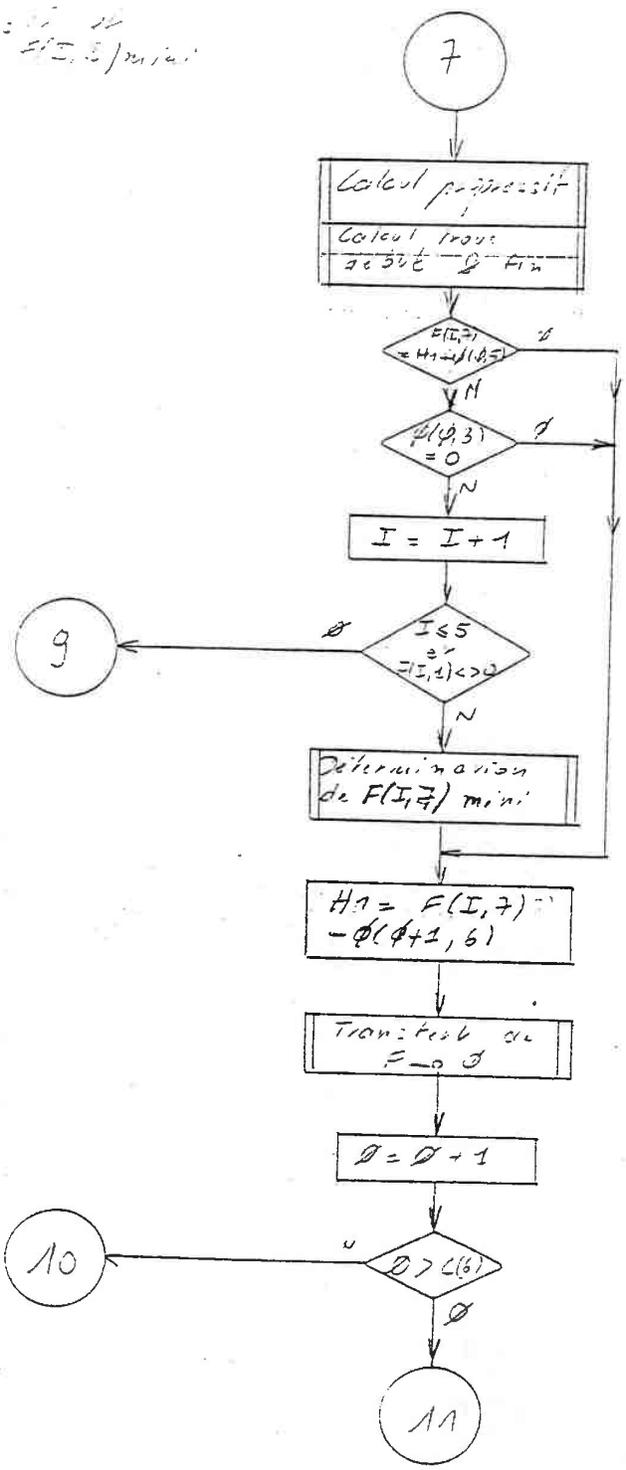
Initialisation de la liste de placement des machines



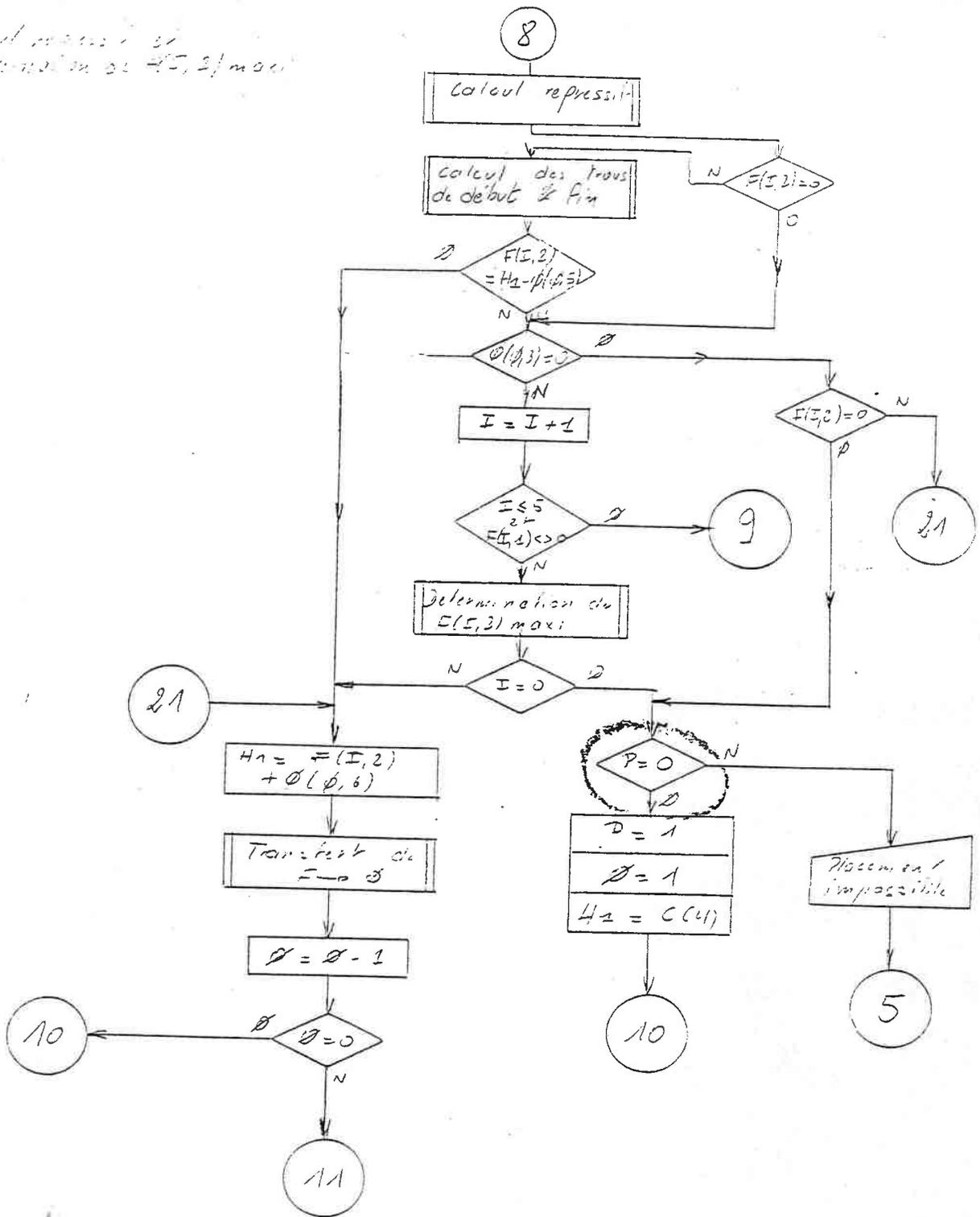
Initialisation tableau famille de machines, lecture machine, recherche dichotomique



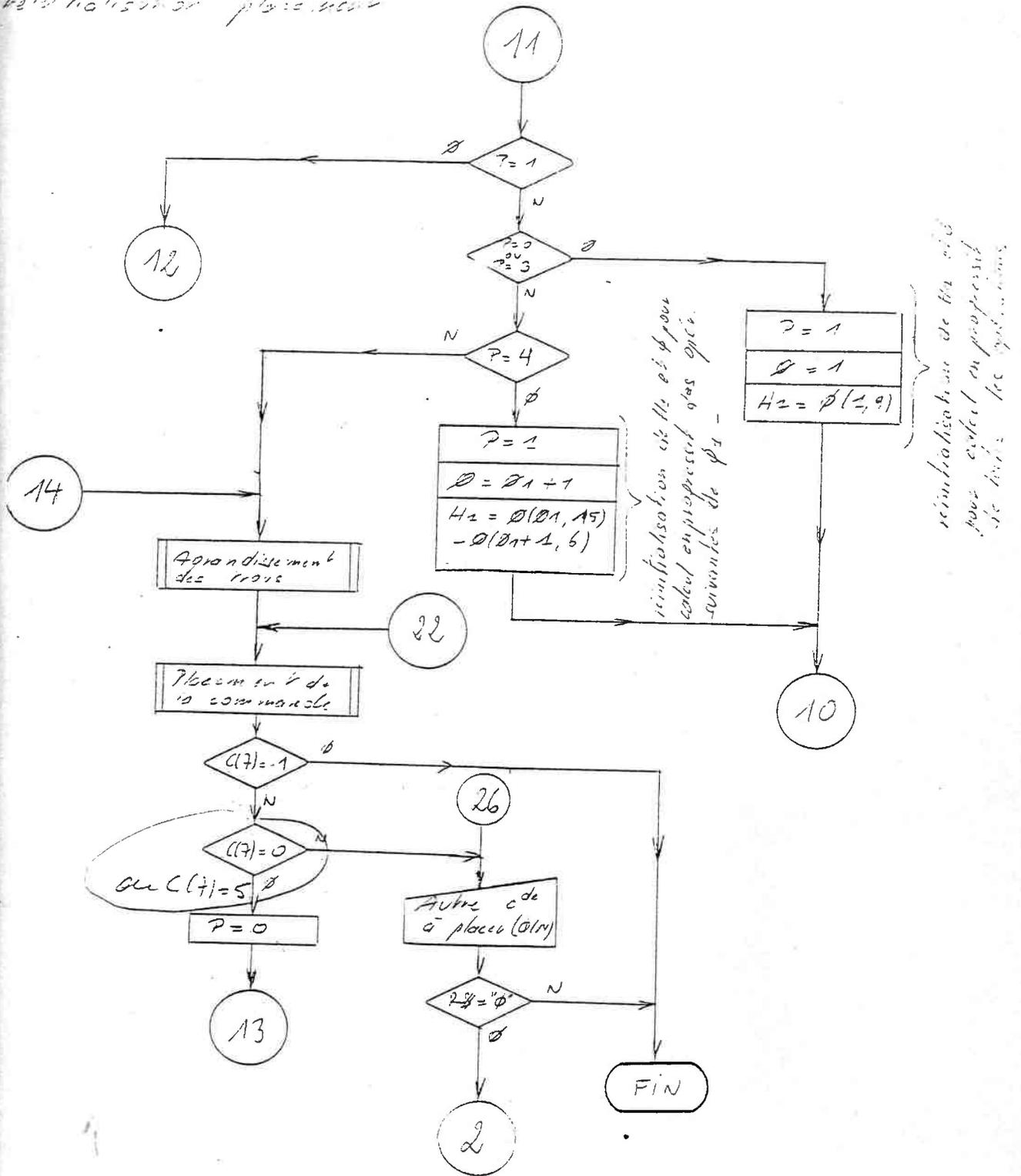
Calcul progressif de $F(I, 7)$
 Détermination de $F(I, 7)$ mini



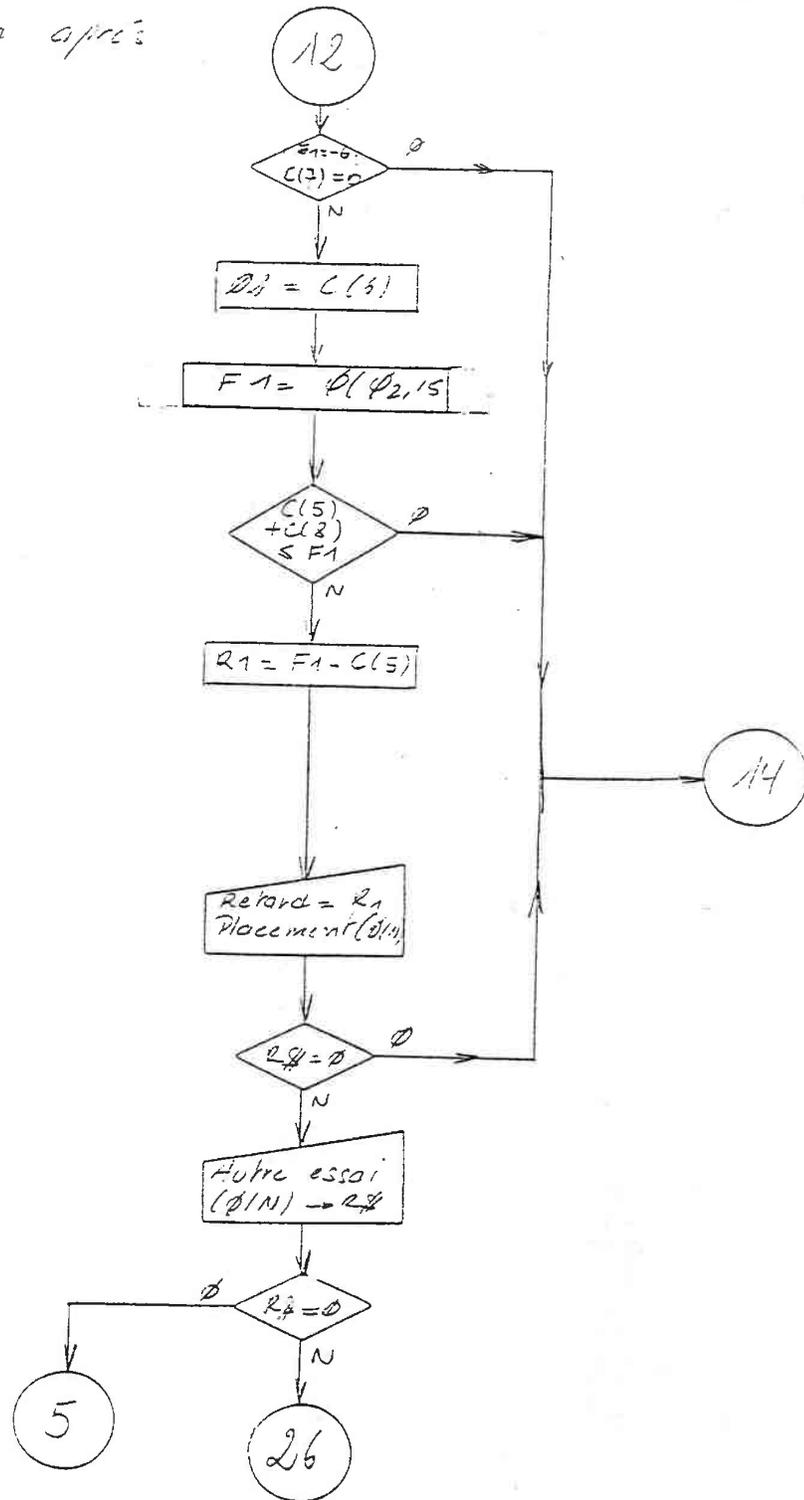
Calcul massif et
détermination de $H(I, 2)_{max}$



Reinitialisation placement



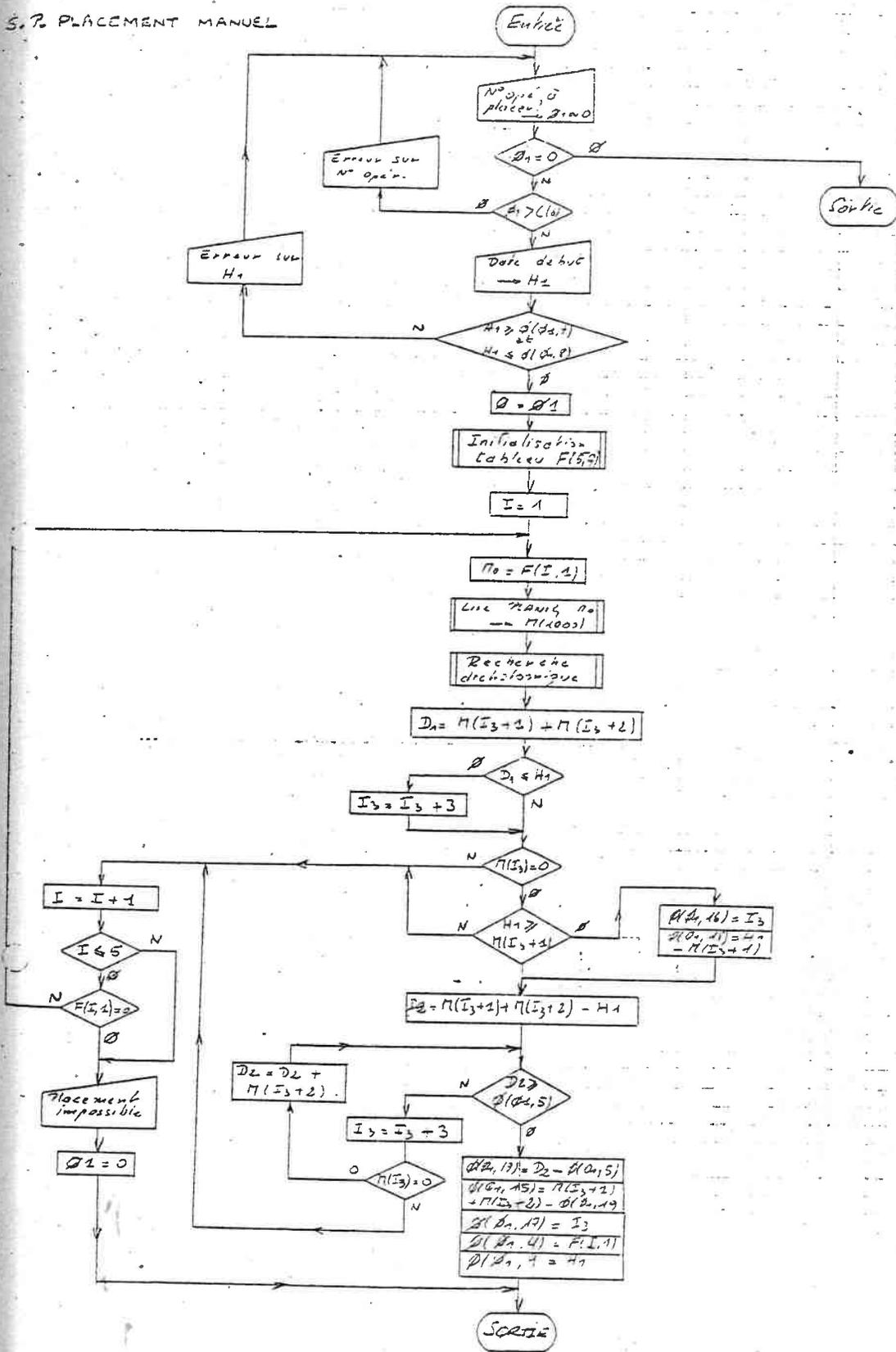
Contrôle au rebars après
calcul progressif



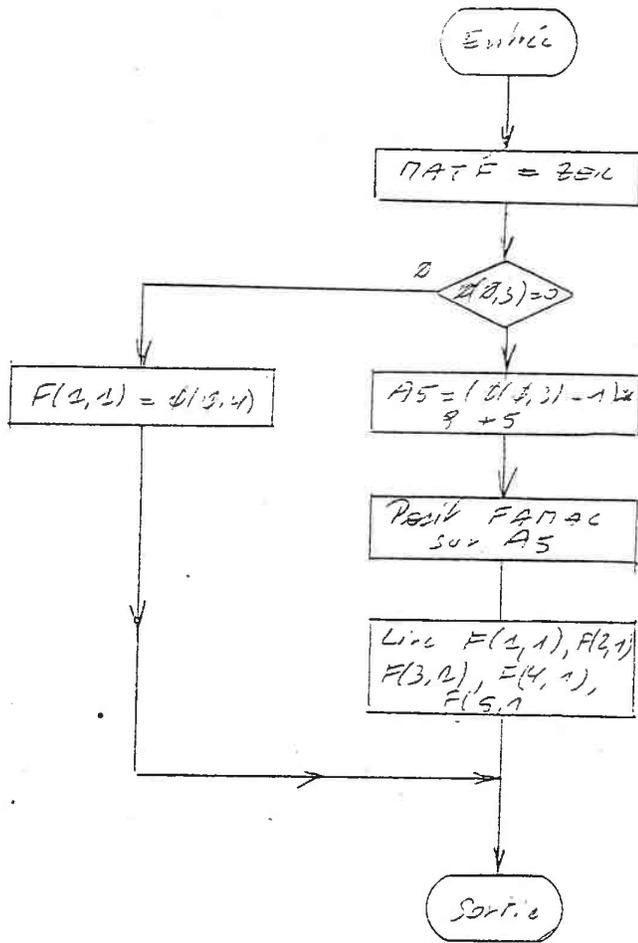
MODULE PLACEMENT

SOUS PROGRAMMES

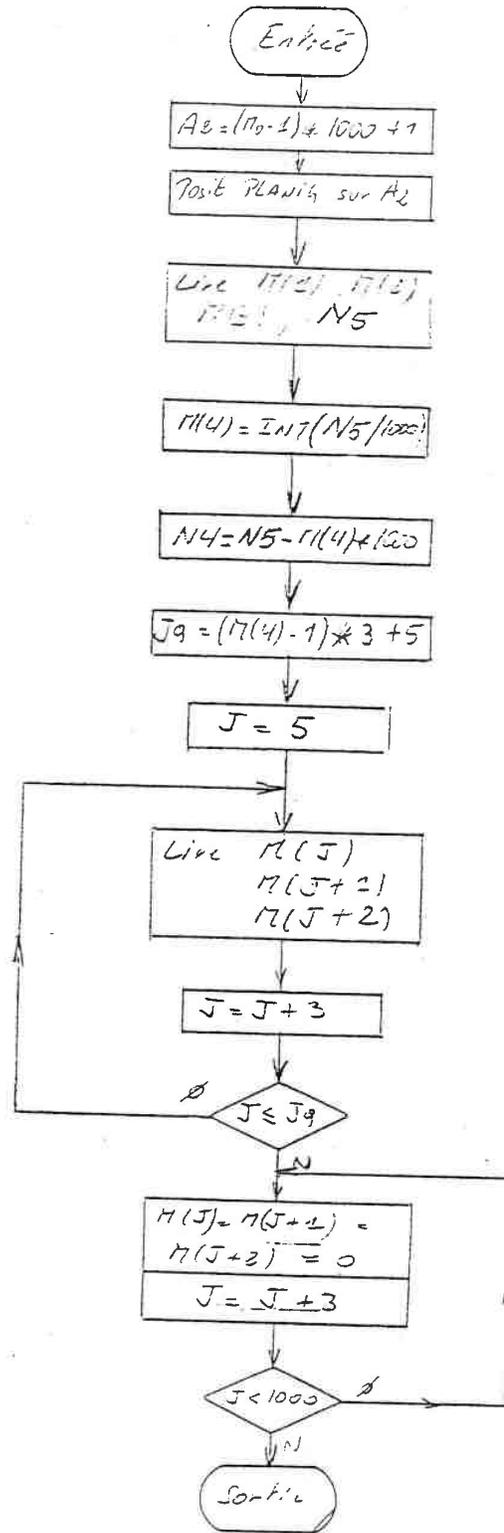
5.7. PLACEMENT MANUEL



Institut Supérieur de Technologie F15, 51

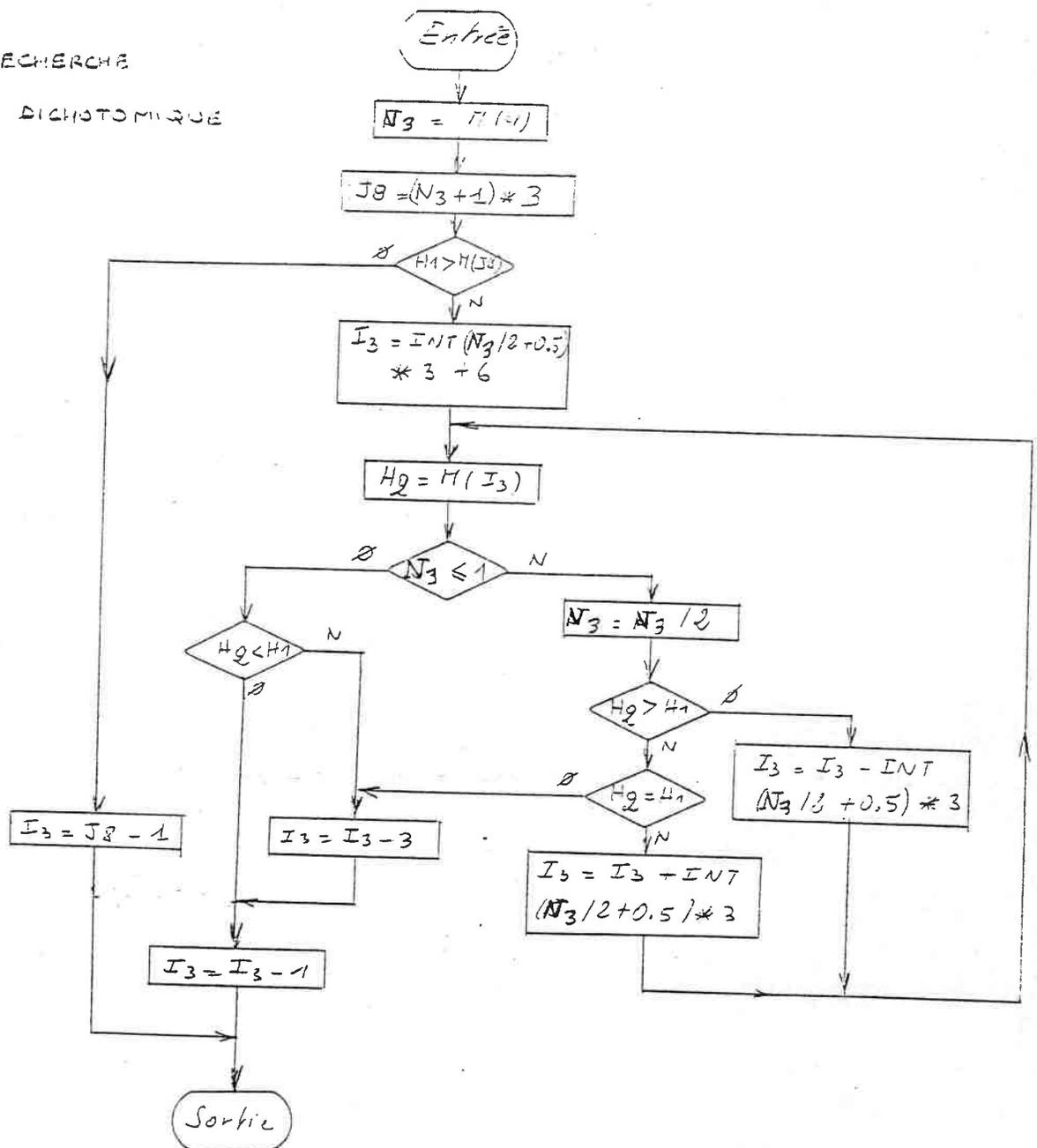


S.P. LECTURE D'UNE
MACHINE MO
DANS PLANIG

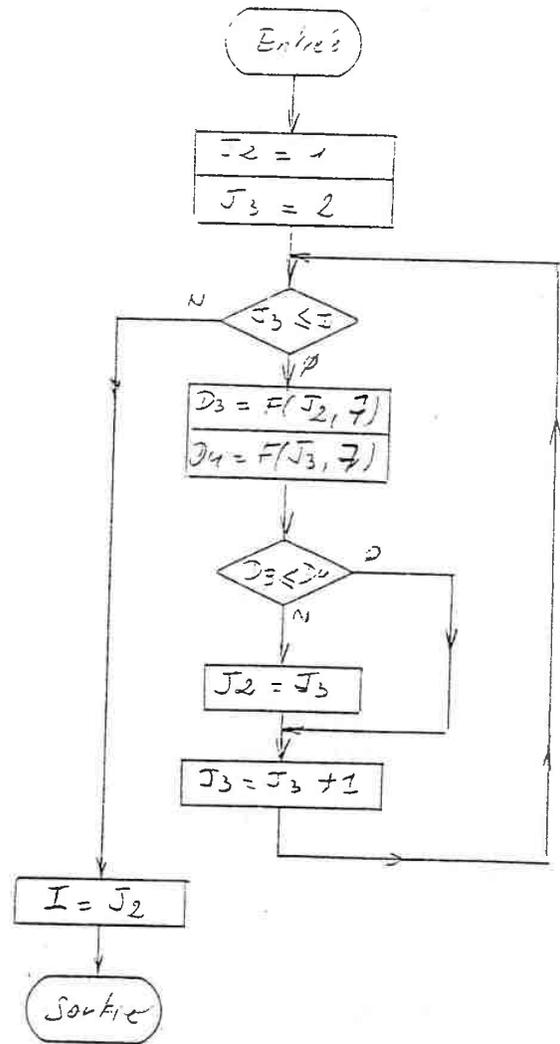
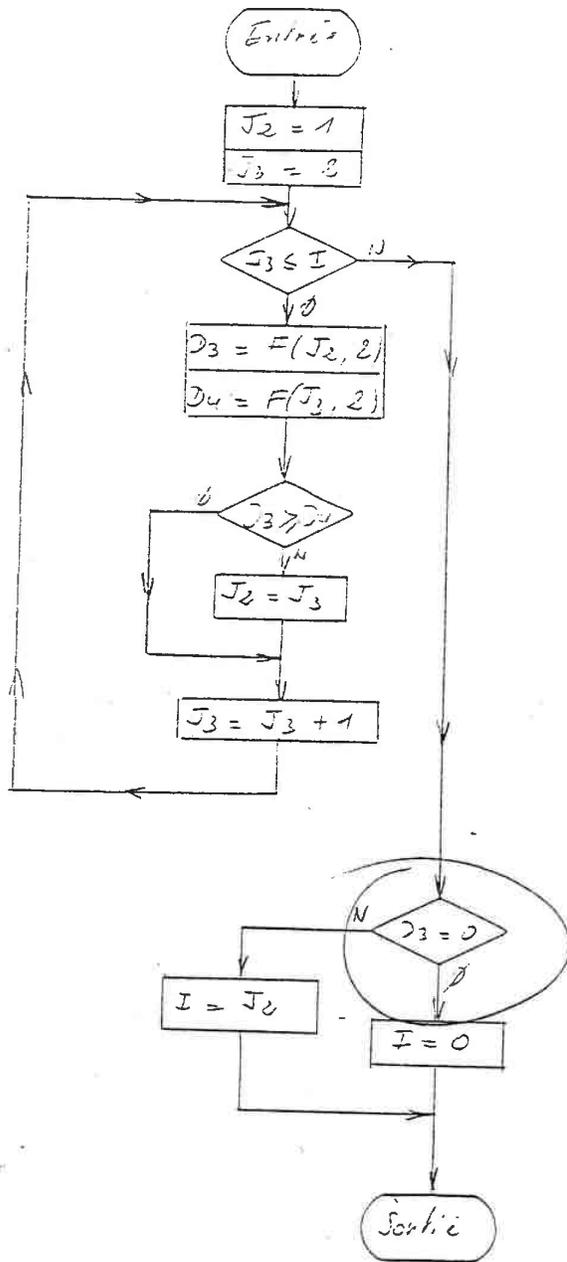


S. P. RECHERCHE

DICHOTOMIQUE



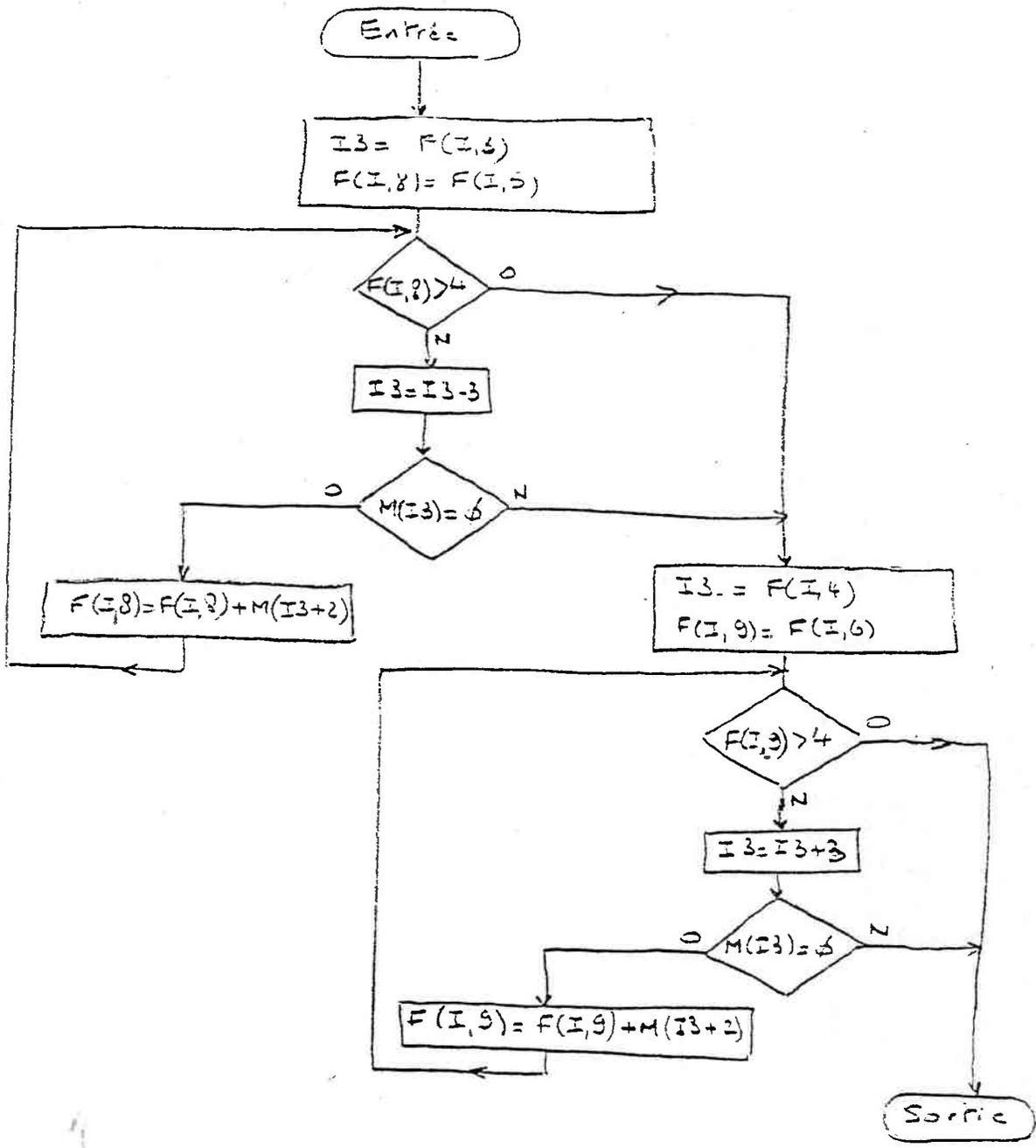
Calcul de $F(I, 2)$ maxi et $F(I, 7)$ mini



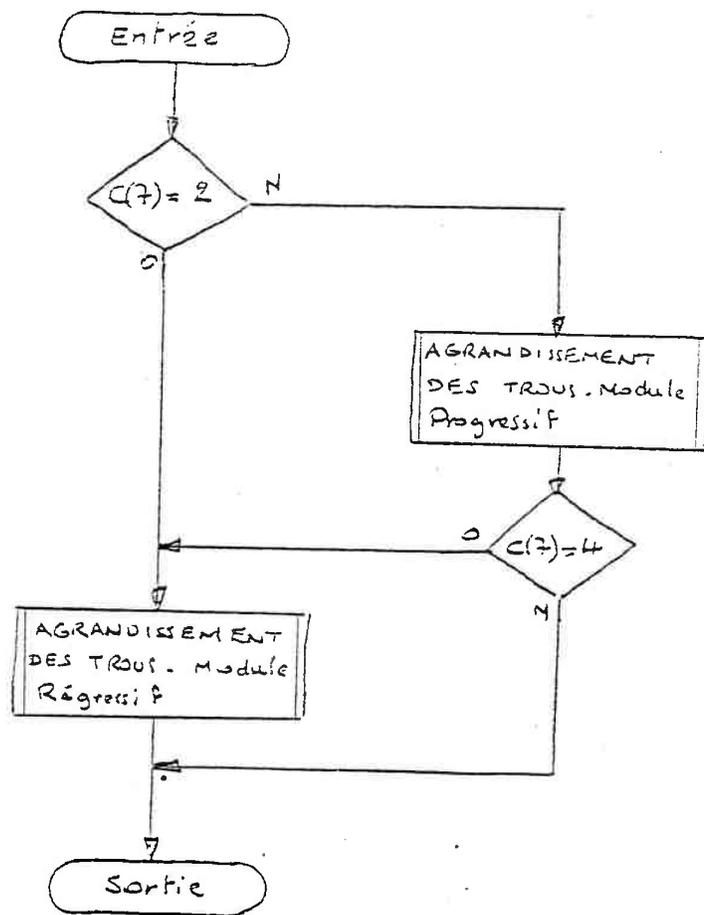
Calcul de $F(I, 7)$ mini

Calcul de $F(I, 2)$ maxi

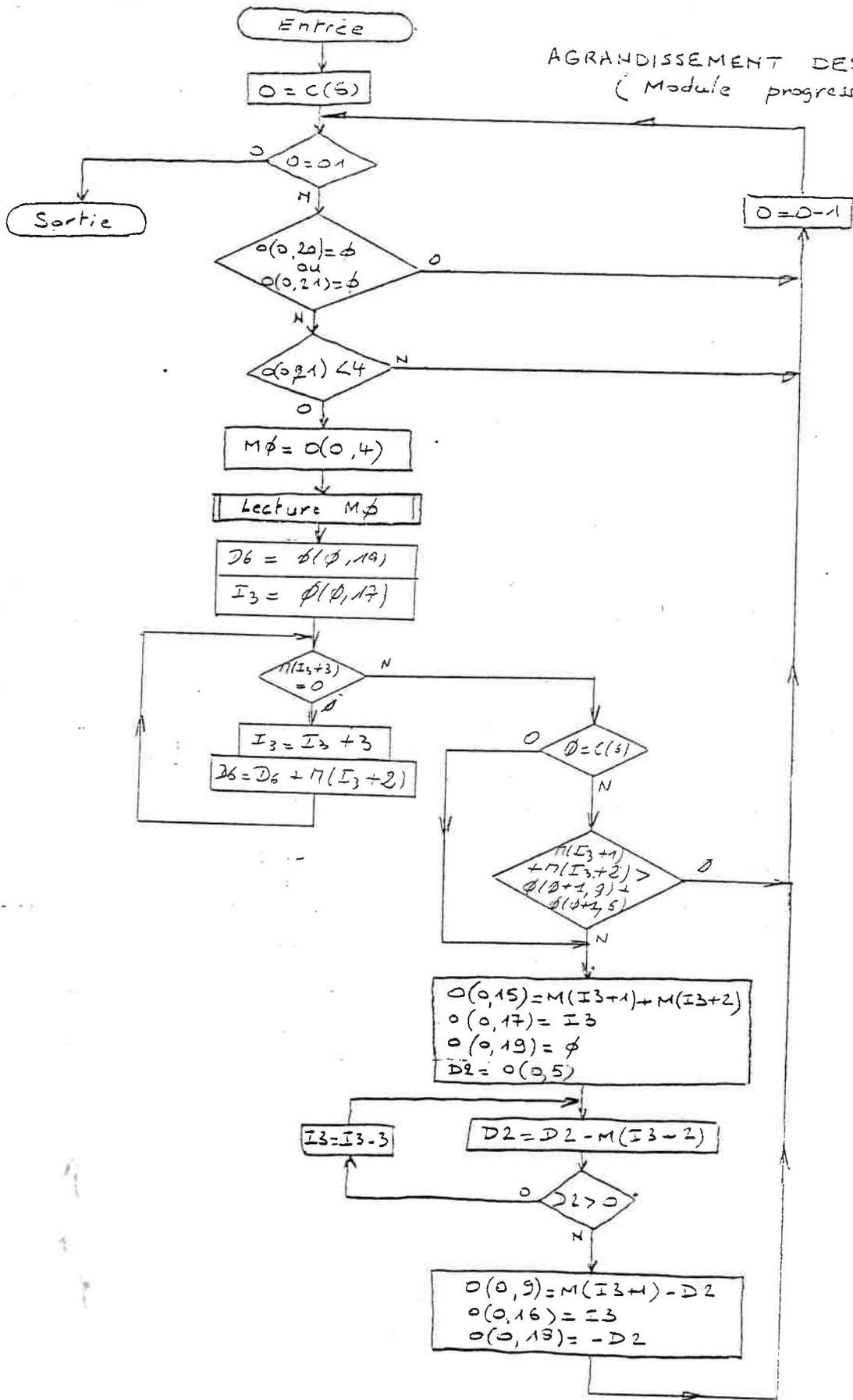
S.P. CALCUL DES DURÉES DES TROUS DEBUT ET FIN



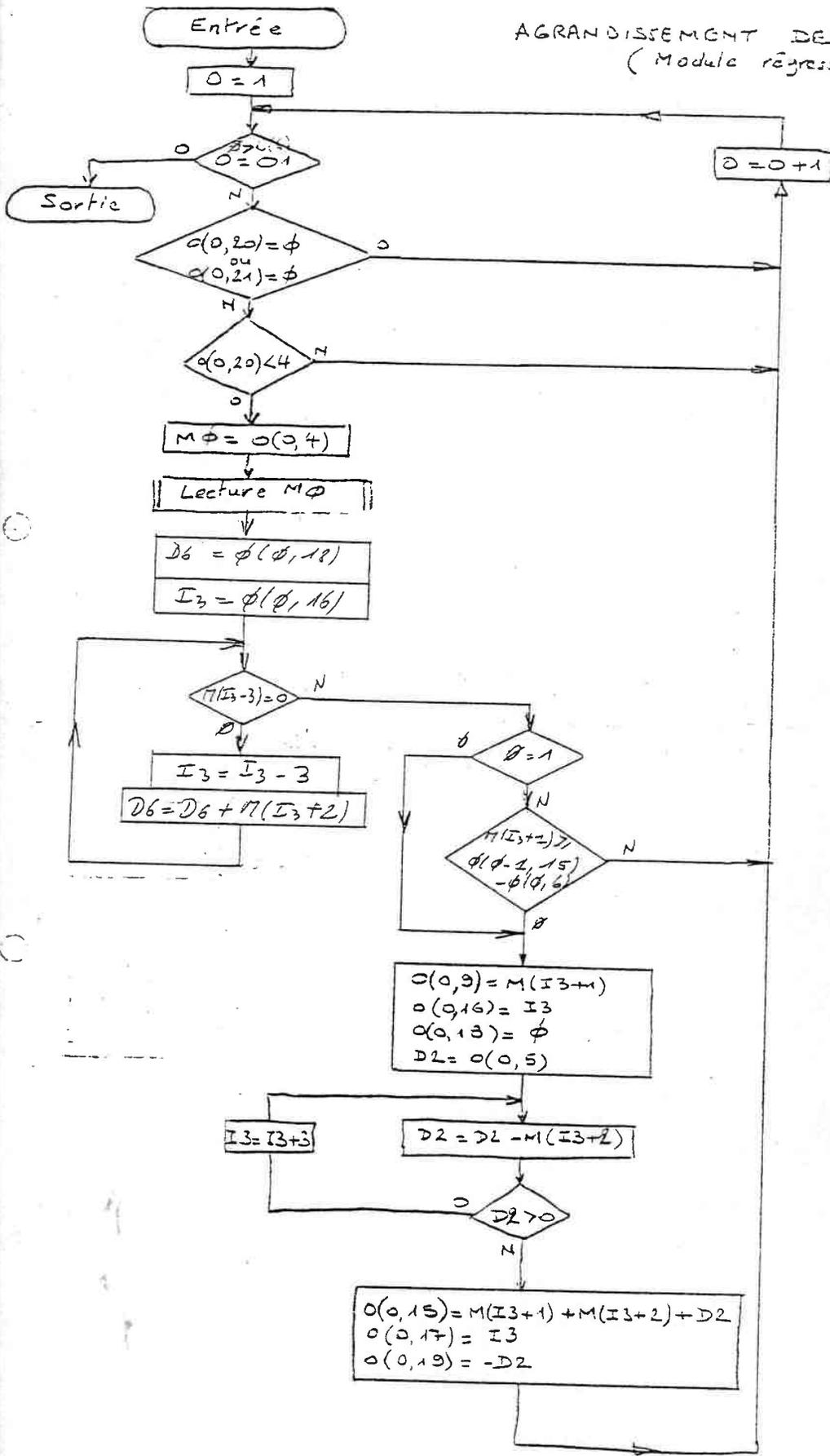
S.P. AGRANDISSEMENT DES TROUS



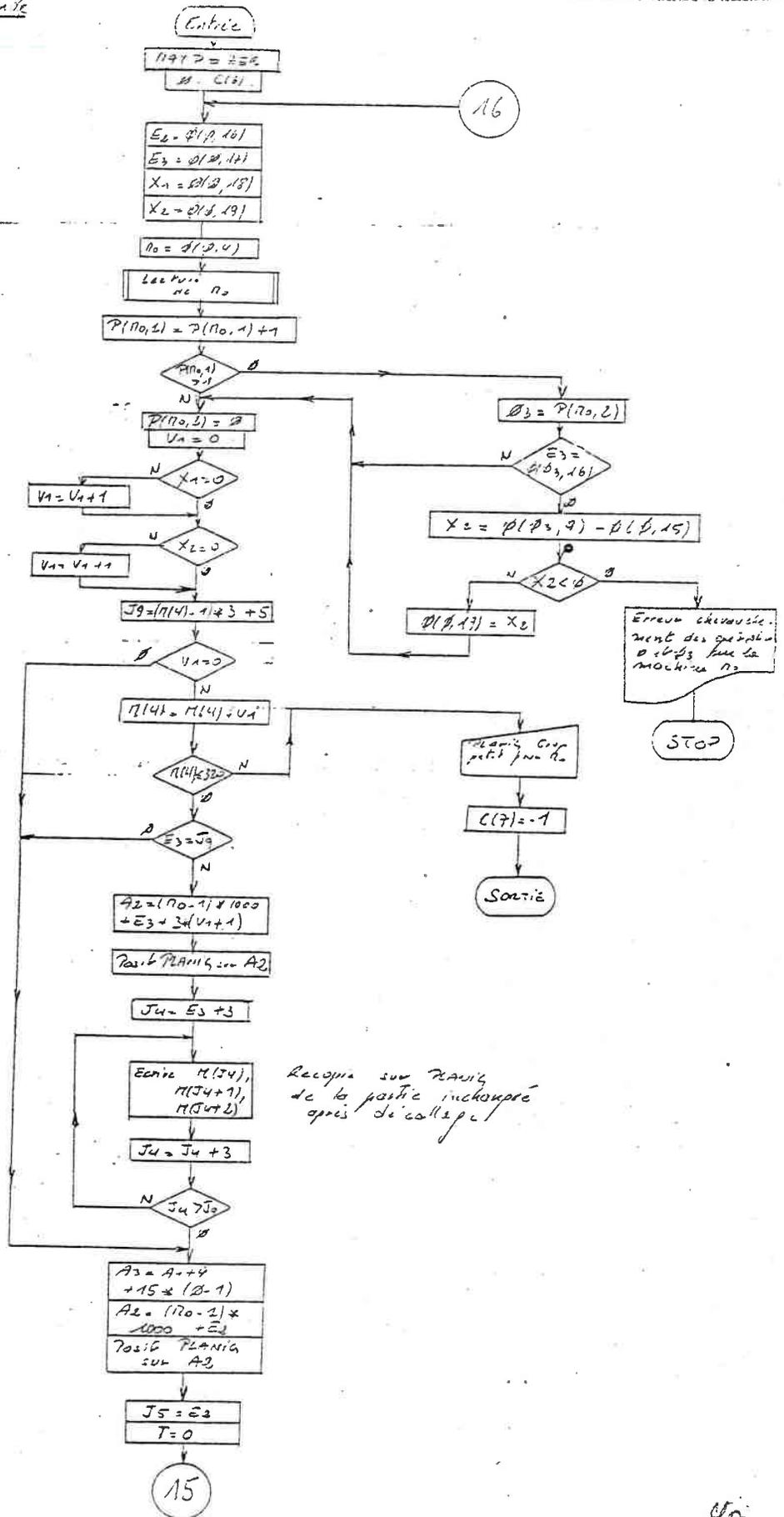
AGRANDISSEMENT DES TROUS
(Module progressif)

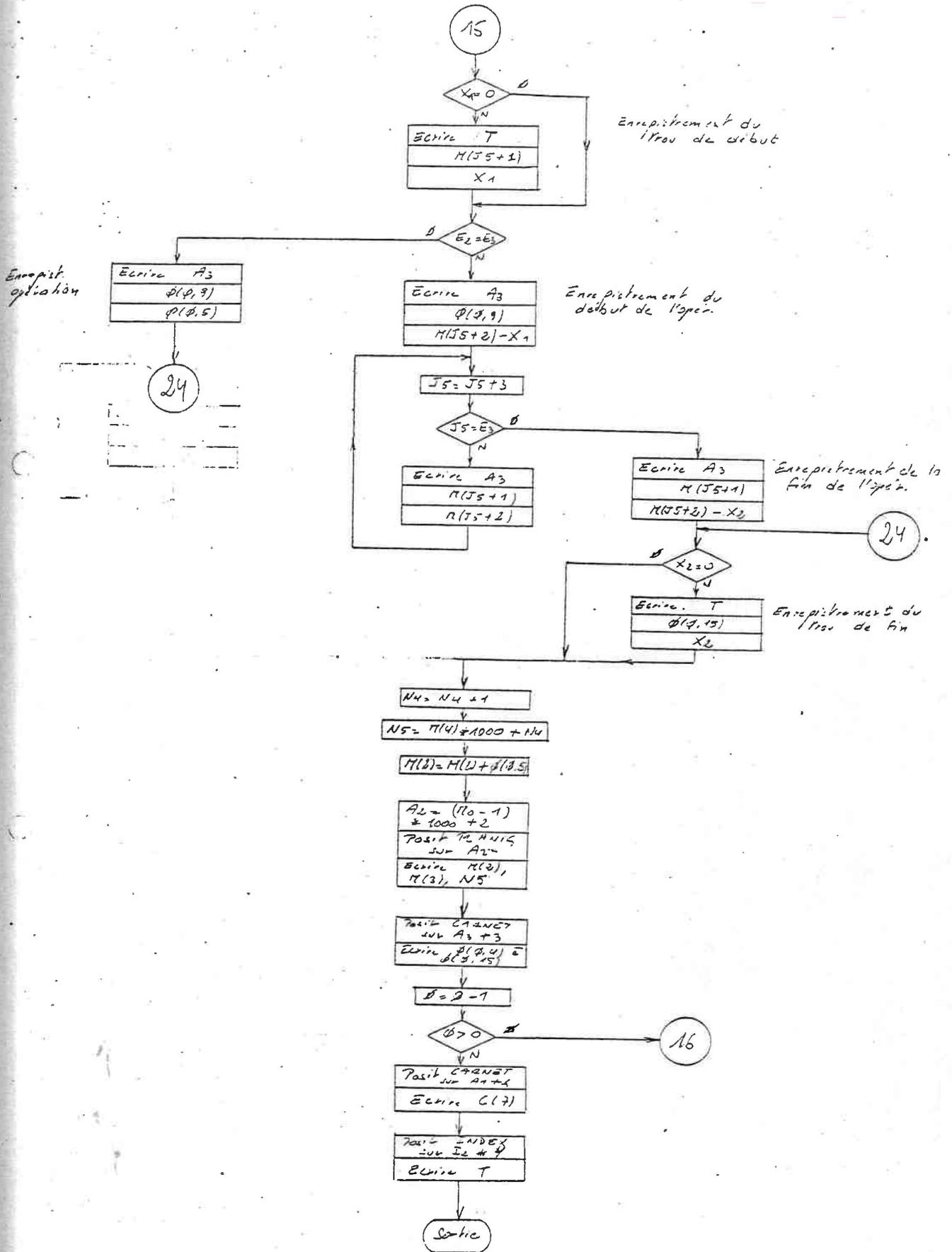


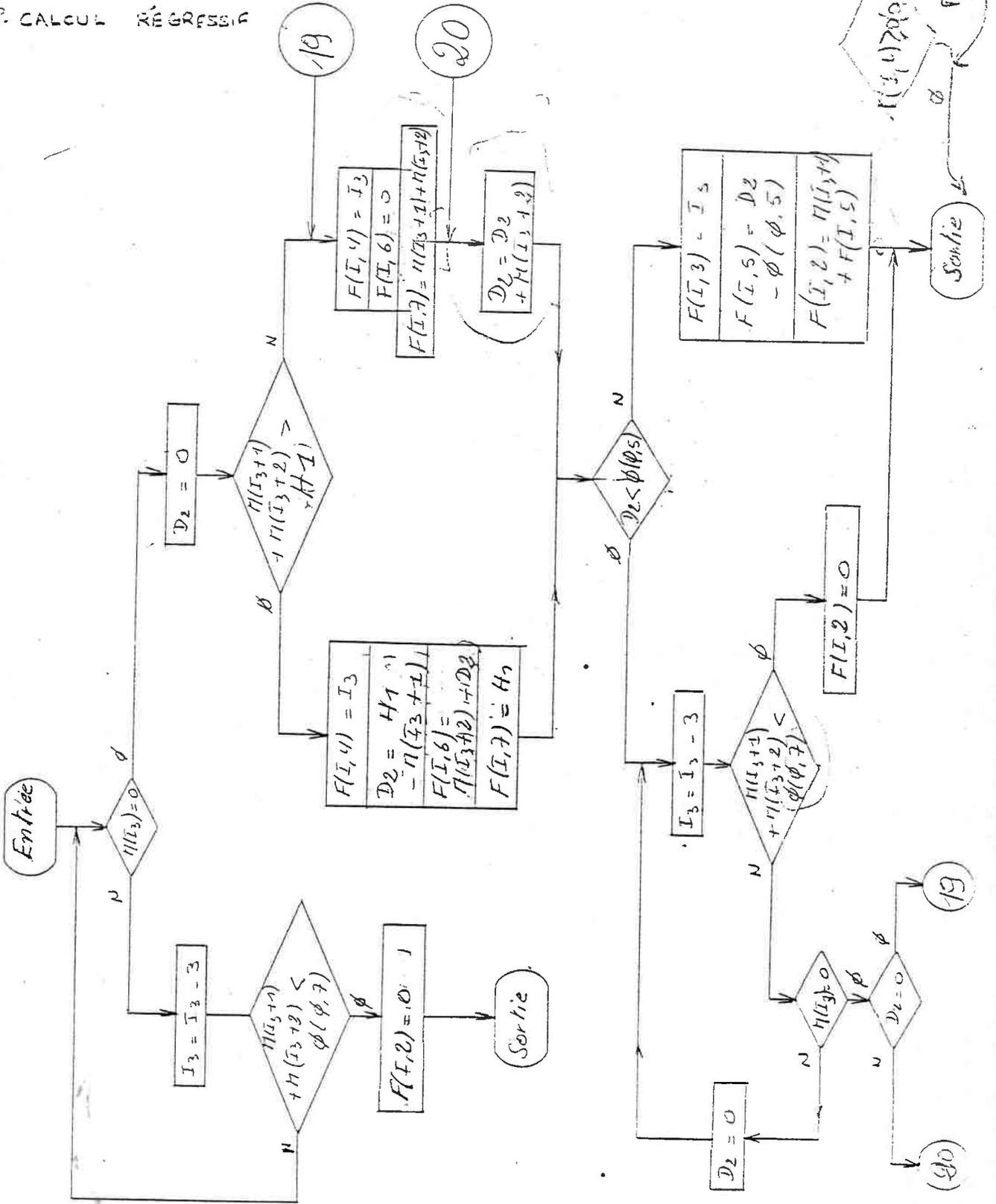
AGRANDISSEMENT DES TROUS
(Module régressif)



Placement de la somme







TRANSFERT 35 F down 0

$$\phi(0, 4) = F(I, 2)$$

$$\phi(0, 9) = F(I, 2)$$

$$\phi(0, 15) = F(I, 3)$$

$$\phi(0, 16) = F(I, 3)$$

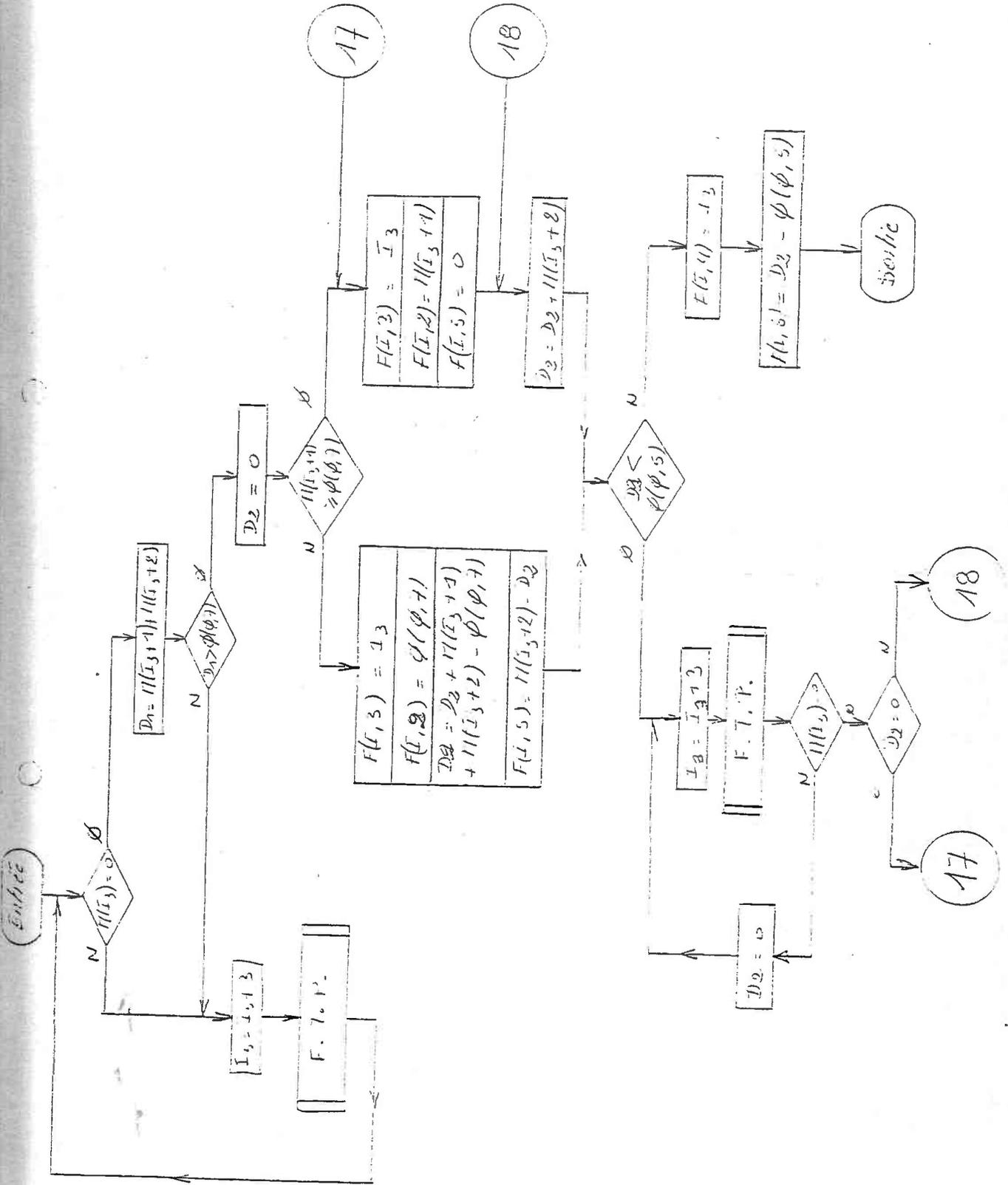
$$\phi(0, 17) = F(I, 4)$$

$$\phi(0, 18) = F(I, 5)$$

$$\phi(0, 19) = F(I, 6)$$

$$\phi(0, 20) = F(I, 8)$$

$$\phi(0, 21) = F(I, 9)$$



ANNEXE 1

DESCRIPTION DES ORDINOGRAMMES
DU MODULE DE PLACEMENT

PAGE 20

Initialisation des variables NB , $H\phi$, $H\beta$, $\phi 1$ et du tableau $I(100, 4)$

NB = Nombre de commande en CARNET
 $H\phi$ = heure d'aujourd'hui
 $H\beta$ = heure de fin de planning } informations stockées dans FIREP

$\phi 1$ = numéro de l'opération placée manuellement - Cette variable est initialisée à ϕ car elle est utilisée dans le module d'agrandissement des trous.

Suivant que la réponse à la question "Placement Automatique ?" est oui ou non, on va en ① ou ② : page 21 ou 22.

PAGE 21

Tri des commandes par priorité et choix de la commande de priorité maxi.

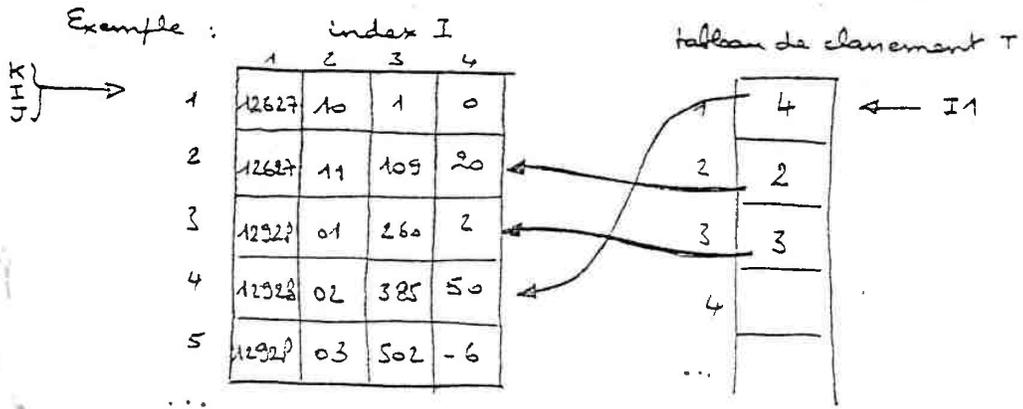
P = variable "drapeau" dont la valeur est testée tout au long du programme afin de brancher le module concerné.
ici $P = \phi$ signifie que l'on a choisi le "placement automatique" (c'est à dire le placement régéno-progressif de toutes les commandes disponibles du carnet).

Principe du tri de commandes par ordre de priorité décroissante :

L'index $I(100, 4)$ contient les informations utiles au tri :

- $I(I, 1) = \downarrow$ N° de commande
- $I(I, 2) = \downarrow$ + Feuille de route
- $I(I, 3) =$ Adresse d'engrènement commande dans CARNET
- $I(I, 4) =$ priorité de la commande (négative si code état)

Le tableau de classement $T(I)$ contiendra après tri les numéros d'ordre des commandes dans l'index.



Imq: Les commandes 1 (12627.10) et 5 (12928.03) n'ont pas été classées, car leurs priorités sont négatives, ou nulles.

Pour effectuer la t_i , on utilise 4 pointeurs :

- I : 1^{er} pointeur courant dans Index (recherche d'une commande disponible non classée)
- J : 2^e pointeur courant dans Index (recherche de la commande disponible non classée de priorité maxi).
- K : pointeur Commande priorité maxi (Index)
- I1 : pointeur dans tableau de classement T.

Lorsqu'une commande est classée dans le tableau T on place un signe - devant son numéro afin de ne plus la classer une seconde fois (I(I,1))

Rappel: NS = nombre de commandes dans CARNET.

Autres variables utilisées :

- IS : pointeur courant dans le tableau de classement T pour la suite du traitement (placement des commandes en régions - pages)
On fait varier IS de 1 à I1 (dernier enregistrement du tableau T)
- A1 = adresse dans CARNET de la commande à placer (numéros d'ordre T(IS) dans l'index).
- I2 = numéros d'ordre dans l'index (T(IS))
- E1 = priorité de la commande.

Le retour (13) → vient de la fin du programme - Lorsqu'une commande est placée, on revient en (13) pour placer la suivante.

PAGE 22

Choix d'une commande à placer - Contrôle de la commande.

P=1 signifie que l'on a choisi un placement non automatique, c'est à dire que l'on va tenter de placer une commande seule.

N1 = numéro de la commande - si N1 = \emptyset , cela signifie que l'on s'est trompé et que l'on veut terminer le programme.

Le contrôle de la commande consiste ici à vérifier que le numéro fourni par l'opérateur correspond bien à une commande du carnet (donc enregistrée dans l'index).

Pour $J=1$ à NS (dernière commande), on vient donc comparer le numéros de commande indiqués (N1-N6) aux numéros existant I(J,1) - I(J,2).
Si on ne trouve pas le numéro indiqué, on affiche "erreur sur le numéro de commande".

Si on trouve, on fait A1 = adresse dans carnet de la commande à placer
E1 = priorité (ou code état de la commande)
I2 = numéros d'ordre de la commande dans INDEX.

PAGE 23

Lecture de la commande et des opérations

On positionne la tête de lecture disque sur A1 (adresse dans CARNET d'enregistrement de la commande).
 Puis on lit les 9 informations concernant la commande dans C(1) à C(9) et les 15 informations concernant chaque opération $1 \leq C(6)$ (= nombre d'opération dans la commande) dans le tableau O(I, 15)

On retient pour la détermination du début au plus tôt de la commande le maxi. de H ϕ (heure d'aujourd'hui) et C(4) (début au plus tôt commande)

PAGE 24

Initialisation de H1 (heure de placement) et O (numéro de l'opération à placer).

si $P = \phi$, il s'agit d'un placement "automatique", donc séquentiel-pressé.
 On commence par effectuer un calcul séquentiel - pour cela on initialise $O \leq C(6)$ (dernière opération de la commande) et H1 à C(5). (fin au plus tard de la commande).
 Cependant si $C(5) > H1$ (heure de fin de planning) on signale l'impossibilité de placement.

si $P \neq \phi$, on teste si la commande à placer est disponible : code état $E1 > 0$ - sinon on l'indique.

si oui, on demande le mode de placement
 On modifie la valeur de P suivant le mode retenu.

long: on refuse de placer en séquentiel ou en séquentiel-pressé une commande sans délai indiqué ($E1 = -6$).

En cas de placement pressé, on initialise $O \leq 1$ (1^{ère} opération) et H1 à C(4) (début au plus tôt de la commande).

En cas de placement manuel, on branche dans le sous programme "placement manuel" dont l'adresses est en page 23.

$O1 = \phi$ correspond soit à une réponse de l'opérateur (encas d'erreur) - soit à une impossibilité de placement (voir module 13A).
 si $C(6) = 1$, cela signifie que la commande ne comporte qu'une seule opération; auquel cas on va directement placer cette opération à l'heure H1 indiquée \rightarrow (22)

On enregistre le mode de placement choisi (P) dans C(7)

- si $O1 = 1$, on place les opérations suivantes en pressé.
- si $O1 = C(6)$, on place les opérations précédentes en séquentiel
- si $1 < O1 < C(6)$ on place les opérations précédentes en séquentiel puis (voir note de l'adins. page 23), le fait d'avoir posé $P = 4$ fait qu'on place les opérations suivantes en pressé.

Rappels: $O(I, 15) =$ fin obligée de l'opération I
 $O(I, 6) =$ durée de chevauchement de l'opération I avec l'opération I-1.
 $O(I, 9) =$ début obligé de l'opération I.

Envoi aux modules $\left\{ \begin{array}{l} \text{Initialisation tableau } F(5,9) \rightarrow \text{ordino page } 32 \\ \text{Lecture machines } M\phi \rightarrow \text{ " " } 33 \\ \text{Recherche dichotomique} \rightarrow \text{ " " } 34 \end{array} \right.$

Si l'opération à placer peut être exécutée par différentes machines appartenant à une même famille, le tableau $F(I,9)$ contiendra les informations concernant les 5 machines de la famille ($I=1 \div 5$).

Si l'opération doit être exécutée sur une machine précise, la ligne $F(1,1) \div F(1,9)$ contiendra les informations, le reste du tableau F sera rempli de ϕ .

Le retour (9) ^{ou 27} vient de l'ordino page 26 (boucle $I=1 \div 5$) - il s'agit de calculer la fin planifiée $F(I,7)$ sur les différentes machines de la famille dans le cas d'un placement progreif (ou le début planifié $F(I,2)$ dans le cas d'un placement régressif).

Si $P=1$ on fait au calcul progreif (page 26)

Si $P \neq 1 \rightarrow$ calcul régressif (page 27).

Rappel: $M\phi$ = numéro de machine
 $F(I,1)$ = Numéro de machine
 $M(1000)$ = tableau machine.

Le retour (10) ^{ou 27} vient de l'ordino page 26 ou 27 (boucle $O=1 \div C(6)$) en progreif, $O=C(6) \div 1$ en régressif - les différentes opérations de la commande sont calculées successivement.

Envoi aux modules $\left\{ \begin{array}{l} \text{Calcul progreif} \rightarrow \text{ordino page } 44 \\ \text{Calcul trois début et fin} \rightarrow \text{ " " } 36 \end{array} \right.$

Si $O(0,3) = \phi$, l'opération ne peut être exécutée que sur une seule machine - on évite alors le retour en (9) ainsi que la détermination de la fin $F(I,7)$ mini.

$H1$ = heure de début au plus tôt de l'opération suivante

$O(O+1,6)$ = durée de chevauchement opérations O et $O+1$.

Le transfert de F dans O permet de sauvegarder les informations calculées pour l'opération O car le tableau F va être réinitialisé pour le calcul de l'opération suivante $O+1$.

$O > C(6)$ signifie que toutes les opérations de la commande ont été calculées (en progreif).

PAGE 27

Envoi aux modules $\left\{ \begin{array}{l} \text{Calcul régressif} \\ \text{Calcul tous début et fin} \end{array} \right. \rightarrow$ ordins. page 42
36

Si $o(0,3) = 0$, l'opération doit être exécutée sur une machine unique.
Si $F(I,2) = 0$ (début obligé de l'opération), cela signifie que l'opération ne peut être placée consécutivement, auquel cas 2 solutions sont possibles:

- si $P = \emptyset \Rightarrow$ "placement automatique", on "barcoule" en régressif. on pose $P = 1$ et on réinitialise $o = 1$ (1^{ère} opération) et $H1 \in C(4)$ (début au plus tôt de la commande).
- si $P \neq \emptyset$ on affiche "placement impossible" puis on revient en 5 (voir ordins page 24) où l'on demande à l'opérateur de choisir un autre mode de placement.

Si $o(0,3) \neq 0$, on incrémente I de 1, on vérifie qu'il reste une machine dans la famille ($F(I,1) \neq 0$ et $I \leq 5$) et on retourne en 9 (page 25) pour calculer l'opération sur la machine suivante.

Au retour du module "détermination de $F(I,2)$ max", si $I = 0$, cela signifie qu'aucune machine de la famille ne convient au placement de l'opération.

Rappel: $H1$ = heure de fin au plus tard pour le placement de l'opération précédente.

$o(0,6)$ = durée de chevauchement des opérations 0 et 0+1

Le transfert de F dans o permet de sauvegarder les informations afin de réinitialiser le tableau F pour le calcul de l'opération précédente 0-1.

$o = \emptyset$ signifie que toutes les opérations de la commande ont été calculées, on pose donc en 11 - page 28.

PAGE 28

Si $P = 1$ (dernier calcul en régressif) on envoi en 12 (page 29)
 Si $P = \emptyset$ (placement automatique) ou $P = 3$ (placement d'une commande en régressif), cela signifie qu'on a calculé la commande en régressif, que ce calcul a fourni un début obligé $o(1,9)$ et que l'on va effectuer un calcul régressif:

$P = 1 \wedge o = 1 \wedge H1 = o(1,9)$ - renvoi en 10 page 25.

Si $P = 4$, il s'agit du placement forcé d'une opération, on vient de calculer les opérations précédentes en régressif et il reste à calculer les opérations suivantes en régressif - on réinitialise:
 $P = 1 \wedge H1 = o(01,15) \wedge o(01+1, 6) =$ fin obligé de l'opération forcé - durée de chevauchement avec opération suivante
 $o = 01+1 =$ opération suivante \rightarrow envoi en 10 page 25.

Le retour 14 \rightarrow vient de la page 29.

Envoi au module "Agencement de tous" \rightarrow ordins. page 37

Le retour 22 \rightarrow vient de la page 24 (cas du placement forcé d'une commande à une seule opération).

Envoi au module "Placement de la commande" → ordins. pages 40/41

Si C(7) = 0 → placement automatique, on remet P = 0 puis on renvoie en (13) (ordins. page 21) pour placement de la commande suivante.

PAGE 29

Si E1 = -6 (commande sans délai) ou C(4) = 0 (placement automatique) on va en (14) → ordins. page 28.

sinon, on calcule :

- R1 = retard par rapport à la fin au plus tard de la commande
- Rappel: C(6) = nbr d'opérations de la commande.
- O(I, 15) = fin obligée de l'opération I
- C(5) = fin au plus tard de la commande
- C(8) = retard admissible sur la fin au plus tard.

Si autre enai souhaité, renvoi en (5) → choix de mode de placement (ordins. page 24).

PAGE 31.

Module de placement manuel.

- O1 = numéro de l'opération à placer à l'heure H1 (heure début)
- C(6) = nombre d'opération dans la commande = numéro de la dernière opé.
- O(O1, 7) = début au plus tôt de l'opération O1.
- O(O1, 8) = fin au plus tard de l'opération O1.
- tableau F(5, 9) → tableau de famille de machines.
- Mφ = F(I, 1) = numéro de la I^{ème} machine de la famille.
- M(1000) = tableau machine.
- D1 = heure de fin du groupe d'engrènement déterminé par le module de recherche dichotomique.
- I3 = pointeur dans le tableau M(1000)
 - M(I3) = adresse opération ou 0 si rien.
 - M(I3+1) = heure début du groupe d'engrènement.
 - M(I3+2) = durée du groupe d'engrènement.
- O(O1, 16) = Numéro groupe d'engrènement contenant le début de l'opération O1.
- O(O1, 18) = durée du train généré au début de l'opération O1.
- D2 = durée cumulée des trains successifs.
- O(O1, 19) = durée du train généré en fin de l'opération O1.
- O(O1, 15) = fin obligée de l'opération O1.
- O(O1, 17) = Numéro groupe d'engrènement contenant la fin de l'opération O1.
- O(O1, 4) = Numéro de la machine exécutant l'opération O1.
- O(O1, 9) = Début obligé de l'opération O1.

PRINCIPE DU MODULE : le module vérifie que l'opération O1 peut être placée à l'heure de début H1 sur une des machines de la famille. Si oui, les informations du tableau O sont complétées. Si non, on retourne au module principal après avoir posé D1 = 0.

PAGE 32

Module d'initialisation du tableau F(5,9)

Si $\alpha(0,3) \neq \emptyset$, on position la tête de lecture disque à l'adresse AS qui est l'adresse d'enregistrement des informations concernant la famille de machines $\alpha(0,3)$ -

Si $\alpha(9,3) = 0$, on pose $F(1,1) = \alpha(0,4) =$ numéro de la machine devant exécuter l'opération 0. et on pose $F(2,1) = F(5,1) = \emptyset$.

Dans tous les cas, on annule tous les autres éléments du tableau F(5,9).

PAGE 33

Module de lecture d'une machine Mφ dans le tableau M(1000).

A2 = Adresse d'enregistrement dans le fichier PLANIG de la machine Mφ.

M(1), M(2) et M(3) les mots non utilisés dans ce module.

N5 = Nombre de groupes et d'opérations enregistrés.

M(4) = Nombre de groupes enregistrés.

I3 = Adresse du dernier groupe enregistré

PAGE 34

Module de recherche dichotomique.

BUT DU MODULE: identifier rapidement (plus rapidement qu'avec une recherche séquentielle) le groupe d'enregistrement contenant l'heure H1.

PRINCIPE: On compare l'heure de l'enregistrement "milieu" du tableau M à l'heure H1 et selon le résultat on effectue un "bond" avant ou arrière de moitié dans le tableau et ainsi de suite jusqu'à ce que l'amplitude du bond devienne égale à 1.

N3 = Amplitude du "bond".

M(4) = nombre de groupes enregistrés dans le tableau M(1000)

I8 = heure de début du dernier groupe

H1 = heure recherchée dans M(1000).

I3 = pointeur dans le tableau M(1000).

H2 = heure de début du groupe d'enregistrement correspondant à I3.

PAGE 42

Module de Calcul régulier.

BUT DU MODULE: Calculer pour l'opération 0 sur la machine Mφ = F(I,1):

- F(I,2) = Début allégé
- F(I,3) = Numéro d'enregistrement dans M(1000) contenant début et fin
- F(I,4) = " " " " " "
- F(I,5) = Durée du ton généré au début d'opération
- F(I,6) = Durée du ton généré au fin d'opération
- F(I,7) = Fin allégé

Si le placement de l'opération 0 n'est pas possible sur la machine Mφ après le début au plus tôt $\alpha(0,7)$, on retourne au module principal après avoir posé $F(I,2) = \emptyset$.

PRINCIPE : On recherche à partir de la date de fin au plus tard de l'opération sur un trou (ou une suite de trous) de durée suffisante pour contenir l'opération. On arrête la recherche lorsque le trou est trouvé ou lorsque l'on a dépassé la date de début au plus tôt de l'opération.

Rapports:

- $M(1000)$ = tableau machine $F(I,1)$
- $I3$ = pointeur dans le tableau $M(1000)$
- $O(0,7)$ = Début au plus tôt de l'opération O .
- $D2$ = durée cumulée des trous successifs.
- $H1$ = heure de fin au plus tard de l'opération.
- $O(0,5)$ = durée de l'opération.

PAGE 94

Module de calcul progressif.

BUT DU MODULE : Voir but du module "Calcul régulier" page 92 (ordina)
 PRINCIPE : même principe que module régulier - on détermine la date de début au plus tôt et on arrête lorsque le trou est trouvé ou lorsqu'on déborde du planning ($I3 > 962$).

Même variables que dans le module de Calcul régulier.

PAGE 35

Module de détermination de $F(I,2)$ maxi ou $F(I,7)$ mini.

BUT DU MODULE : Déterminer la valeur de I dans le tableau $F(I,J)$ donnant la valeur $F(I,2)$ maxi ou $F(I,7)$ mini.

$F(I,2)$ = Début obligé de l'opération sur la machine $F(I,1)$
 On recherche le début obligé maxi dans le cas d'un placement progressif.

$F(I,7)$ = Fin obligée de l'opération sur la machine $F(I,7)$
 On recherche la fin obligée mini dans le cas d'un placement progressif.

Variables utilisées:

- $J2$ = pointeur dans le tableau $F(J2, J)$ - Ce pointeur indique le $F(J2,2)$ maxi ou le $F(J2,7)$ mini.
- $J3$ = pointeur courant dans le tableau $F(J3, J)$
- $D3$ }
- $D4$ } débits obligés (ou fin obligées) à comparer.

PAGE 36

Module de calcul des durées des trous de début et fin.

BUT DU MODULE : Calculer les durées des trous existants entre d'un côté : le début de l'opération et la fin de l'opération précédente sur la même machine - d'un autre côté : la fin de l'opération et le début de l'opération suivante sur la même machine - Ces durées sont testés dans le module "Agencement des trous".

- $F(I,8)$ = durée du trou de début d'opération
- $F(I,9)$ = durée du trou de fin d'opération.

I3 = pointeur dans le tableau M(1000)

F(I,3) = Numéro du groupe d'assignement - début opération
F(I,4) = " " " " " " " " " " fin " "
F(I,5) = Durée du trou généré au début d'opération.
F(I,6) = Durée du trou généré en fin d'opération.

Remarque: on limite la durée du trou F(I,3) ou F(I,5) à 4 car au delà le module d'agrandissement des trous n'en a pas de supprimer le trou (la valeur 4 est une valeur provisoire - elle doit être paramétrable).

PAGE 37

Module d'agrandissement des trous.

BUT DU MODULE: éliminer (dans la mesure du possible) les trous inter opé. dont la durée est inférieure à une durée minimale (pour l'instant cette durée minimale est fixée à 4 trous - elle pourra varier en fonction de la machine ou d'autres paramètres).

Il existe un module d'agrandissement des trous pour commandes placées en progressif et un module pour commandes placées en régressif.

Une commande placée "manuellement" (placement fait d'une opération) est décomposée en deux sous commandes: une première placée en progressif, une seconde en régressif.

Rappel: C(7) = mode de placement de la commande.
C(7) = 2 → placement régressif.
C(7) = 4 → placement "manuel".

PAGE 38

Module d'agrandissement des trous après placement progressif.

PRINCIPE:

Après un placement progressif, on ne peut déplacer une opération que vers la "droite", c'est à dire reculer sa date de début.

On ne reculera une opération que si elle est "entourée" de 2 trous (qu'on envisage alors de remplacer par un seul) - Pour que le recul soit possible, il faut que l'opération suivante ne commence pas immédiatement à la fin de l'opération concernée (ce qui peut être le cas si une autre opération déjà placée a gêné son placement ou si elle a elle-même subi un déplacement à droite).

On commence donc par envisager de déplacer vers la droite la dernière opération de la commande, puis l'avant dernière, etc....

O = numéro de l'opération concernée

C(6) = nombre d'opération dans la commande

O1 = numéro de l'opération ayant subi un placement "forcé" (dans le cas d'un placement "manuel") - s'il n'y a pas d'un placement manuel, la variable O1 a une valeur de 0.

O(0,20) = durée du trou de début.

O(0,24) = " " " " " " " " " " fin

O(0,4) = M.S = numéro de la machine qui exécute l'opération O.

DS = durée du trou de fin

D6 a deux significations

1^{ère} signification D6 = marge libre entre fin de l'opération 0 et début de l'opération 0+1 (⇒ déplacement possible de l'opération 0 vers la droite).

2^{ème} signification D6 = cumul de la durée des trous entre la fin de l'opération 0 et le début de l'opération suivante sur la même machine.

- I3 = pointeur dans le tableau M(1000)
- O(0,15) = fin obligée de l'opération 0.
- O(0,17) = Numéro du groupe d'enregistrement contenant la fin de l'opération 0.
- O(0,19) = Durée du trou généré en fin d'opération.
- D2 = O(0,5) = Durée d'exécution de l'opération 0 - Cette durée est ensuite diminuée de la durée des trous successifs M(I3+2) afin de déterminer le trou de début d'opération.
- O(0,5) = début obligé de l'opération 0.
- O(0,16) = Numéro du groupe d'enregistrement contenant le début de l'opération 0.
- O(0,18) = Durée du trou généré en début d'opération.

PAGE 39.

Module d'Aggrandissement des trous après placement séquentif.

PRINCIPE : même principe que module d'Aggrandissement après placement progressif (page 38.) - on ne peut déplacer une opération que vers la "gauche", c'est à dire avancer sa date de début.

On commence par essayer de déplacer vers la gauche la première opération de la commande, puis la seconde, etc....

Les variables ont la même signification que pour le module d'Aggrandissement de trous après placement progressif (page 38.).

PAGE 40/41

Module de placement de la commande.

BUT : il s'agit de recopier un disque dans le fichier PLANIG les différentes opérations de la commande.

Variables :

- O = Numéro de l'opération à placer.
- E2 = O(0,16) = Numéro du groupe d'enregistrement contenant le début de l'opération.
- E3 = O(0,17) = Numéro du groupe d'enregistrement contenant la fin de l'opération.
- X1 = O(0,18) = Durée du trou généré en début d'opération.
- X2 = O(0,19) = Durée du trou généré en fin d'opération.
- MØ = O(0,4) = Numéro de machine exécutant l'opération 0.
- V1 = Compteur cumulant le décalage apporté dans le fichier par le placement de l'opération 0.
- J3 = Adresse du dernier groupe d'enregistrement dans M(1000)
- M(4) = Nombre de groupes enregistrés dans M(1000).
- A2 = Adresse dans PLANIG de copie de la 2^{ème} partie du tableau M(1000)
- J4 = pointeur dans le tableau M(1000)
- A1 = Adresse d'enregistrement de la commande dans CARNET
- A3 = " " " " de l'opération 0
- J5 = pointeur dans le tableau M(1000)

11

T = Code d'un groupe d'enregistrement ($\phi = \text{tou}$)
 $o(0, 9)$ = Début ^{obligé} de l'opération o .
 $o(0, 5)$ = Durée d'exécution de l'opération o .
 $N4$ = Nombre d'opérations enregistrées pour la machine $M\phi$
 $N5$ = Nombre de groupes d'enregistrement et d'opérations enregistrées dans $M(1000)$
 $M(2)$ = Niveau de charge de $M\phi$.
 $M(3)$ = Adresse dans $M(1000)$ de l'opération en cours.
 $E(7)$ = mode de placement de la commande.

PAGE 43

Module de transfert de F dans o .

BUT : sauvegarder dans le tableau $\alpha(I, J)$ les informations du tableau $F(I, J)$, ce dernier devant être utilisé pour le calcul de l'opération suivante.

Modification du
module de placement

1) Mise en place du tri "méthode de l'arbre":

- ordi programme page 1.
- liste de variables page 3.
- listing page 4.

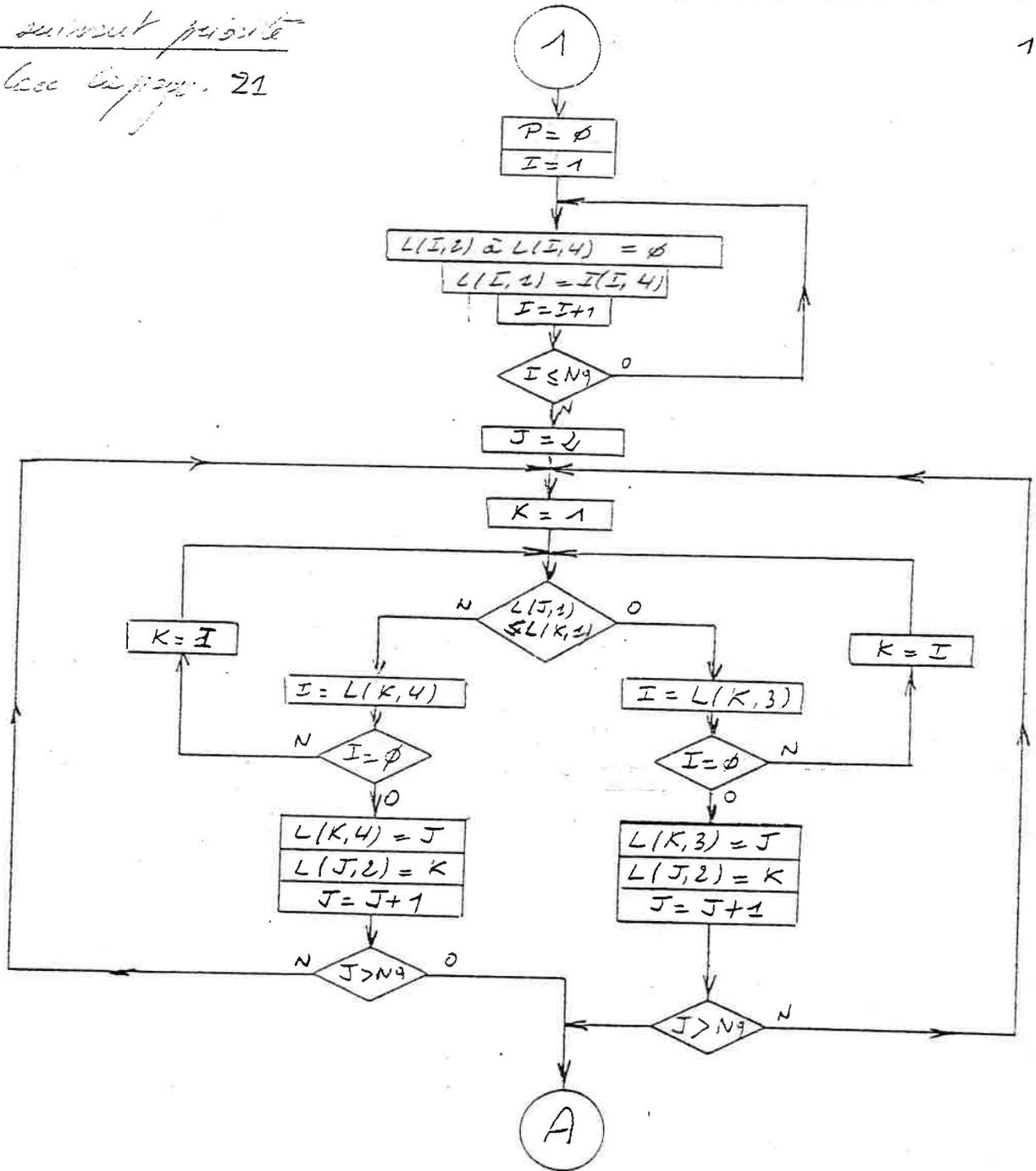
2) Mise en place du "coefficient d'adaptation":

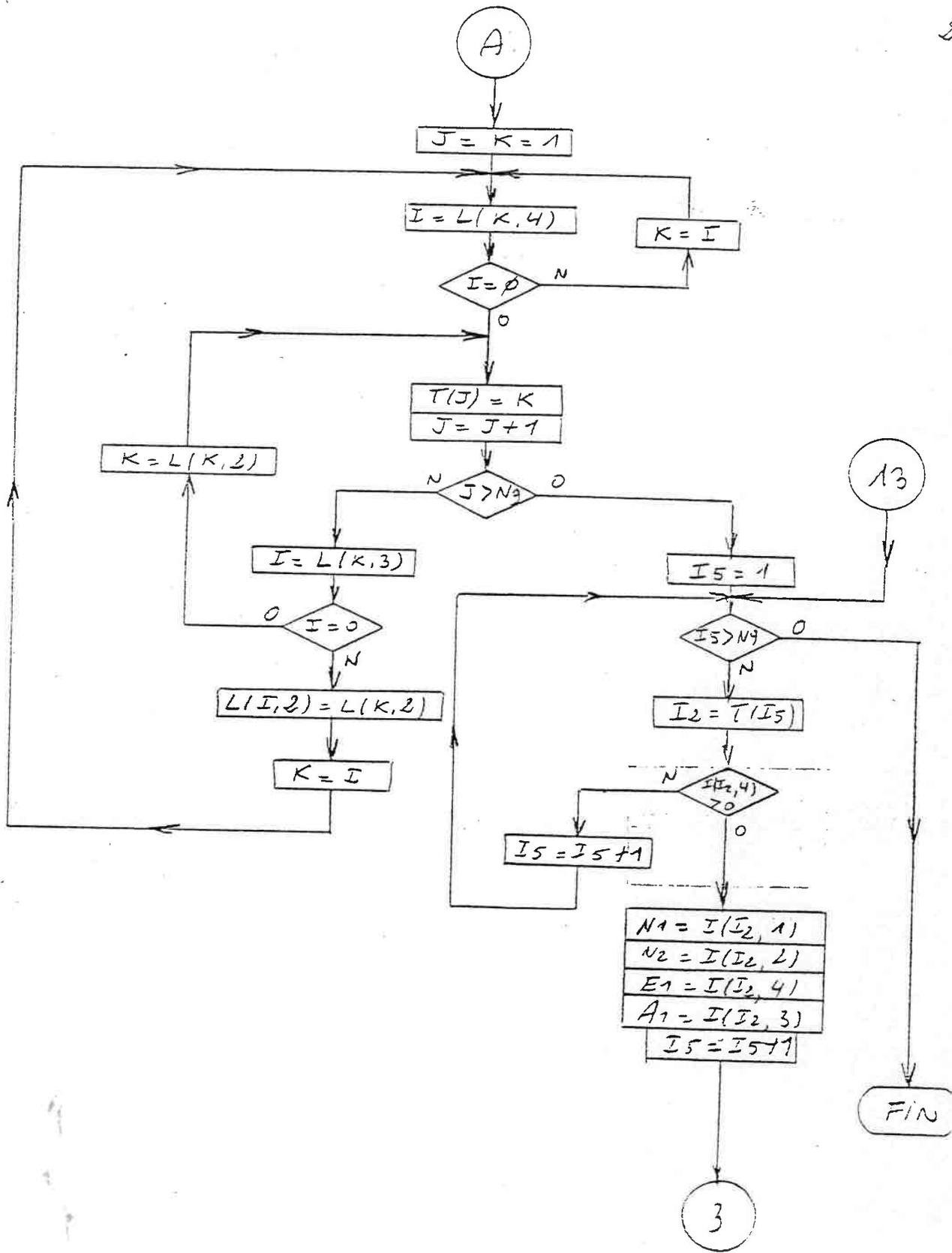
- modification de l'ordi programme page 5.
- explications page 7.

3) Corrections apportées au programme

- tri pour choix de la machine
la plus favorable page 8
- sous-programme "calcul reversif" page 8.

This solution prints
numbers in pairs, 21





Variable	Valeurs, contenus
A1	- Adresse sous CARNET d'une commune N1.
E1	- Etat d'une commune N1 -
I	- Indice sous FOR-NEXT - Indice sous le tableau L(100,4) -
I2	- N° ordre de la commune N1 dans CARNET (indice sous le tableau I(100,4))
I5	- Indice dans le tableau T(100)
J)	- Indice dans les tableaux L(100,4) et T(100)
K)	
N1	- N° de la cde si placée (ayant la priorité la plus élevée)
N6	- n° de la feuille de route
N9	- Nombre de communes inscrites sous CARNET
P	- mode de placement -
L(100,4)	<p>- Tableau des communes (recopie du fichier INDEX)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 100 communes - 4 informations <ol style="list-style-type: none"> 1 - N° commune 2 - N° feuille de route 3 - Adresse de la cde 4 - Priorité de la cde
L(100,4)	<p>- Tableau de tri (100 communes)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 4 informations <ol style="list-style-type: none"> - 1 - priorité de la commune - 2 - indice de la cde <u>précédent</u> la cde I dans le tri - 3 - indice de la cde <u>suivant</u> la cde I dans le tri, et dont la priorité est <u>supérieure</u> à celle de la cde I. - 4 - nom à 3 - mais dont la priorité est <u>inférieure</u>

```

0150 REM *****
0170 REM          TRI SUIVANT PRIORITE DECREISSANTE
0180 REM *****
0190 LET P=0
0200 FOR I=1 TO N9 STEP 1
0210 LET L(I,2)=L(I,3)=L(I,4)=0
0220 LET L(I,1)=I(I,4)
0230 NEXT I
0240 LET J=2
0250 LET K=1
0260 IF L(J,1)<=L(K,1) THEN 350
0270 LET I=L(K,4)
0280 IF I=0 THEN 310
0290 LET K=I
0300 GOTO 250
0310 LET L(K,4)=J
0320 LET L(J,2)=K
0330 LET J=J+1
0340 IF J=N9 THEN 440
0350 GOTO 250
0360 LET I=L(K,3)
0370 IF I=0 THEN 400
0380 LET K=I
0390 GOTO 250
0400 LET L(K,3)=J
0410 LET L(J,2)=K
0420 LET J=J+1
0430 IF J=N9 THEN 250
0440 LET J=K=1
0450 LET I=L(K,4)
0460 IF I=0 THEN 490
0470 LET K=I
0480 GOTO 450
0490 LET T(J)=K
0500 LET J=J+1
0510 IF J=N9 THEN 590
0520 LET I=L(K,3)
0530 IF I=0 THEN 570
0540 LET L(I,2)=L(K,2)
0550 LET K=I
0560 GOTO 450
0570 LET K=L(K,2)
0580 GOTO 490
0590 REM *****
0600 REM          DETERMINATION DE LA COMMANDE DE PRIORITE LA PLUS ELEVEE
0610 REM *****
0620 LET I5=1
0630 IF I5>N9 THEN 6330
0640 LET I2=T(I5)
0650 IF I(I2,4)>0 THEN 680
0660 LET I3=I5+1
0670 GOTO 630
0680 LET N1=I(I2,1)
0690 LET N2=I(I2,2)
0700 LET A1=I(I2,3)
0710 LET E1=I(I2,4)
0720 LET I5=I5+1
0730 GOTO 630

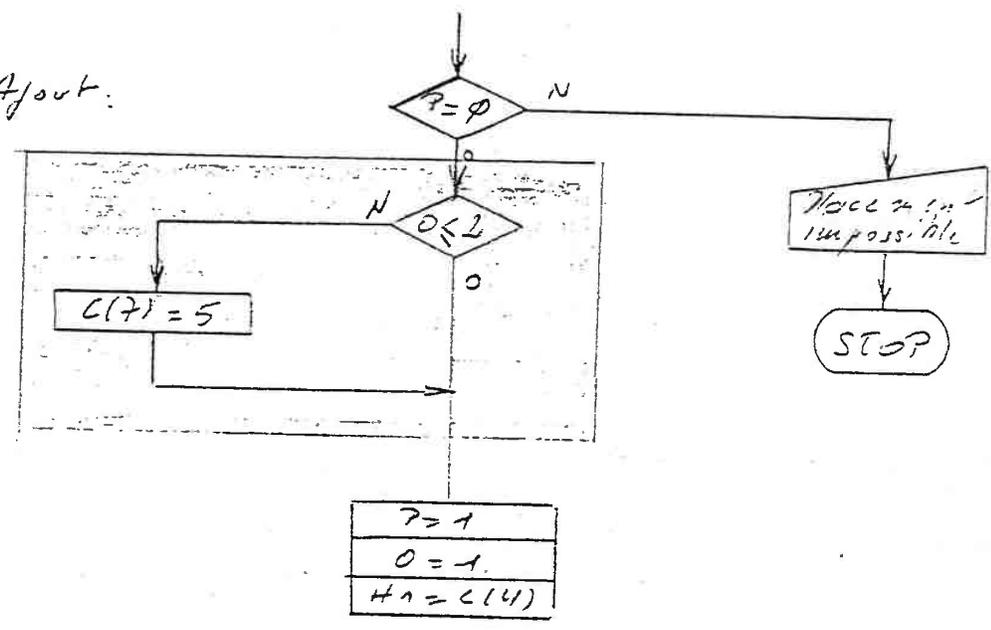
```

Coefficient d'adaptation

L'ordonnement du module de placement est modifié comme suit :

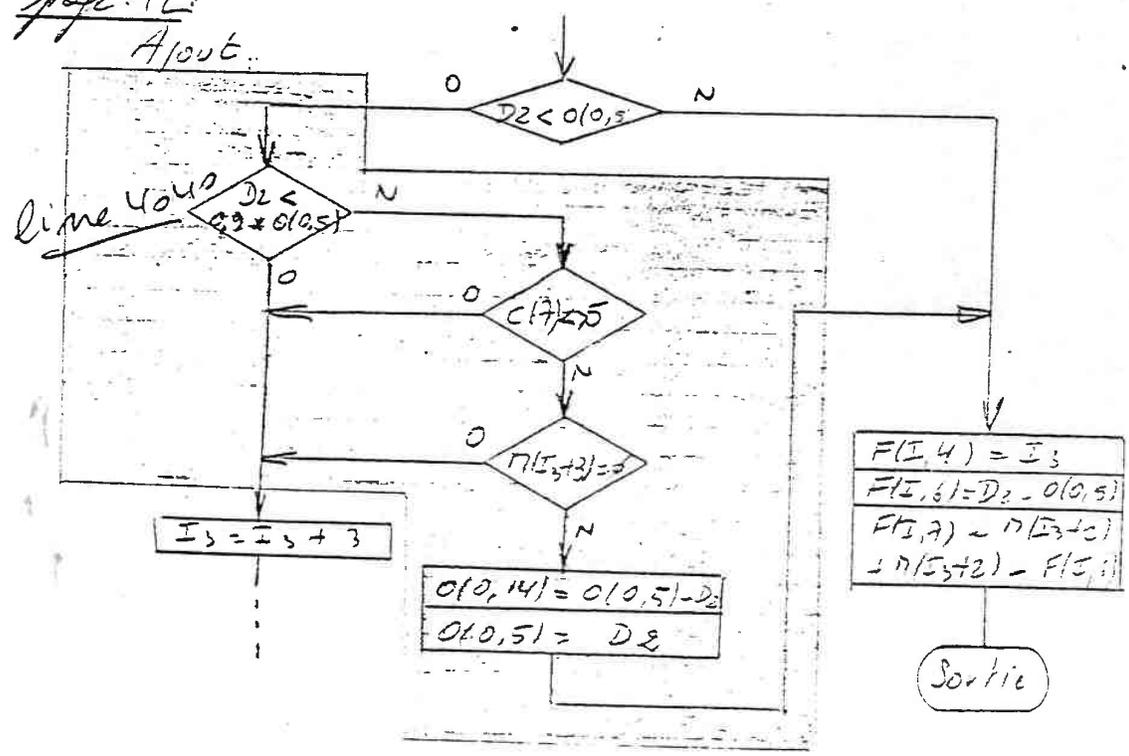
page 27

Ajout :



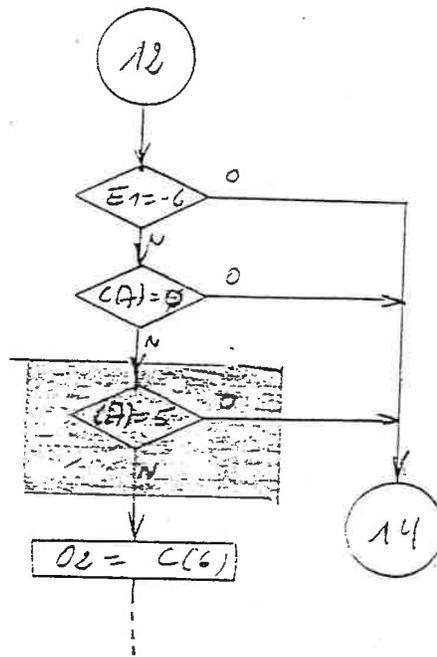
page 42

Ajout :

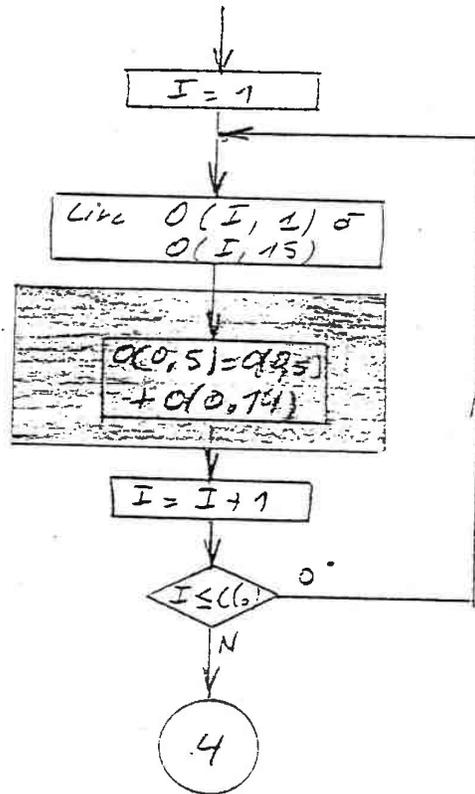


page 29

Ajout



page 23



Explications

7

Lorsque dans le calcul régulier on dépasse le début ou plus tôt d'une opération on bascule en placement progressif à partir de la première opération. Il s'agit, pour diminuer le retard, d'insérer les places des opérations de durée d dans des trous de durée $k \times d$ (avec $k < 1$) dans ce placement progressif.

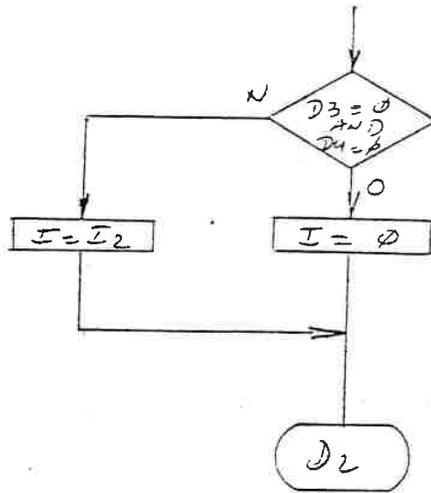
- cette opération ne se fait que si le retard risque d'être important (i.e.d. que le basculement s'est produit avant les deux dernières opérations) -

- k est égal à 0,9 -

Conventions approuvées :

page 35

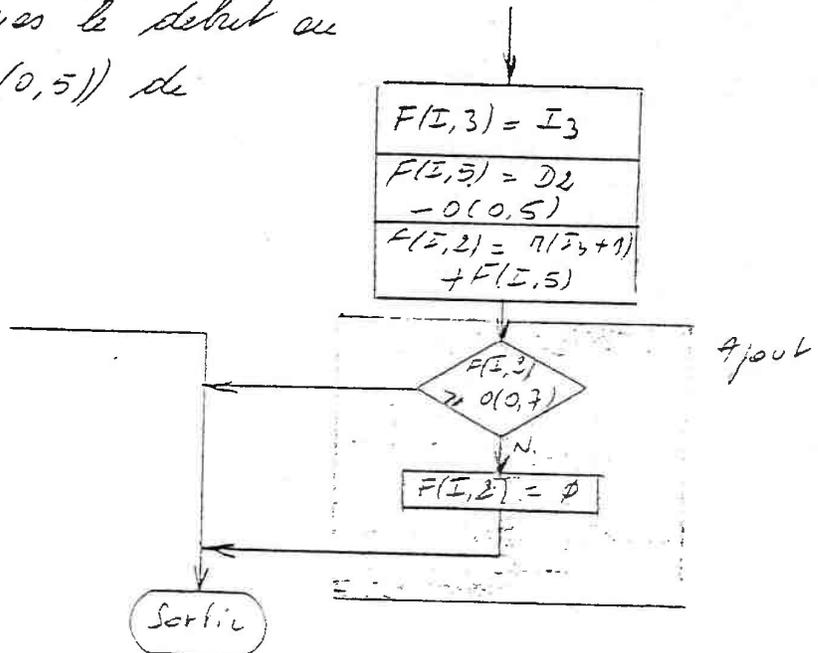
calcul de $F(I, 2)$ maxi : tester $D_3 \text{ AND } D_4 = 0$



page 48

sous-programme calcul récursif.

ajout d'un test pour contrôler que le début oblique ($F(I, 2)$) ne dépasse pas le début ou plus tôt ($0(0, 5)$) de l'opération.



MODE DE PLACEMENT MANUEL
ORDINOGRAMME DU TRAITEMENT

PLACEMENT MANUEL D'UNE COMMANDE

Il s'agit de placer une opération (O1) quelconque d'une commande à une heure choisie (H1), (c'est le placement forcé à une heure donnée). Les opérations antérieures sont ensuite placées automatiquement en mode régressif, les opérations suivantes sont placées en mode progressif.

Ordinogramme du placement manuel

Pages 1 à 6

Sous-programme placement manuel

Pages 7 à 9

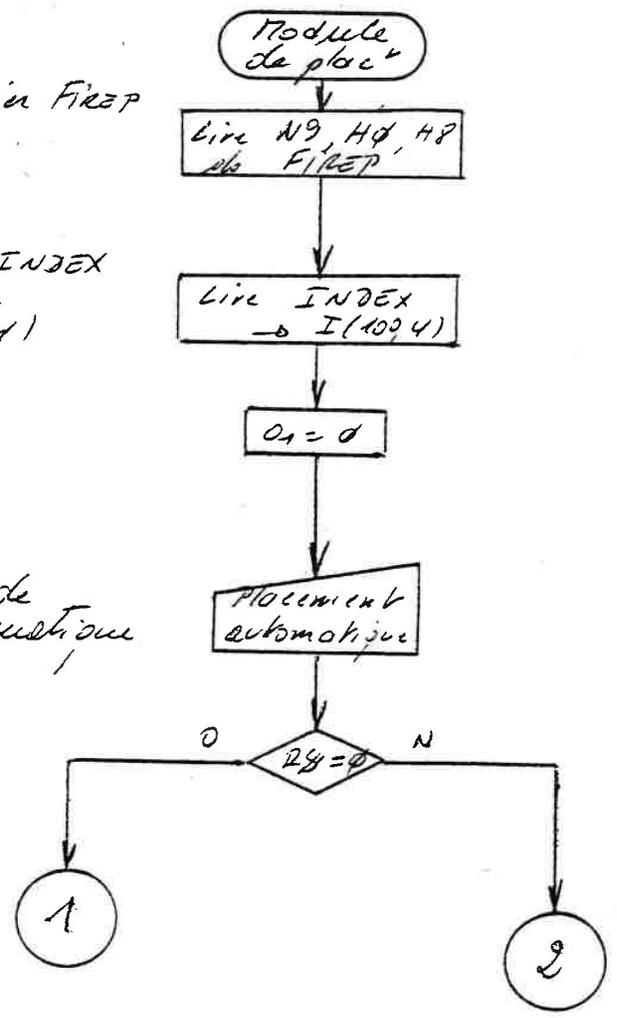
Note :

Les ordinogrammes constituent des extraits de l'ordinogramme du module général de placement, et ne donnent que le chemin suivi dans le cas d'un placement manuel d'une commande. La partie concernant le calcul régressif et progressif a été notoirement modifiée. Elle reste identique quel que soit le placement (placement manuel, placement d'une commande, placement automatique).

- Lecture du fichier FICAP

- Lecture du fichier INDEX et recopie dans le tableau I(100,4)

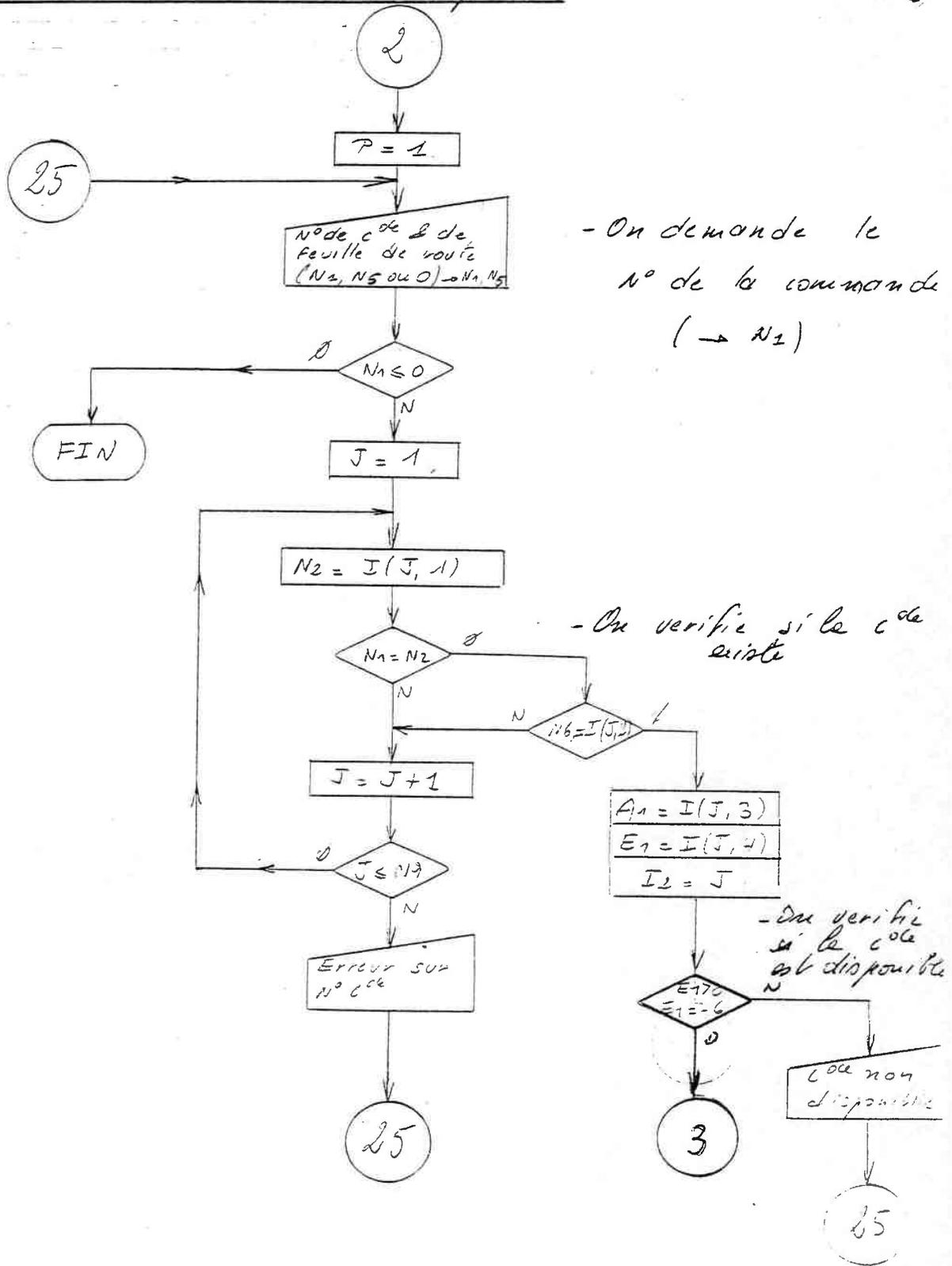
- Choix du mode de placement soit automatique ou non.



Pour un placement manuel on répondra "N" à la question, et l'on suivra le chemin ②

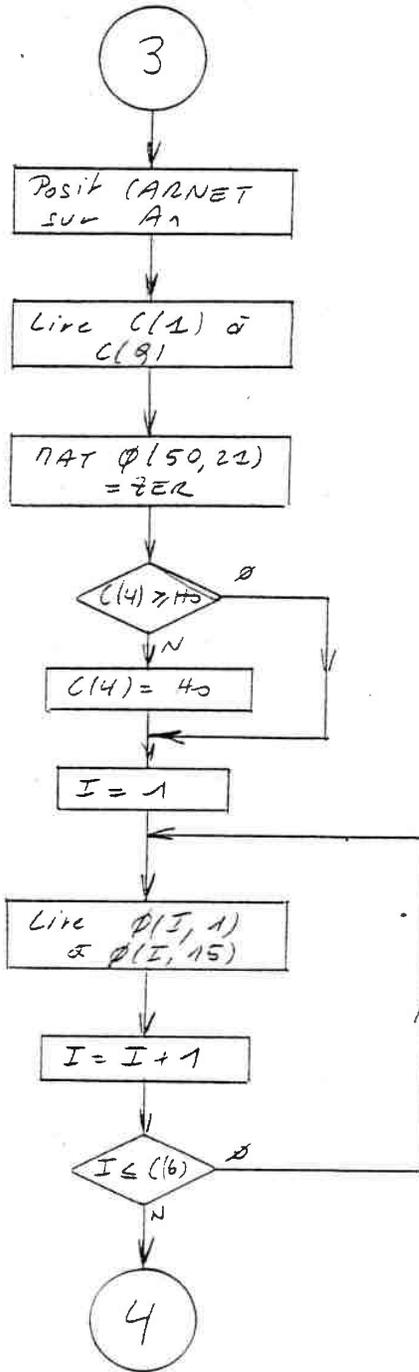
Détermination d'et la commande à placer

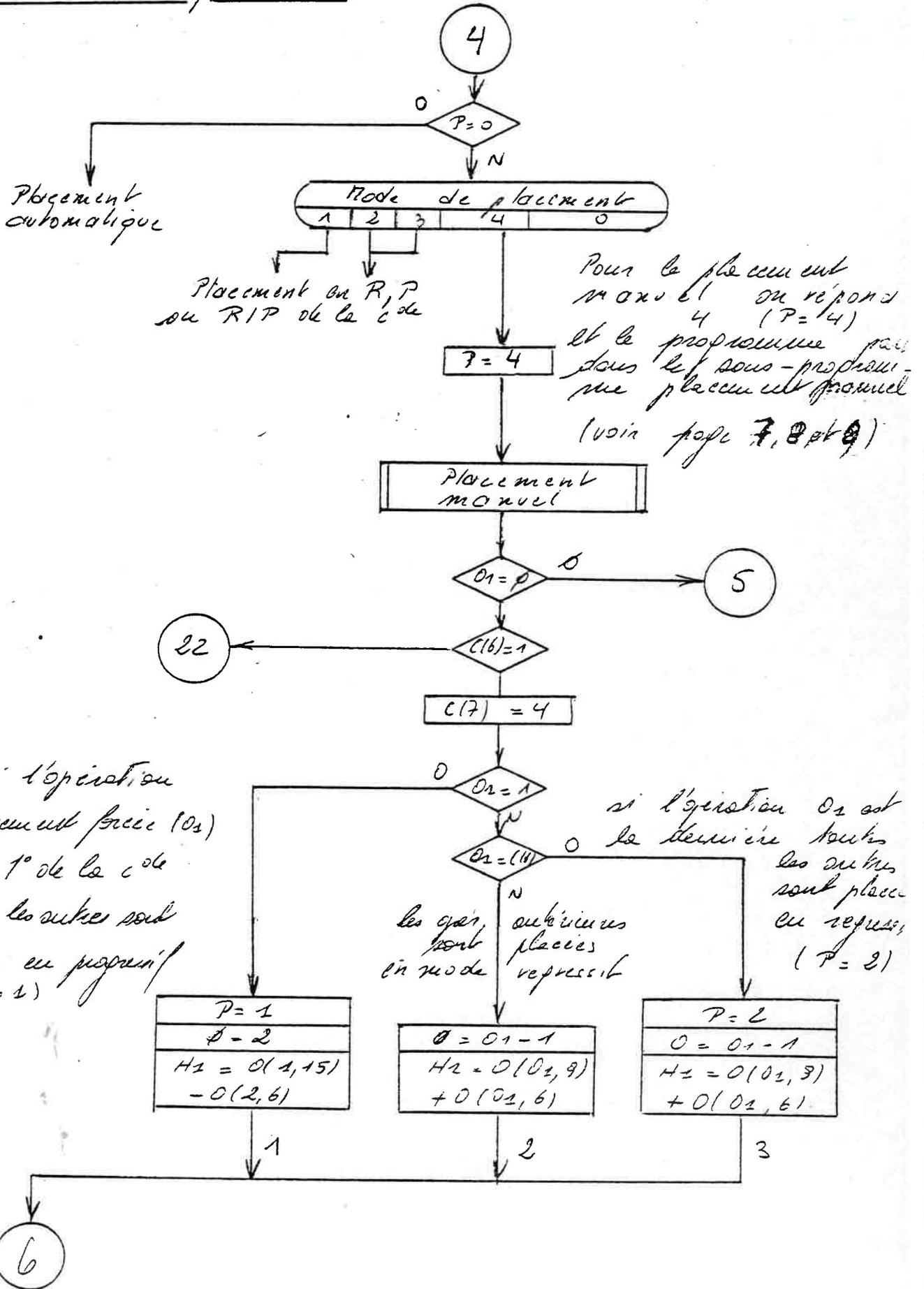
2



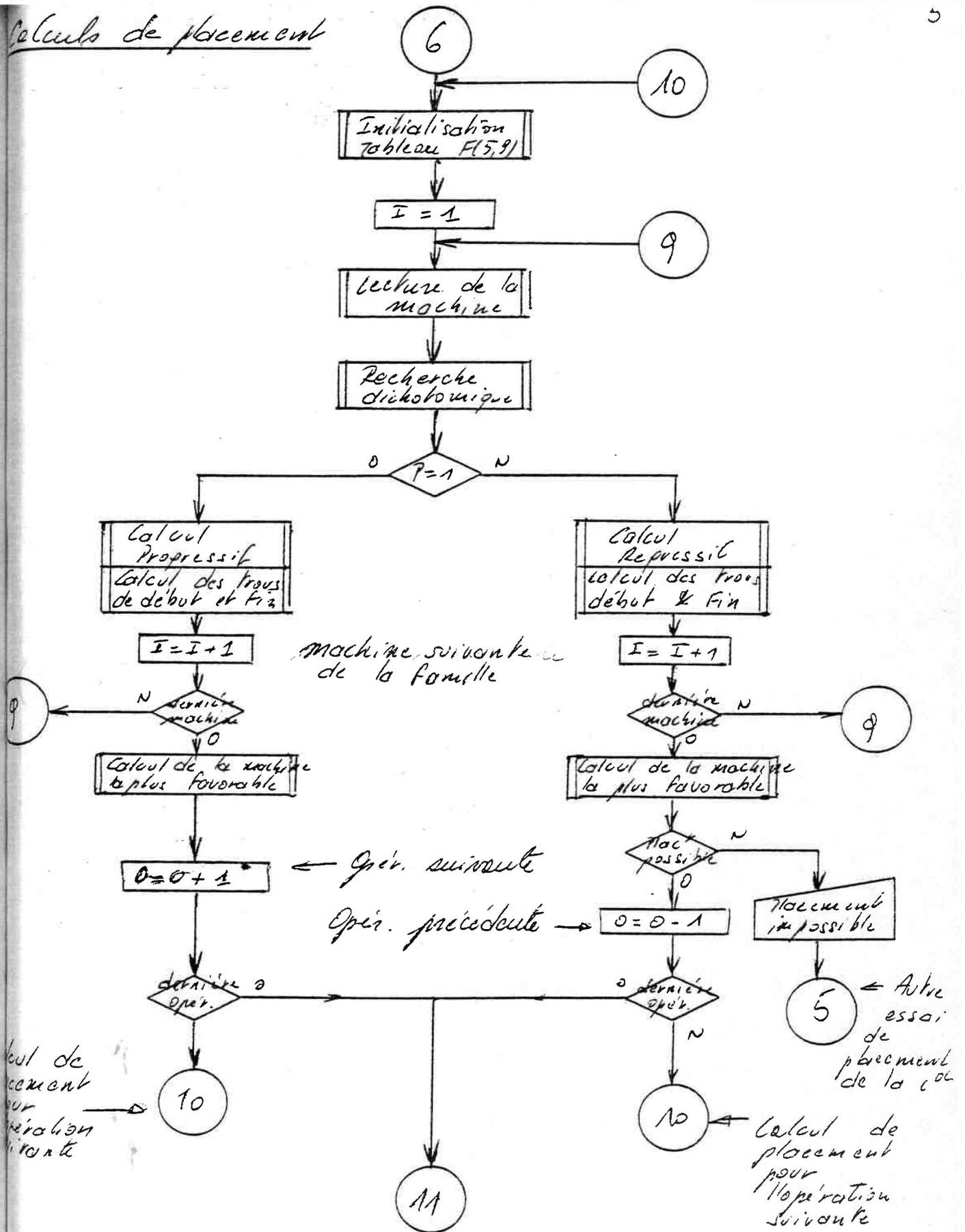
lecture de la C^{oe}
(-o C(9))

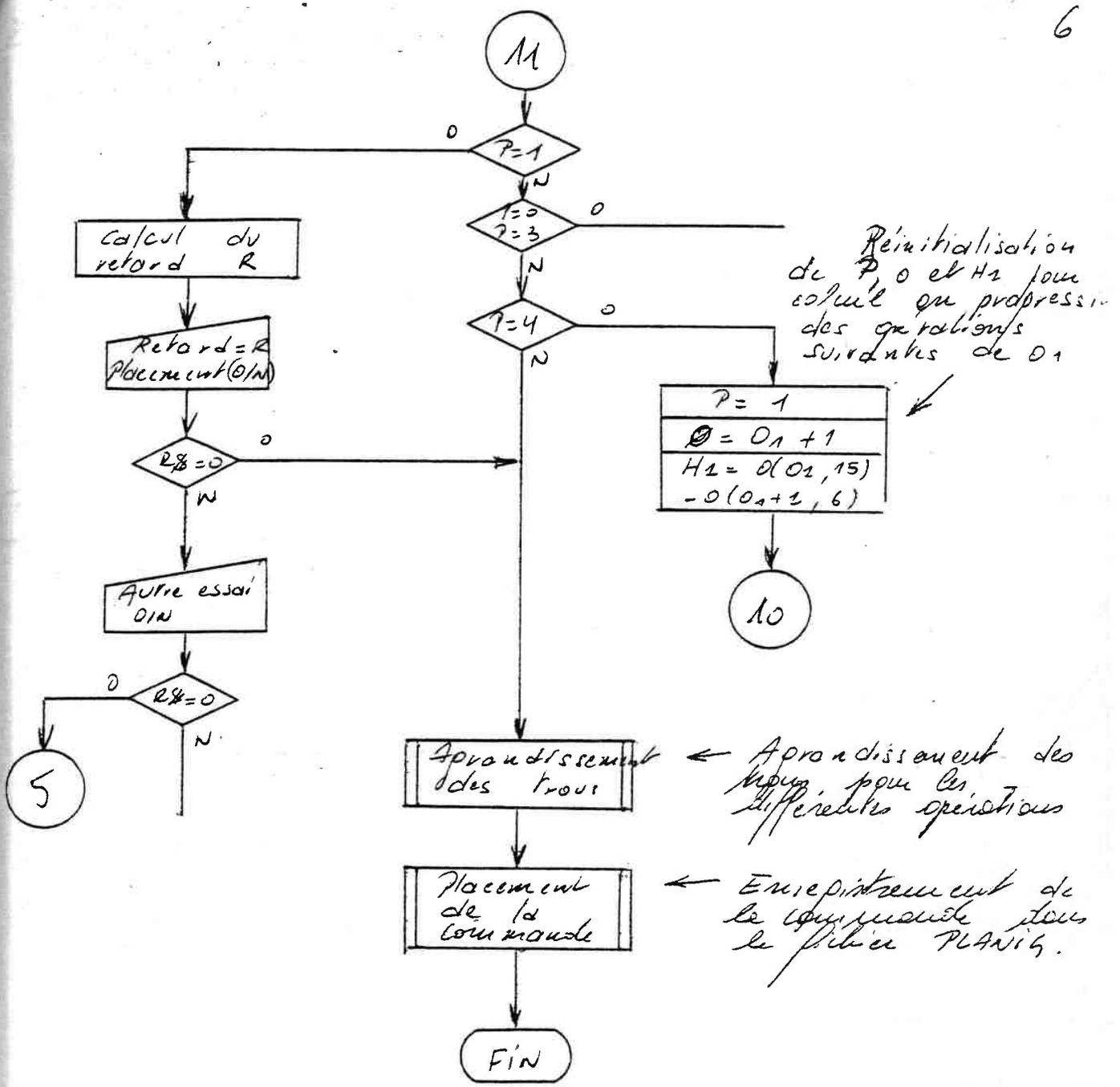
lecture 1 à 1
des opérations



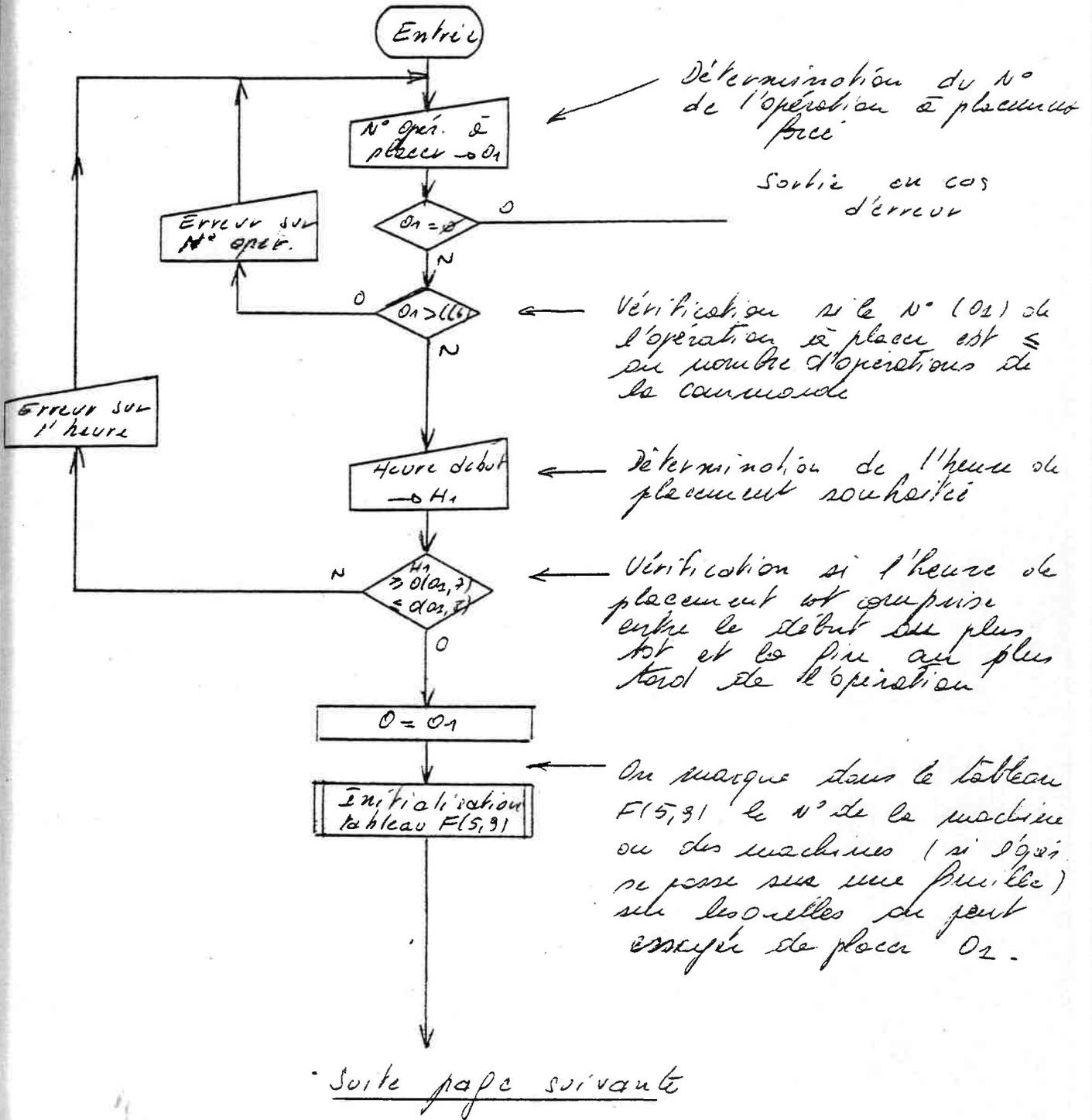


Calculs de placement

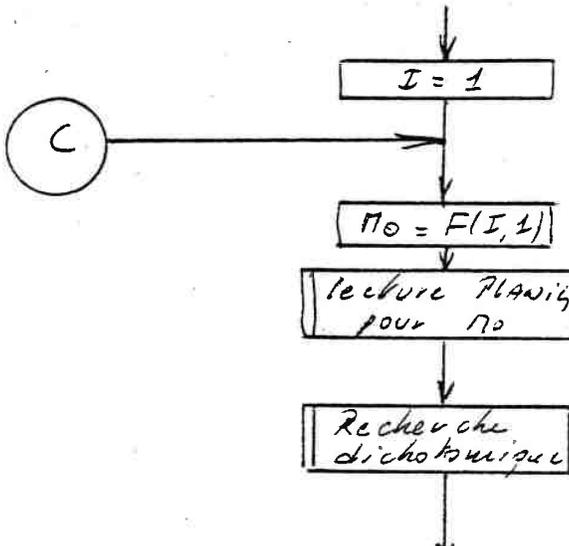




Sous programme "Placement normal":



Suite



on essaye d'abord de placer sur la 1^o machine du tableau F(5,3)

Lecture de la machine sous le fichier PLANIG

Recherche du groupe d'enregistrement le plus voisin de l'heure H1 sur la machine n0

$D_2 = n(I_3+1) + n(I_3+2)$

$D_2 \leq H_1$

$I_3 = I_3 + 3$

l'opération est placée à H1

$n(I_3) = 0$

S'agit-il d'un trou ?

H2 est compris dans l'ensemble pour cette machine.

$H_1 > n(I_3+1)$

H2 est-il à l'heure de début du groupe d'enregistrement ?

$O(0_2, 16) = I_3$
$O(0_2, 18) = H_1 - n(I_3+2)$

On note les informations nécessaires sur placement (N° du groupe d'enreg. Minut et durée totale trou de début)

On cumule les trous disponibles

$D_2 = n(I_3+2) + n(I_3+2) - H_1$

Calcul de la durée disponible pour le placement.

$D_2 = D_2 + n(I_3+2)$

La durée disponible est-elle suffisante pour placer l'opération 02 ?

$D_2 \geq O(0_2, 5)$

$I_3 = I_3 + 3$

$n(I_3) = 0$

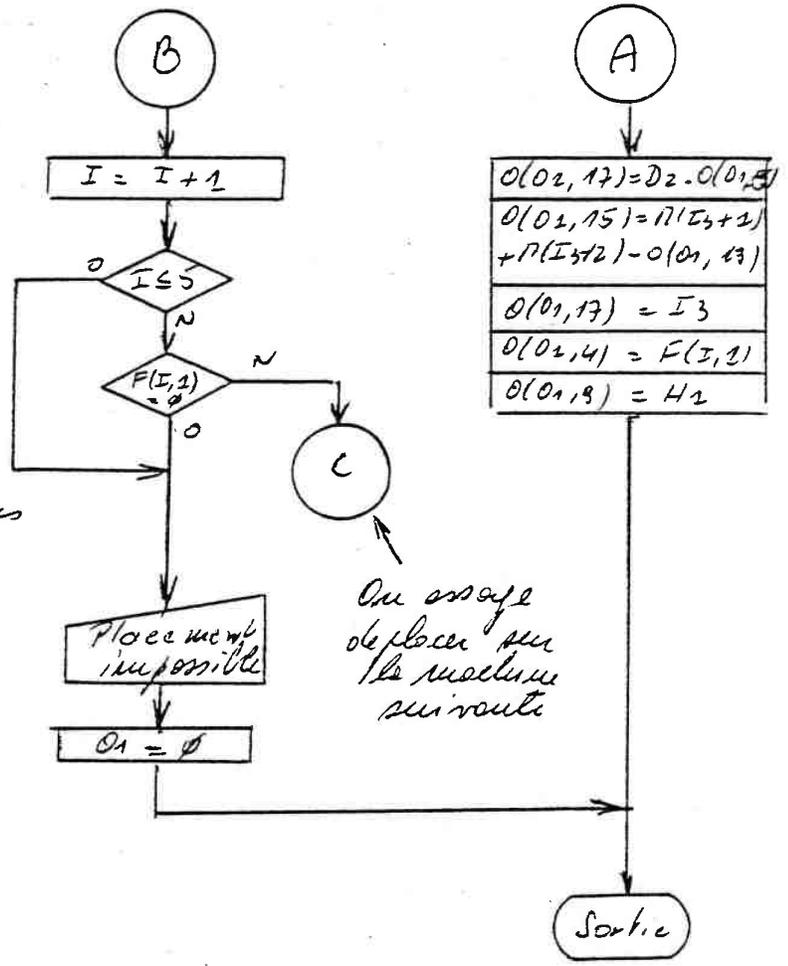
l'enregistrement sur tout est-il à trou ?

B

A

Parage à la machine suivante de $F(5,9)$

N'y a-t-il plus de machine dans $F(5,9)$?



On a repris les informations nécessaires au placement de O_1

On essaye de placer sur la machine suivante

TRI D'UN CARNET DE COMMANDE POUR SON EXAMEN
PAR LE PLANIFICATEUR EN VUE DE FIXER LES PRIORITES DE PLACEMENT

TRI GENERAL D'UN LOT DE COMMANDES

Le résultat du placement est fonction de l'ordre dans lequel on place les commandes. L'ordre de placement n'est donc pas indifférent et le problème est de déterminer l'ordre qui donne un bon résultat.

Le résultat du placement dépend :

1 - de caractéristiques inhérentes aux commandes à placer :

- la marge libre : plus la marge libre est grande plus la latitude des opérations l'est ;
- le nombre d'opérations : à cause de l'enclenchement séquentiel des opérations, la probabilité de placer toutes les opérations donc la commande diminue avec le nombre d'opérations ;
- la durée des opérations : il est plus difficile de placer, donc d'insérer entre les opérations des commandes déjà placées, une opération de longue durée ;
- la somme des durées des opérations : nous le considérons comme un paramètre supplémentaire d'appréciation de difficultés de placement, même si elle est la résultante des deux critères précédents.

2 - de caractéristiques inhérentes au planning :

- la charge des machines, c'est-à-dire la densité du placement réalisé ou à réaliser et de la répartition des vides restants.

Mais les critères ci-dessus n'ont pas le même poids relatif d'un carnet de commandes à l'autre, de plus ce poids varie au cours du placement.

Le planificateur doit donc pouvoir agencer à volonté l'ordre de placement des commandes de son carnet.

Pour ceci, nous avons défini un programme de tri regroupant tous les critères précédemment définis et permettant d'examiner tous les cas de priorité possibles en combinant ou non ces critères.

.../...

Le lot de commandes sera découpé en plusieurs sous-lots, à l'intérieur desquels les commandes seront rangées suivant un critère de priorité choisi parmi ceux contenus dans le programme.

Après le tri, le lot de commandes ne sera modifié que par l'ordre de placement des commandes.

Les critères de tri retenus dans le programme dont l'ordinogramme est joint ci-après sont :

- le nombre d'opérations de la commande
- la marge libre de la commande
- la durée maxi d'une opération de la commande
- la somme des durées des opérations de la commande
- la charge des postes de travail.

On peut y rajouter d'autres critères, par exemple :

- le début au plus tôt de la commande
- la fin au plus tard de la commande.

Ordinogramme général

Il y a deux phases :

- 1 - le découpage du lot de commandes suivant les critères retenus :

exemple : regrouper toutes les commandes dont la marge libre est inférieure à 120 heures.

{ lot A : commandes avec ML < 120 h
{ lot B : commandes avec ML > 120 h

A l'intérieur de chaque lot, les commandes sont rangées dans l'ordre du carnet.

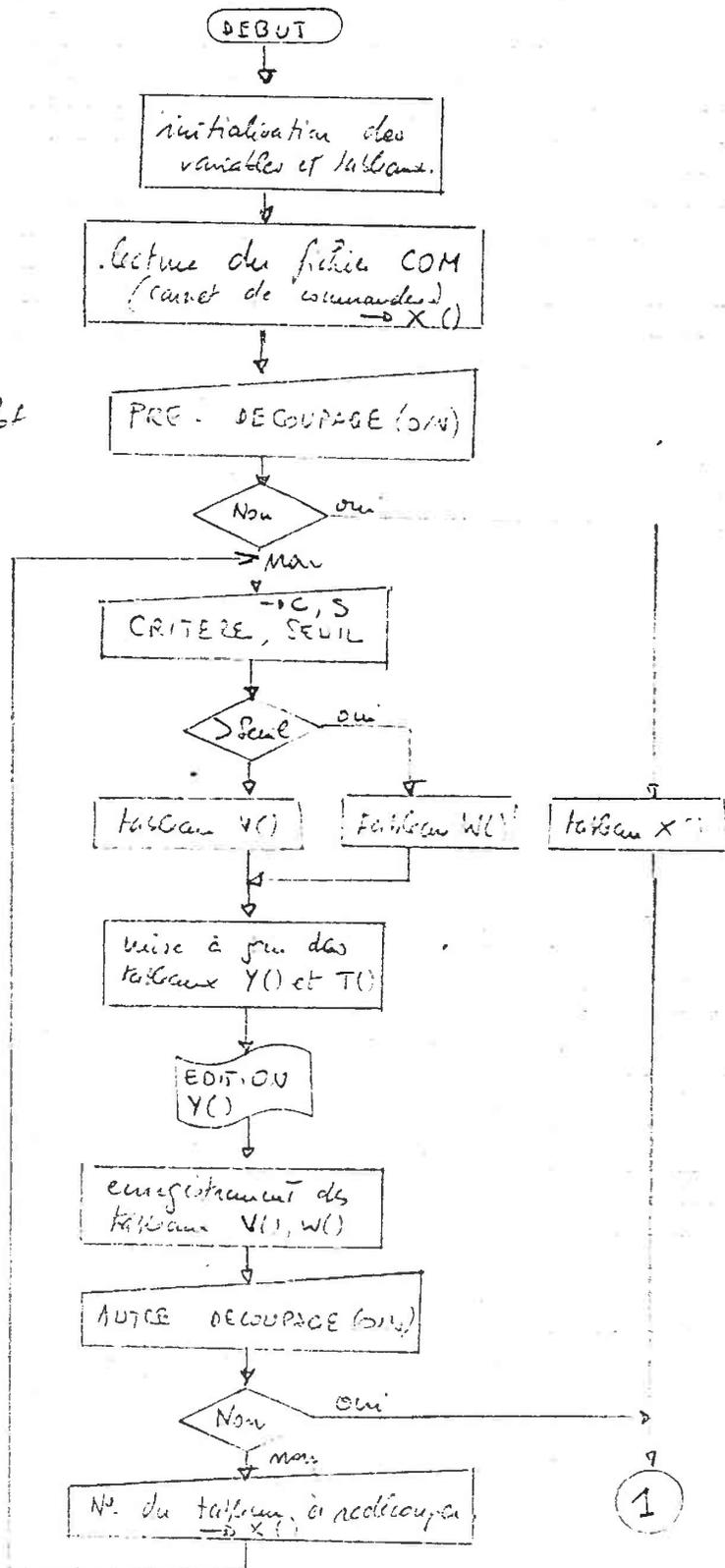
- 2 - le classement des commandes à l'intérieur de chaque lot suivant le critère retenu

exemple : classer les commandes du lot A dans l'ordre du nombre d'opérations décroissant.

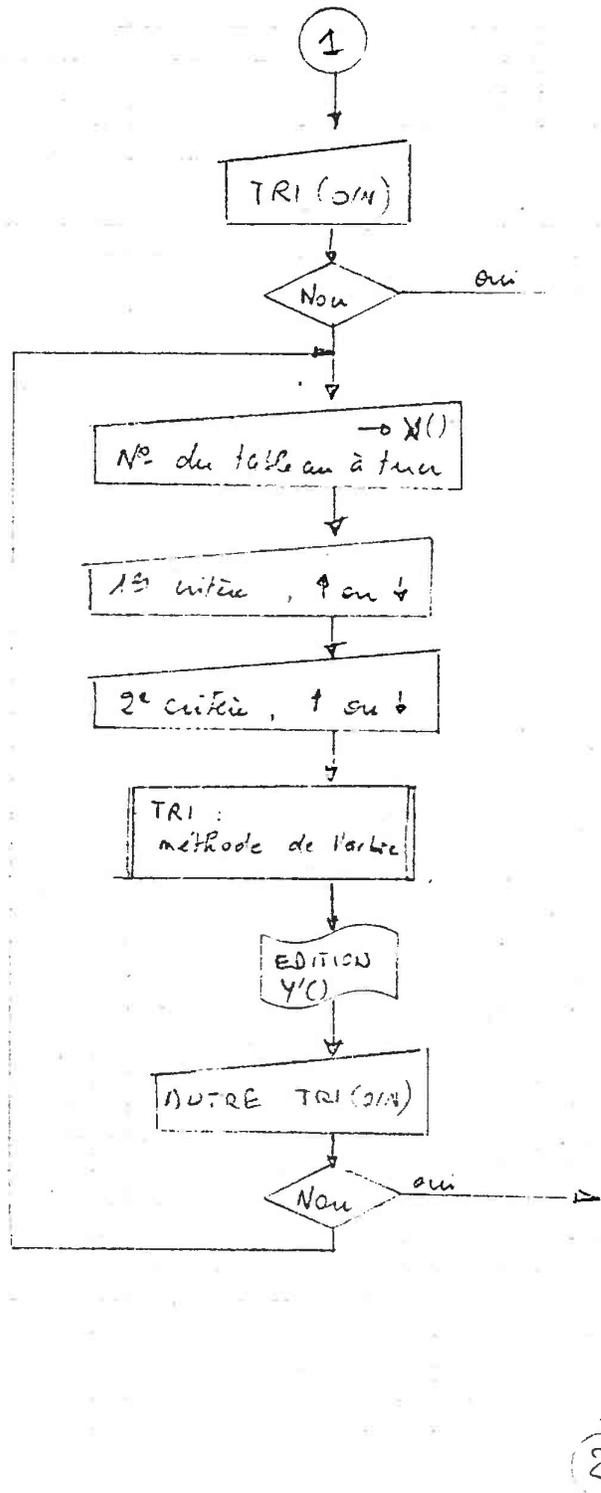
Ensuite, on choisit quel lot devra être placé en premier.

Remarque : La phase 1 peut être exécutée plusieurs fois de suite afin de découper chaque sous-lot en deux autres sous-lots, et ainsi de suite.

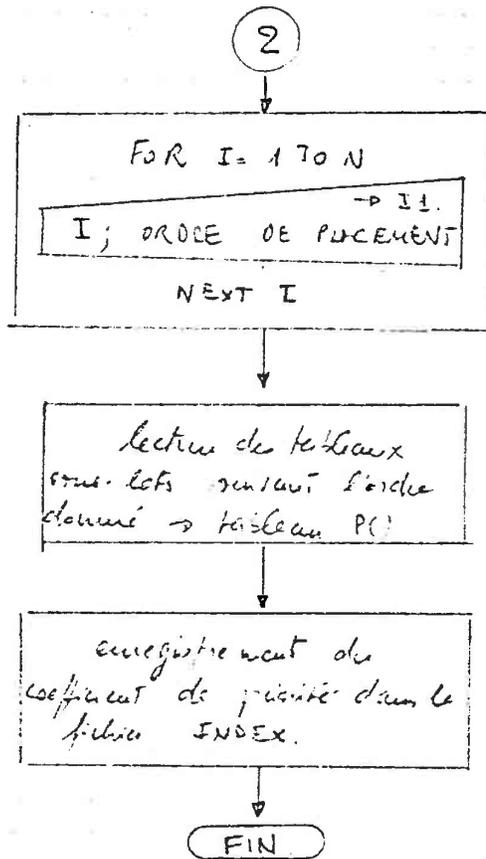
1^{ère} phase:
découpage du lot
en sous-lots



2^e phase: classement des commandes à l'intérieur de chaque lot.



Ordre de placement des
sous-lots de commandes.



Variables:

- tableau $V()$: tableau résultat de la phase 1.
- tableau $T()$: tableau interface entre le n° de sous-lot écrit et l'adresse d'enregistrement de ce sous-lot.
- tableau $V'()$: tableau résultat de la phase 2.
- tableau $P()$: ordre de placement des sous-lots.