

**REVUE BELGE DE STATISTIQUE
ET DE RECHERCHE OPERATIONNELLE**

**Vol. 9 - N° 3
MAI 1969**

**BELGISCH TIJDSCHRIFT VOOR STATISTIEK
EN OPERATIONEEL ONDERZOEK**

**Vol. 9 - N° 3
MEI 1969**

La « Revue Belge de Statistique et de Recherche Opérationnelle » est publiée avec l'appui du Ministère de l'Education nationale et de la Culture, par les Sociétés suivantes :

SOGESCI. — Société Belge pour l'Application des Méthodes scientifiques de Gestion.
Secrétariat : 66, rue de Neufchâtel, Bruxelles 6. Tél. 37.19.76.

S.B.S. — Société Belge de Statistique.
Siège social : 44, rue de Louvain, Bruxelles.
Secrétariat : 44, rue de Louvain, Bruxelles.

Comité de Direction

- J. FEDERWISCH, Ingénieur civil, 127, avenue L. Wiener, Bruxelles 17.
S. MORNARD, Licencié en Sciences, 51, rue Souveraine, Bruxelles 5.
R. SNEYERS, Docteur en Sciences, Chef de Travaux à l'Institut Royal Météorologique de Belgique, 3, avenue Circulaire, Bruxelles 18.

Comité de Screening

- F. LAMBERT, Professeur à la Faculté Polytechnique de Mons, 18, avenue Général Longueville, Bruxelles 15.
R. SNEYERS, Docteur en Sciences, Chef de Travaux à l'Institut Royal Météorologique de Belgique, 3, avenue Circulaire, Bruxelles 18.

Rédaction

- R. SNEYERS, Docteur en Sciences, Chef de Travaux à l'Institut Royal Météorologique de Belgique, 3, avenue Circulaire, Bruxelles 18.

Secrétariat

J.H. LENTZEN, 66, rue de Neufchâtel, Bruxelles 6 - Tél. 37.19.76.

Het « Belgisch Tijdschrift voor Statistiek en Operationeel Onderzoek » wordt uitgegeven met de steun van het Ministerie van Nationale Opvoeding en Cultuur, door de volgende Verenigingen :

SOGESCI. — Belgische Vereniging voor Toepassing van Wetenschappelijke Methodes in het Bedrijfsbeheer.
Secretariaat : Neufchâtelstraat 66, Brussel 6. Tel. 37.19.76.

S.B.S. — Belgische Vereniging voor Statistiek.
Maatschappelijke zetel : 44, Leuvensestraat, Brussel.
Secretariaat : 44, Leuvensestraat Brussel.

Directie Comité

- J. FEDERWISCH, Burgerlijk Ingenieur, 127, L. Wienerlaan, Brussel 17.
S. MORNARD, Lic. in de Wetenschappen, 51, Souverainestraat, Brussel 5.
R. SNEYERS, Dr in de Wetenschappen, Werkleider bij het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, 3, Ringlaan, Brussel 18.

Screening Comité

- F. LAMBERT, Professor bij de Faculté Polytechnique de Mons, 18, Longuevilleaan, Brussel 15.
R. SNEYERS, Dr in de Wetenschappen, Werkleider bij het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, 3, Ringlaan, Brussel 18.

Redactie

- R. SNEYERS, Dr in de Wetenschappen, Werkleider bij het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, 3, Ringlaan, Brussel 18.

Secretariaat

J.H. LENTZEN, 66 Neufchâtelstraat, Brussel 6 - Tel. 37.19.76.

REVUE BELGE DE STATISTIQUE ET DE RECHERCHE OPERATIONNELLE

VOL. 9 - N° 3 - MAI 1969

VOL. 9 - N° 3 - MEI 1969

SOMMAIRE — INHOUD

L. MORISSENS. — Le Planning - Programming - Budgeting, système de gestion rationnelle de l'Etat	2
D. VERCRUYSEN. — Een heuristisch programma voor de opti- malisatie van de ladingsamenstelling in de gloeiafdeling van een staalfabriek	11
Publications reçues — Ontvangen publicaties — Nos échos — Allerlei	36

BELGISCH TIJDSCHRIFT VOOR STATISTIEK
EN OPERATIONEEL ONDERZOEK

LE PLANNING - PROGRAMMING - BUDGETING, SYSTEME DE GESTION RATIONNELLE DE L'ETAT. (*)

L. MORISSENS

Université libre de Bruxelles

A. Introduction

Le planning-programming-budgeting system, PPBS en raccourci me paraît à première vue une notion complexe et impressionnante.

En fait, il n'est rien de plus qu'un système bien construit de mise en œuvre pratique de la *direction par les objectifs*.

Et celle-ci, à son tour, n'est qu'un ensemble cohérent de principes logiques découlant de la notion même de politique et formant les maillons d'une chaîne.

Cet article débutera donc par une brève description de la direction par les objectifs (section B); il se poursuivra par une vue schématique des lacunes que la gestion publique présente à cet égard (section C); il indiquera, dans sa partie principale, en quoi consistent et comment s'articulent les trois éléments du PPBS, le programming, le planning et le budgeting (section D) et se terminera par quelques conclusions (section E).

B. La direction par les objectifs

1. Partons d'une définition générale de la *politique* d'une institution quelconque, qu'elle soit publique ou privée : l'ensemble des actions entreprises par cette institution.

2. Puisque l'institution mène des actions, c'est qu'elle se fixe des *objectifs* : toute action a un objectif, même s'il est informulé ou inconsciemment poursuivi.

L'objectif ne se justifie lui-même que comme une réponse donnée à un *besoin* que l'institution doit rencontrer : besoin, par exemple, de rémunérer le capital ou de maintenir l'emploi dans le cas d'une entreprise privée ; besoin

(*) Conférence faite à la tribune de la Sogesci le 13 janvier 1969.

d'éducation ou de santé de la population que doit satisfaire la politique d'un gouvernement.

Enfin, les notions d'action et d'objectif signifient que, pour atteindre celui-ci, des *moyens* sont mis en œuvre.

3. Dès lors, dans un processus rationnel, toute décision d'agir repose logiquement sur l'étude :

- a) des besoins à rencontrer ;
- b) des objectifs à atteindre pour rencontrer au mieux ces besoins ;
- c) et des moyens à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs.

Tel est le premier chaînon de la direction par les objectifs.

4. Certains objectifs de l'institution peuvent s'avérer inconciliables. Toutes les actions imaginables pour atteindre les objectifs et rencontrer les besoins ne peuvent généralement être poursuivies conjointement, faute de ressources financières suffisantes. Il faut donc *choisir* entre les objectifs et les moyens, et choisir en tenant compte du *coût total* des actions, c'est-à-dire en envisageant une *perspective de temps* aussi longue que possible.

Ce choix entre les actions possibles est le deuxième chaînon.

5. Lorsque le choix est fait, que la décision d'action est prise, vient la *mise en œuvre*, troisième chaînon du processus : il faut déterminer qui fera quoi et avec quels moyens.

6. Enfin, l'action mise en œuvre peut se dérouler en s'écartant de la décision prise : l'objectif sera atteint, ou il ne le sera que si des moyens supérieurs aux moyens prévus lui sont consacrés.

Le *contrôle régulateur* de l'action, quatrième chaînon, doit s'assurer de la conformité des réalisations avec la décision, rechercher les causes d'écart et provoquer les actions correctives nécessaires.

De cette façon, il réalimente le processus de décision, et la chaîne se referme.

C. Les Lacunes de la gestion publique

1. En dépit de sa logique, et bien qu'il soit appliqué d'une façon ou d'une autre dans beaucoup d'entreprises privées, ce processus n'est pas suivi dans la gestion de l'Etat.

Voyons, chaînon par chaînon, quelles sont les principales lacunes de celle-ci.

2. Les besoins que les politiques gouvernementales doivent rencontrer ne sont pas systématiquement recherchés ni étudiés. Ils s'imposent de façon déséquilibrée suivant la puissance de pression des groupes d'intérêts ; et leur importance — en degré d'urgence et en population intéressée par exemple — n'est pas analysée ni comparée à l'importance des autres besoins.

Des besoins ne découlent que rarement des objectifs précis à atteindre — Et, de là, l'impossibilité de rechercher les moyens les plus efficaces et les moins coûteux.

Généralement le moyen est directement décidé en fonction d'un besoin, d'ailleurs mal aperçu, et cette liaison directe et a prioristique est souvent établie en dehors du pouvoir politique, notamment au sein des partis ou à l'occasion des négociations qui président à l'inverstiture du gouvernement.

3. Dès lors, le gouvernement est souvent engagé à mener une action avant d'en connaître le coût budgétaire ou, en tout cas, sans examen sérieux de celui-ci : il subit et, à son tour, pratique la « camel nose tactic » qui consiste à minimiser le coût immédiat de l'action, à montrer le petit nez d'un chameau pour lui faire franchir la porte.

D'autre part, faute de confrontation entre les actions nouvelles envisagées et les actions en cours, celles-ci ne sont pas remises en cause : elles jouissent d'un privilège et sont responsables de cette « inévitable » croissance des dépenses publiques qu'on accepte trop facilement.

Comme les actions décidées dans le passé coûtent plus cher d'année en année, à cause de la hausse des prix ou du développement de la population bénéficiaire, la marge de choix des autorités publiques est réduite à presque rien : à une partie seulement de l'augmentation de recettes.

4. Cette situation explique nos « accidents budgétaires » et nos « lois hémorragiques ». Elle explique de même que la procédure budgétaire, déconnectée de la décision d'agir, consiste à donner des coups de frein qui empêchent la mise en œuvre efficace des actions. Bien plus, ces coups de frein sont aveugles car l'instrument, une classification des dépenses par nature économique, ne permet pas de choisir les actions et donc les objectifs sur lesquels les compressions devraient porter. Un exemple typique de compression aveugle est le blocage de recrutement de fonctionnaires, qui handicape toutes les actions et surtout celles qui devraient se développer pour être efficaces.

5. Enfin, pour des raisons historiques d'une part et faute d'objectifs explicites d'autre part, le contrôle porte sur la régularité et la légalité des dépenses et non sur l'efficacité des actions. Dès lors se perpétuent des actions inefficaces.

D. Le contenu du PPBS

1. *Le programme, élément fondamental du système.*

1. Un programme, dans le PPBS, se définit comme un ensemble de *moyens* mis en œuvre pour atteindre un *objectif* dans un certain *délai*.

2. Un *objectif* de programme bien formulé doit satisfaire à trois critères principaux :

- a) Il doit être externe, « orienté vers l'extérieur », c'est-à-dire s'exprimer en termes d'avantages pour une population déterminée : la prévention du cancer ou la réduction d'une poche de chômage est un tel objectif (1).
- b) Il doit constituer la manière dont l'institution répond à un besoin de cette population.
- c) Il doit être concret et, autant que possible, s'exprimer en termes mesurables. Cette quantification paraît souhaitable à la fois pour juger a priori de la pertinence de l'objectif par rapport au besoin et pour évaluer sa réalisation a posteriori.

3. Les *moyens* sont les actions permettant d'atteindre l'objectif. Ces actions sont conventionnellement dénommées des *éléments programmes*. Et chaque élément se caractérise principalement par son produit concret, son *output*, formulé quantitativement : un nombre de personnes vaccinées ou un kilométrage de construction routière par exemple.

La production de l'output nécessite l'utilisation de facteurs de production (travail et capital), qui constituent les *inputs* de l'élément. Ces inputs sont toujours mesurables en une unité commune, l'unité monétaire. Ils indiquent donc le *coût* de l'élément de programme et du programme.

4. Le délai de réalisation du programme est son échelonnement dans le temps, et celui-ci doit être précisé à la fois pour l'objectif, les outputs et les coûts.

(1) L'exception à cette règle est « l'objectif intermédiaire », objectif interne d'une institution dont la réalisation concourt indirectement aux objectifs externes.

Cette perspective de temps est nécessaire pour juger de l'opportunité d'abord, puis de la réalisation du programme. Elle s'impose aussi pour éviter la multiplication — trop fréquente aujourd'hui — d'actions permanentes qui risquent de devenir elles-mêmes des objectifs.

II. Le programming.

1. L'ensemble des programmes d'une institution doit présenter une cohérence interne et doit être compatible, à terme, avec les ressources financières prévisibles.

2. Le programming qui correspond au chaînon « choix » de la direction par les objectifs, est l'opération qui assure en permanence cette cohérence et cette compatibilité. Toutes deux sont constamment menacées parce que des objectifs poursuivis ne répondent plus à l'évolution des besoins, parce que de nouveaux objectifs sont fixés qui réclament des moyens supplémentaires et parce que des programmes en cours deviennent plus coûteux que prévu.

Le programming consiste donc en un réagencement continu de l'ensemble des programmes, permettant d'insérer les nouveaux objectifs parmi les anciens et de modifier les programmes en cours dont l'efficacité avait été surestimée ou le coût sousestimé. Il nécessite éventuellement l'étalement, voire l'abandon de programmes pour dégager les ressources nécessaires aux programmes prioritaires.

3. Pratiquement, l'ensemble des programmes qui fait l'objet du programming, apparaît dans un document, le *programming multiannuel* (1). Celui-ci reflète les implications des décisions prises ou à prendre, en termes de réalisations (objectifs et outputs) et de coûts au cours d'une période de cinq ans au moins. Cette perspective de temps est choisie afin d'éviter les surprises des programmes à coûts croissants, sans pour autant s'engager dans des prévisions lointaines soumises à trop d'aléas. Elle est constante car dès qu'est prise la décision d'exécuter la première tranche annuelle (cf. budgeting), une année supplémentaire y est ajoutée.

4. Les programmes d'une institution — tel un département ministériel — sont généralement trop nombreux pour qu'on puisse, lors du programming, tous les comparer les uns aux autres. En outre, certains programmes sont plus ou moins liés entre eux.

(1) Program and Financial Plan dans la terminologie américaine.

C'est pourquoi les programmes sont regroupés en catégories et éventuellement en sous-catégories : c'est la *structure de programmes*.

L'importance de celle-ci est grande puisqu'elle se reflète dans le programme multiannuel, véhicule de l'information permettant de décider en connaissance de cause. La structure de programmes doit donc répondre aux besoins de la décision en regroupant les programmes que le preneur de décisions doit apercevoir ensemble.

Pratiquement ces regroupements s'opèrent en fonction des liens de complémentarité et de substituabilité entre programmes :

- la *complémentarité* signifie que la poursuite d'un objectif entraîne celle d'un autre (un programme de création de capacités hospitalières et un programme de formation de personnel paramédical par exemple) ;
- la *substituabilité* se présente lorsque plusieurs objectifs concourent isolément au même objectif plus général, l'un d'eux pouvant donc être sacrifié, en tout ou partie, à la poursuite des autres (un programme de reconversion des exploitations agricoles vers l'horticulture et un programme de regroupement des exploitations sont substituables comme moyens d'atteindre un objectif de superficie optimale des exploitations).

5. La structure de programmes est dynamique puisque les objectifs se modifient dans le temps et que le programming consiste notamment à la remodeler. Elle ne doit donc ni s'inspirer de l'organisation des services ni inspirer celle-ci.

L'efficacité de l'organisation commande d'une part une relative stabilité que ne peut connaître la structure de programmes ; d'autre part, l'existence de services spécialisés dans des tâches ou des aires géographiques et donc polyvalents quant à leurs objectifs : des exemples en sont fournis par des services d'inspection ou d'information.

Ces nécessités n'interdisent évidemment pas les adaptations de l'organisation destinées à simplifier la coordination entre les services qui participent à un même programme : ceci est surtout vrai lorsqu'un programme, une sous-catégorie ou une catégorie relèvent de départements ministériels divers.

III. *Le planning.*

1. Le planning correspond au premier chaînon de la direction par les objectifs : l'étude des besoins, des objectifs et des moyens. Il alimente le program-

ming en présentant au preneur de décision des gammes d'actions possibles. Alors que le programming a essentiellement pour but d'assurer la cohérence des choix et leur compatibilité dans le temps, le planning sert à élargir les choix et à accroître l'efficacité des actions.

2. Le planning consiste en une analyse continue. Il implique plus précisément :

- la prise de conscience des problèmes à résoudre et des besoins que l'institution doit rencontrer ;
- la traduction des besoins reconnus en objectifs concrets à atteindre dans un certain délai ; divers objectifs, différents en nature, en intensité ou en population visée, peuvent généralement être formulés pour un même besoin ;
- la recherche des divers moyens qui peuvent être mis en œuvre pour atteindre chacun de ces objectifs : ce sont les combinaisons d'outputs possibles.

3. Pareilles études demandent des capacités d'analyse et des systèmes d'information adéquats, très supérieurs à ceux qui existent aujourd'hui dans l'administration belge.

4. Le lien entre le planning et le programming est assuré par des propositions d'actions dûment échangées : les *memoranda* qui présentent les avantages et les inconvénients des diverses solutions envisagées. Ces *memoranda*, qui servent d'abord les chefs de chaque département ministériel, sont en principe intégrés par catégories de programmes, exposés justificatifs qui, ensuite, éclairent l'opération de programming au niveau du gouvernement.

IV. Le budgeting.

1. Alors que le planning est le support analytique du programming, le budgeting en est la résultante budgétaire : il comprend les chaînons de mise en œuvre et de contrôle régulateur.

2. La mise en œuvre porte sur la première tranche annuelle de programme multiannuel. Elle consiste à préparer dans les détails le *budget-programme* de l'année à venir, avec tous ses outputs et ses inputs : à le transposer dans la classification budgétaire traditionnelle dont connaît le Parlement ; à l'adapter en fonction des décisions prises par le gouvernement et le pouvoir législatif ; enfin, à organiser l'exécution, c'est-à-dire la production des outputs, en précisant les responsabilités de chacun. Notons que, par opposition au budget traditionnel, classification de dépenses par nature économique, le budget-program-

me est une classification par objectifs et outputs qui indique clairement à quoi servent les dépenses.

3. Le contrôle régulateur assure en permanence — et non a posteriori — le repérage des écarts entre les réalisations d'une part, les objectifs, les outputs et les coûts prévus d'autre part. il recherche les causes des écarts et, sur cette base, réalimente le processus.

Suivant la nature et l'importance des causes, c'est le planning, le programming ou la mise en œuvre elle-même qui sera le destinataire : nouvelles analyses, réaménagements mineurs du programme multiannuel, modification des combinaisons d'inputs, de l'organisation ou des responsabilités.

E. Conclusion

1. Les défauts de la gestion publique dans notre pays ont conduit le gouvernement, en 1966, à patronner l'expérimentation du PPBS dans deux départements-pilotes : celui de l'Agriculture et celui de la Santé publique, de la Famille et du Logement. L'expérience, confiée à un groupe constitué par l'Institut Administration-Université, a débuté à la fin de 1967. Elle s'est limitée, pour l'instant, à la mise en place des instruments du PPBS : structure de programmes, programme multiannuel et budget-programme de 1969.

On ne peut attendre que le système fonctionne et donne des résultats dans ces départements pour le généraliser. Des résultats ne seront produits qu'à terme, alors que la situation budgétaire de l'Etat ne cesse d'empirer ; en outre, la clarté du budget-programme risquerait de faire des départements-pilotes les victimes de la négociation budgétaire gouvernementale : l'allocation optimale des ressources publiques — but ultime du PPBS — exige que tous les objectifs et toutes les actions soient confrontées.

2. Les résultats déjà obtenus aux Etats-Unis (1) et la logique même du système nous paraissent des garants suffisants de ses grands avantages :

- clarté nouvelle grâce à la formulation des objectifs des dépenses ;
- efficacité accrue grâce à l'étude des utilités comparées de toutes les actions possibles et au contrôle des réalisations ;
- marge de manœuvre élargie pour le pouvoir politique grâce à la remise en cause des décisions passées qui ne jouiront plus de privilège de fait ; à ce propos, il faut souligner que le programme mul-

(1) Où le PPBS fut généralisé à partir de 1966.

tiannuel n'est qu'une information sur les conséquences futures des décisions prises et qu'il ne lie aucunement le pouvoir;

- renaissance de la fonction publique grâce au rôle imparti aux fonctionnaires dans la préparation des choix et à la garantie que des coups d'arrêt budgétaires ne viendront pas à tout moment perturber leur action.

3. Quelle que limitée que soit son expérimentation, le remède du PPBS doit absolument être prescrit. L'Etat est la plus grosse entreprise du pays : décidant de l'utilisation d'environ 30 % du produit national, il doit, de toute urgence, appliquer des techniques de gestion adaptées à sa mission.

**EEN HEURISTISCH PROGRAMMA
VOOR DE OPTIMALISATIE VAN DE LADINGSAMENSTELLING
IN DE GLOEIAFDELING VAN EEN STAALFABRIEK (*)**

door ir. D. VERCRUYSEN
SIDMAR, Gent.

INHOUD

1. Inleiding.
2. Situering en werking van de gloeiafdeling in een geïntegreerd staalbedrijf.
3. Berekeningsmethode van de gloeitijd.
4. Bespreking van de doelfunctie.
5. Maximalisatie van het gemiddeld gewicht.
6. Vooruitrekenen der rolgloeitijden.
Maximalisatie van de ovenproductie per uur.
7. Objektieve vergelijkingspunten.
8. Heuristische procedure.
 81. Volgorde der bewerkingen.
 82. Algemene voorwaarde waaraan een heuristische procedure moet voldoen.
 83. Het manueel uitvoeren van procedures.
9. Heuristische programmatie.
 91. Het heuristisch programma.
 92. De Q-methode, de verwerpsprocedure.
 93. De kombinatorische methode.
10. Besluit.
Annexe A : Symbolen.
Annexe B : Bibliografie.

1. Inleiding.

Meer en meer doet het moderne bedrijfsbeheer beroep op wiskundige beslissingstechnieken zoals de wiskundige programmatie, de wachtlijnentheorie, de speltheorie en de netwerkplanning.

(*) Op 29 januari 1968 werd door de auteur van dit artikel een voordracht gehouden over hetzelfde onderwerp in het kader van SOGESCI.

Voor de opkomst van de computer leverde het gebruik van deze technieken rekentechnisch gezien enorme moeilijkheden op zodat ze dan ook weinig toegepast werden. Veel bedrijven beschikken nu echter over een computer die hun toelaat met behulp van bibliotheekprogramma's, geleverd door de computerfabrikant, deze beslissingstechnieken te gebruiken en te verwerken.

Heel wat problemen lenen zich echter niet tot bovenstaande technieken zodat we in die gevallen aangewezen zijn op heuristiek.

Met heuristiek, afgeleid van het grieks *εὕρισκω* (vinden, zoeken) wordt bedoeld, principes of methodes die bijdragen tot de vereenvoudiging van het zoeken naar een oplossing van een complex probleem.

Heuristiek is een veel gebruikt middel, onder de vorm van vuistregels, bij het dagelijks oplossen van problemen van complexe aard, bijvoorbeeld het bepalen van de routing voor vrachtwagens van een distributiefirma.

In problemen waar geen algoritme bestaat is men aangewezen op heuristiek, in afwachting dat er een algoritme gevonden wordt, daar waar echter wel een algoritme voorhanden is kan heuristiek ook interessant zijn rekentechnisch gezien. Heuristiek is vooral van toepassing bij kombinatorische problemen zoals het travelling salesman probleem (Bibl. 1), het trim-probleem, het gloeiovenprobleem en andere.

Bij deze problemen is het aantal oplossingsmogelijkheden voor een basispopulatie van n -elementen, meestal van de grootte-orde van $(n - a)$ -fakulteit.

Bijvoorbeeld in het travelling salesman probleem, waar gevraagd wordt de kortste weg te vinden die n -steden onderling verbindt, is het aantal mogelijke wegen $(n - 1) !$

Het exhaustief oplossen van dergelijk probleem vereist het genereren van de verschillende oplossingen, per oplossing het berekenen van een meet-criterium en het kiezen van de beste oplossing. Het is evident dat van zodra de basispopulatie groot is het rekentechnisch onmogelijk wordt de exhaustieve methode te gebruiken.

Om de gedachten te vestigen $100 ! = 3 \cdot 10^{157}$, veronderstellen we dat we beschikken over een computer die 10^6 oplossingen kan genereren en evalueren per seconde, dan zou de eindoplossing $3 \cdot 10^{114}$ jaren vereisen.

Bij kombinatorische problemen zal een heuristische procedure, dit is een procedure die de heuristische regels definieert, een groot deel van de $n !$ mogelijkheden elimineren en enkel een beperkt aantal combinaties onderzoeken. Weliswaar is de optimale oplossing niet verzekerd maar benadert de beste oplossing de optimale.

Wat nu ons probleem betreft komt dat neer op het volgende. Dagelijks staat de verantwoordelijke van een gloeiafdeling voor een belangrijk combinatorisch probleem, hij moet uit een stock van 50 à 300 rollen die rollen-kombinaties kiezen die een optimale vulling van de ovens verzekeren.

Gebruik makende van enkele vuistregels slaagt hij erin dit ingewikkelde probleem een redelijke oplossing te geven.

Onze taak was het bovengenoemde beslissingsname te automatiseren en te verbeteren. Gezien er geen algoritme voorhanden was, waren we aangewezen op heuristische programmatie. Het uitwerken van dit specifiek probleem heeft ons toegelaten enkele algemene principes van heuristische programmatie te toetsen.

2. Situering en werking van de gloeiafdeling in een geïntegreerd staalbedrijf.

De gloeiafdeling is gelegen in de koudwalserij, in lijn tussen de tandem-wals en de skin-pass (fig. 1 en 2).

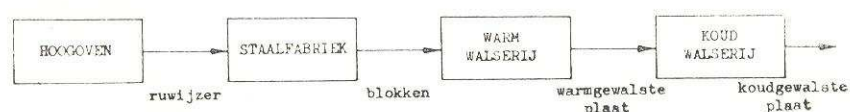


Fig. 1. — Geïntegreerd staalbedrijf.

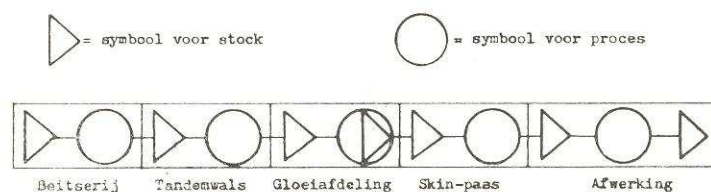


Fig. 2. — Koudwalserij.

Het gloeien is een herkristallisatieproces dat tot doel heeft de korrelgrootte te homogeniseren en aldus de nadelige gevolgen van het koudvervormen te doen verdwijnen, dit gebeurt in stolpovens met verplaatsbare klok.

De stolpoven heeft drie delen (fig. 3) :

— een vaste basis waarop de rollen worden gestapeld;

- een verplaatsbare beschermingsklok gevuld met inert gas om de oxydatie te vermijden;
- een verwarmingsstolp gestookt met gas.

De warmteoverdracht geschiedt voornamelijk door convectie, een ventilator opgesteld in de basis zorgt voor een degelijke stroming. Tussen de rollen worden convectoren geplaatst die deze convectiestroming nog intensifiëren.

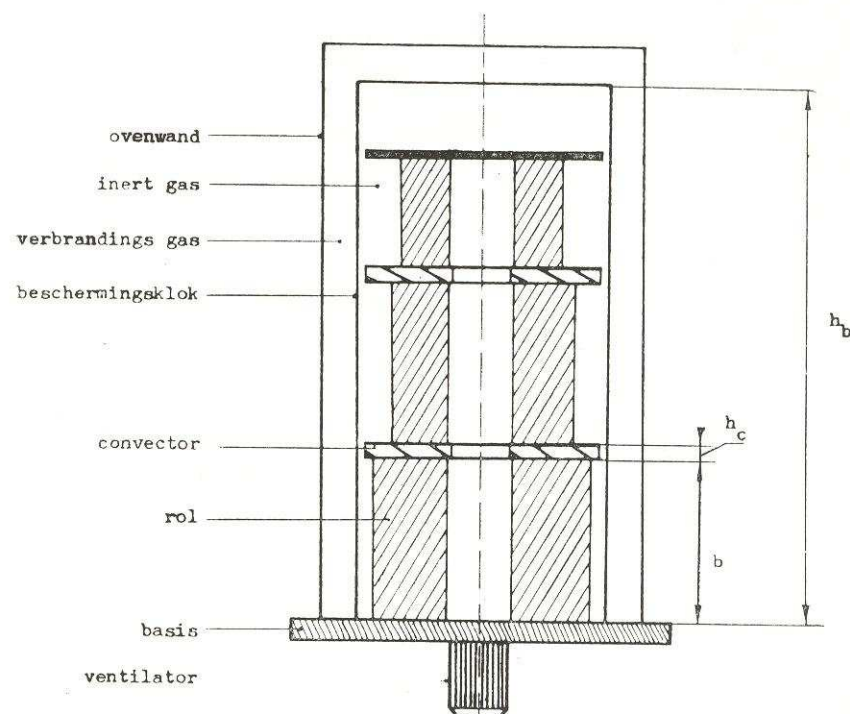


Fig. 3. — Gevulde oven.

De totale produktiecyclus bestaat uit :

- het laden van de rollen;
- het spoelen met inert gas (ongeveer 1 h.);
- het gloeien (gemiddeld ongeveer 22 h.);
- het afkoelen (na het gloeien wordt de verwarmingsstolp afgenomen en plaatst men de afkoelstolp waarin een ventilator ingebouwd is) (gemiddeld 35 h.);
- het ontladen.

Dagelijks kiest de verantwoordelijke uit de stock een aantal rollen die het dagelijks programma vormen. Deze rollen groepeer hij in stapels, waarbij hij tracht de stapelhoogte te maximaliseren.

DIAM KWAL.	$\phi \leq 1250$	$1250 < \phi \leq 1500$	$1500 < \phi \leq 1700$	$\phi > 1700$
CQ				
DD				
EDD				
SEDD				
SSEDO				

Fig. 4. — Subgroepen.

Om de gloeitijd echter zo laag mogelijk te houden (zie verder berekeningsmethode van de gloeitijd par. 3) beperkt hij zich zoveel mogelijk tot de rollen van een subgroep. Elke subgroep wordt gedefinieerd door een kwaliteit en een zone van de diameter (fig. 4).

Door deze dubbele verdeling in $5 \times 4 = 20$ groepen bekomt men per subgroep een klein aantal rollen dat zich moeilijk tot optimale combinaties leent.

3. Berekeningsmethode van de gloeitijd.

Nemen we een heterogene stapel met 3 rollen, elke rol is gekarakteriseerd door een gewicht (G), een dikte (d), een breedte (b), een dieptrek-kwaliteit (Q) (*) en een buitendiameter ϕ (de binnendiameter is dezelfde voor alle rollen) (zie fig. 5).

Per rol wordt een rolgloeitijd uitgerekend, dit is de tijd die deze rol nodig heeft om goed gegloeid te worden. De gloeitijd is enkel een restrictie

(*) Voor de dieptrekkwaliteit worden de volgende symbolen gebruik die in de E.G.K.S. gebruikelijk zijn :

CQ — Commercial quality
 DD — Deep drawing
 EDD — Extra deep drawing
 SEDD — Special extra deep drawing
 SSEDO — Super special extra deep drawing.

naar onder toe, wanneer de gloeitijd overschreden wordt verbetert de kwaliteit van de staalplaat.

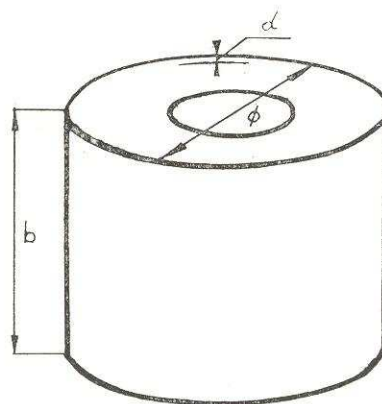


Fig. 5. — Rol.

De stapelgloeitijd is gelijk aan de grootste rolgloeitijd van de stapel. De rolgloeitijd is functie van de kwaliteit, het gewicht en de breedte van de rol en ook van de hoogte van de stapel (H).

$$\text{Rolgloeitijd } T = T'(G_s, Q) \cdot B(b) \quad (\text{fig. 6})$$

$$G_s = \frac{G \cdot H}{b} \quad H = b_1 + b_2 + b_3$$

G_s wordt het schijngewicht genoemd.

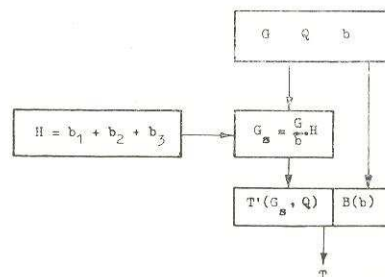


Fig. 6. — Berekening der rolgloeitijd.

$T'(G_s, Q)$ geeft een gloeitijd in functie van G_s en Q , (fig. 7) zonder rekening te houden met $B(b)$, een functie die deze gloeitijd verlengt of verkort naargelang de breedte (fig. 8).

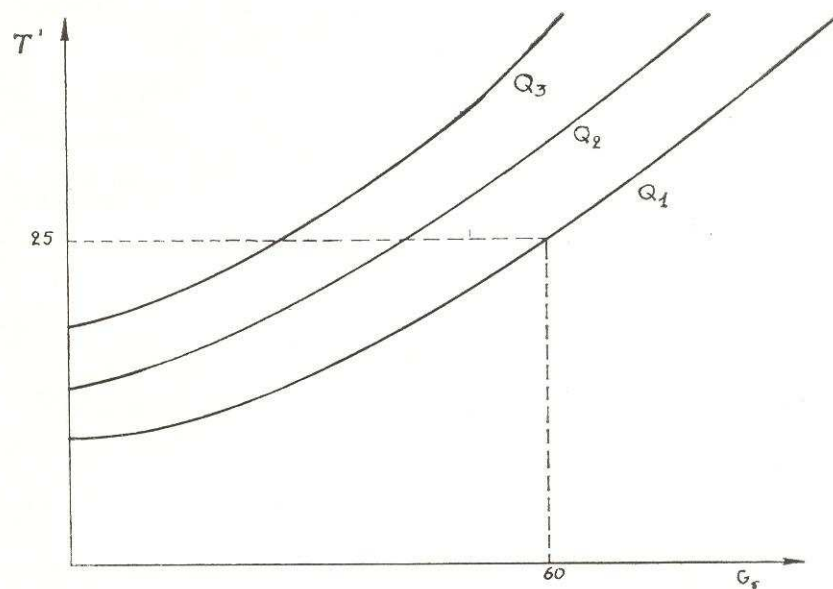
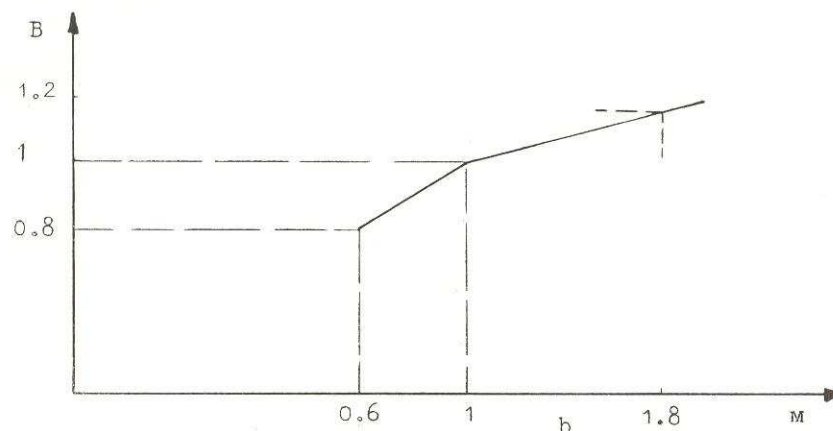


Fig. 7. — De gloeitijd in functie van schijngewicht en kwaliteit.

Fig. 8. — Korrektiefunctie $B(b)$.

Uit economisch standpunt is het niet interessant rollen met sterk verschillende gloeitijden te combineren in een stapel, daar zoals hoger vermeld de rol met de grootste gloeitijd determinerend is voor de stapelgloeitijd. Deze rolgloeitijden zijn echter slechts gekend nadat de stapel gevormd is (functie van stapelhoogte H) en kunnen dus moeilijk als leidraad dienen bij het combineren.

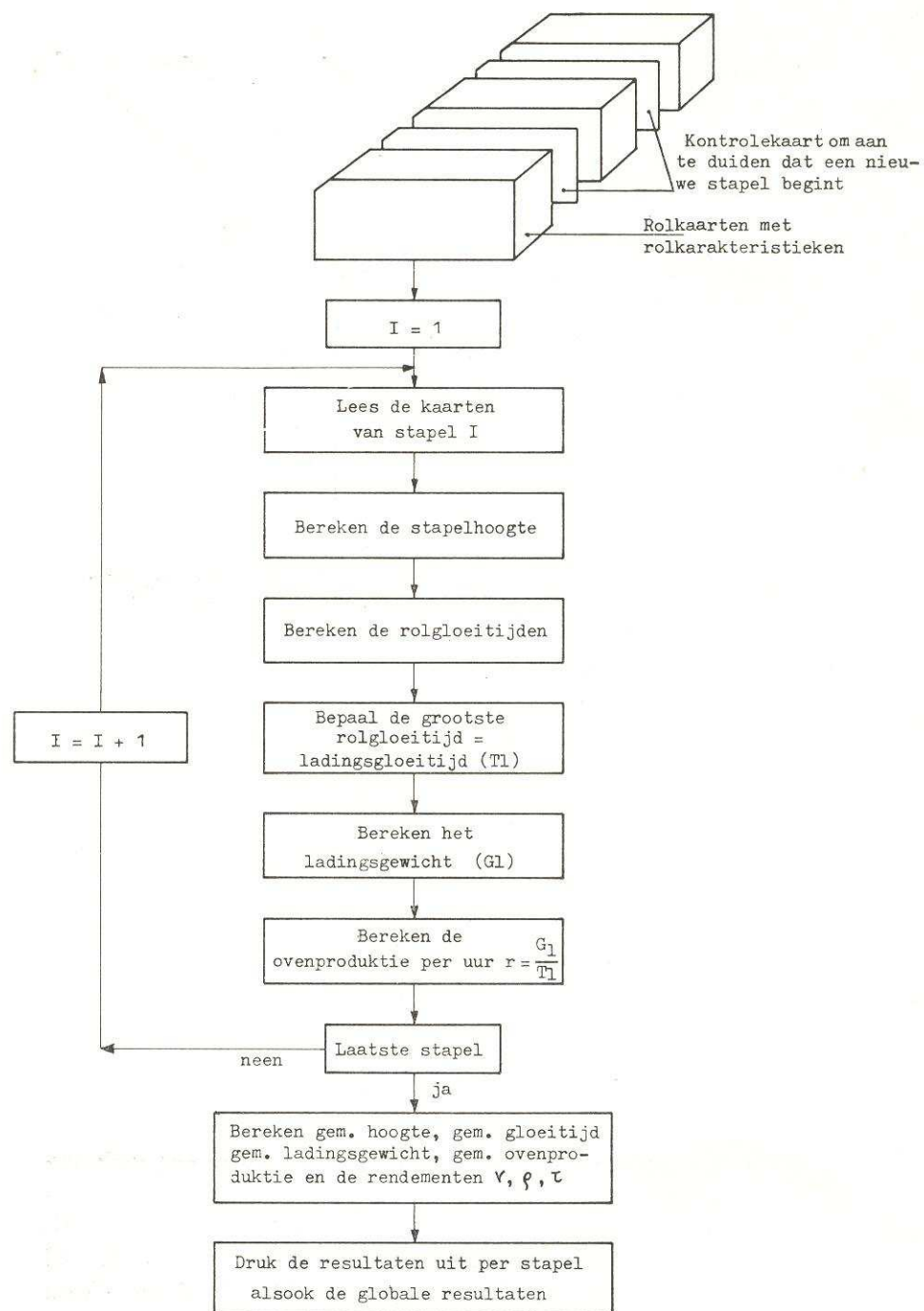


Fig. 9. — Programma A. Berekening der stapelgloeitijden.

De hierboven beschreven methode word omgezet in een computer-programma met als input een kaart per rol met de rolkarakteristieken en tussen de rolkaarten die samen horen in een stapel een controlekaart en als output een listing met de resultaten per stapel en de globale resultaten (fig. 9).

4. Bespreking van de doelfunctie.

Zolang de gloeiafdeling het knelpunt niet is van het ganse productieproces moeten we de variabele kosten minimaliseren.

De voornaamste variabele kosten in de gloeiafdeling zijn de kosten van het verbrandingsgas, het inert gas en de electriciteit. Deze kosten zijn ongeveer konstant per lading, zodat de kosten per ton gedrukt worden door het gemiddeld stapelgewicht te verhogen. Daar de rolafmetingen als gegeven beschouwd worden kan dit stapelgewicht enkel verhoogd worden door de stapelhoogte te maximaliseren. Of wat op hetzelfde neer komt voor een gegeven productieprogramma het aantal ladingen te minimaliseren.

Het vitaal produktiemiddel in de gloeiafdeling is de ovenstolp. Wanneer nu de gloeiafdeling het knelpunt is van de koudwalserij verandert de doelfunctie en moeten we de ovenproductie per uur maximaliseren.

$$\text{Gem. ovenproductie per uur} = \frac{\sum \text{ladingsgewichten}}{\sum \text{ladingsgloeitijden}} = \frac{G_t}{T_t} = \frac{G_{lm}}{T_{lm}} = r_m$$

$$G_{lm} = \text{gemiddeld ladingsgewicht} \quad T_{lm} = \text{gemiddelde ladingsgloeitijd}$$

Maar als we in onderbezetting werken moeten we er voor zorgen dat we niet in de knelpuntfase komen, dus mogen we de overproductie per uur niet uit het oog verliezen.

Dit is echter te realiseren door het feit dat een groot aantal oplossingen (= programma's) een goed gemiddeld ladingsgewicht opleveren, we moeten dus daaruit het programma kiezen dat terzelfdertijd een goede ovenproductie geeft.

De mathematische formulatie van de doelfunctie is zeer moeilijk. Met behulp echter van de heuristische programmatie kan een interessante oplossing gevonden worden zonder de doelfunctie mathematisch te formuleren, dit in tegenstelling met de mathematische programmatie.

5. Maximalisatie van het gemiddeld ladingsgewicht.

In deze paragraaf stellen we ons enkel tot doel het gemiddeld ladingsgewicht te maximaliseren (aantal ladingen minimaliseren) en we verwaarlozen het aspekt gloeitijd.

De enige restrictie is dan dat de stapelhoogte kleiner moet zijn dan de ovenhoogte.

b — breedte van de rol

b_c — convectorhoogte

b_b — beschikbare hoogte in beschermingsstolp

N — aantal rollen (index rol = j)

n' — aantal ovens ter beschikking (aantal vergelijkingen)

n — aantal stapels (index stapel = i)

als $x_{ij} = 1$ dan behoort rol j tot stapel i

$x_{ij} = 0$ dan behoort rol j niet tot stapel i

n_i — aantal rollen in stapel i

$$n_i = \sum_j^{1 \dots N} x_{ij}$$

Voeren we de veranderlijke ε_i in.

Als $n_i > 0$ dan $\varepsilon_i = 1$

$n_i = 0$ dan $\varepsilon_i = 0$.

De restrictievergelijkingen drukken uit dat de stapelhoogte kleiner is dan de beschikbare hoogte.

Dit geeft n' ongelijkheden van de vorm

$$\sum_j^{1 \dots N} x_{ij} (b_j + b_c) \leq b_b \quad (i = 1 \dots n')$$

Elke rol kan natuurlijk slechts eenmaal gestapeld worden, dit geeft N vergelijkingen van de vorm

$$\sum_i^{1 \dots n'} x_{ij} = 1 \quad (j = 1 \dots N)$$

De doelfunctie $= n = \sum_i^{1 \dots N} \varepsilon_i$ moet geminimaliseerd worden.

In dit mathematisch model nemen de veranderlijken x_{ij} en ε_i de discrete waarden 0 of 1 aan.

We zijn dus verzeild in het domein van de integer programming waarin de veranderlijken binair zijn.

Deze problemen werden o.a. behandeld door GOMORY (Bibl. 2).

Voor $n' = 40$ en $N = 250$ zijn er dus 10.000 x_{ij} .

6. Vooruitrekenen der rolgloetijden, maximalisatie van de ovenproduktie per uur.

De probleemstelling van paragraaf 5 is echter onvolledig daar de gloeitijd uit het oog werd verloren.

Het is echter niet mogelijk de gloeitijd te verwerken in de doelfunctie, daar de gloeitijd functie is van de stapelsamenstelling en de stapelsamenstelling de onbekende is van ons probleem.

We kunnen exhaustief het probleem oplossen door alle mogelijke programma's te onderzoeken en per programma het gemiddeld stapelgewicht en de gemiddelde gloeitijd te berekenen. Van zodra we echter een programma moeten opstellen voor een groot aantal rollen is dit zelfs met een moderne computer onbegonnen werk.

Het uittesten van combinaties mag echter niet verwaarloosd worden, daar de korte rekentijd van huidige computers toelaat in enkele sekonden 10.000 stapelcombinaties te genereren.

We moeten dus trachten uit het oneindig groot aantal combinaties, die combinaties te onderzoeken die een interessante oplossing kunnen geven.

De verantwoordelijke lost dit probleem op door een beperkte populatie te beschouwen, hij groepeerde namelijk die rollen die ongeveer eenzelfde gloeitijd hebben, daarbij baseert hij zich hoofdzakelijk op de elementen die de gloeitijd bepalen zoals kwaliteit, diameter, enz. (zie paragr. 1 - subgroepen), dit omdat hij de gloeitijd niet kent want de gloeitijd is ook afhankelijk van de stapelhoogte.

Indien we echter van de veronderstelling uitgaan dat we er in slagen de stapelhoogte te maximaliseren dan kunnen we aannemen dat de stapelhoogte niet veel zal afwijken van een gemiddelde stapelhoogte. In die veronderstelling zouden we de gloeitijd kunnen vooruitrekenen. Inderdaad alle elementen die deze gloeitijd bepalen zijn nu gekend G , Q , b en $H =$ gemiddelde stapelhoogte. Deze vooruitgerekende gloeitijd zal zeker weinig verschillen van de werkelijke rolgloeitijd en kan dus als schatting dienen van de werkelijke rolgloeitijd en ook als richtlijn bij het combineren.

Aan de hand van bovenstaand idee werd een computerprogramma (zie fig. 10) opgebouwd met als input een kaart per rol met de rolkarakteristieken en als output een matrix R met de vooruitberekende rolgloetijden geklasseerd in dalende zin.

In de knelpuntfase, waar de nadruk ligt op het maximaliseren van de ovenproduktie, zou het probleem als volgt kunnen geformuleerd worden.

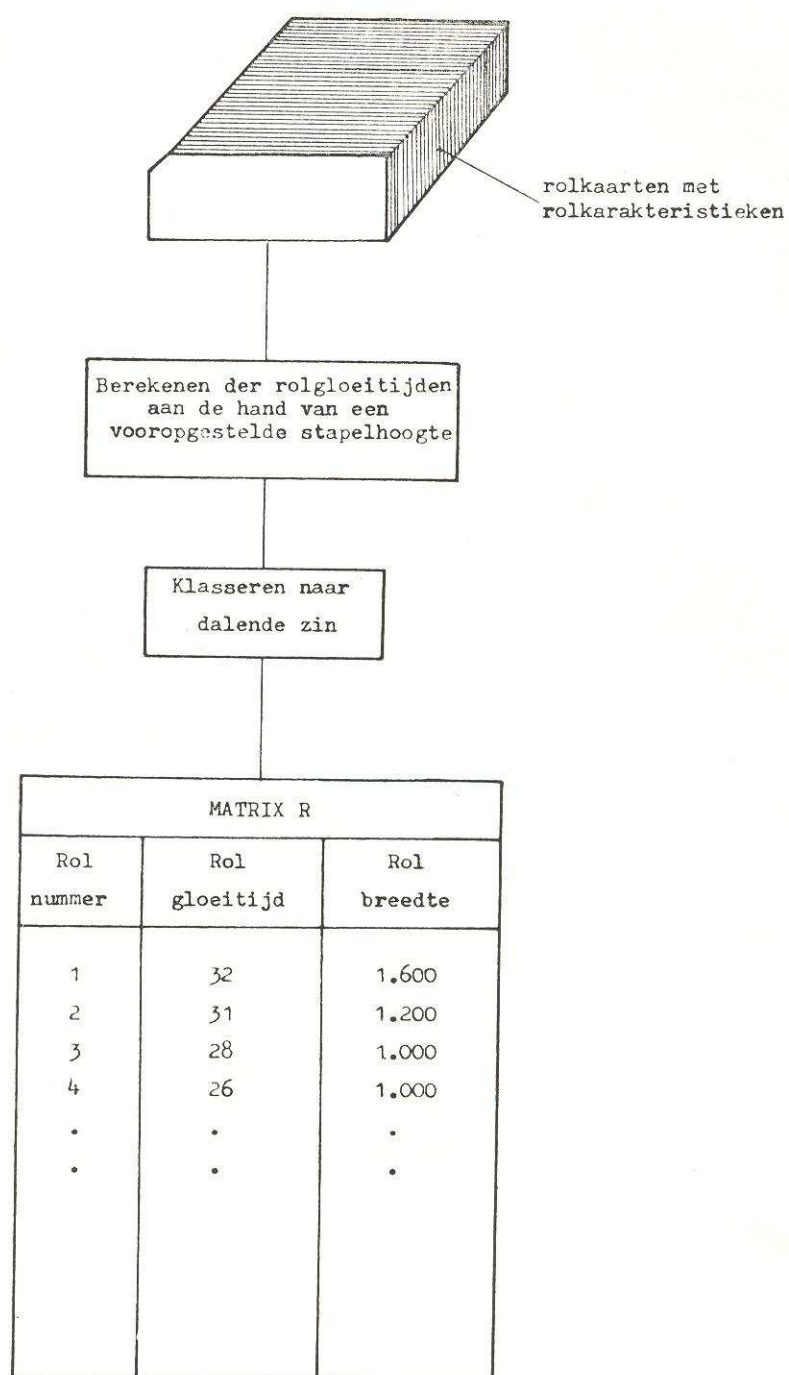


Fig. 10. — Programma B. Vooruitberekening der rolgloeitijden.

De restrikties zijn dezelfde als van het vereenvoudigd model (zie paragraaf 5). We moeten de doelfunctie $r_m = \frac{\sum_{i=1}^n G_{li}}{\sum_{i=1}^n T_{li}}$ maximaliseren.

$\sum_{i=1}^n G_{li}$ is een konstante van een bepaald programma, nl. het totaal gewicht van het programma, dus r_m maximaliseren, komt neer op het minimaliseren van $\sum_{i=1}^n T_{li} \approx \sum_{i=1}^N T_i \cdot \eta_i$.

$\eta_i = 1$ of 0

$\eta_i = 1$ als rol i de rol is met de hoogste gloeitijd van de stapel

$\eta_i = 0$ als rol i niet de rol is met de hoogste gloeitijd van de stapel

T_i = de vooruitberekende rolgloeitijd

$\sum_{i=1}^N \eta_i = n$ aantal stapels.

7. Objectieve vergelijkingspunten.

Een van de voorwaarden voor het al of niet aanwenden van heuristiek bij het oplossen van een probleem is het bestaan van objectieve vergelijkingspunten. Zoals vroeger vermeld zijn de twee voornaamste resultaten van een gloeiovenprogramma het gemiddeld stapelgewicht en de gemiddelde ovenproduktie per uur. Bij gelijkblijvende populaties zijn die resultaten ook een objectieve maat voor de efficiëntie van een heuristiek.

Bij wisselende populaties worden die resultaten vervalst door de karakteristieken van de populatie. Het is dan ook interessant die resultaten te ontleden en het verband te onderzoeken met de karakteristieken van de populatie. We mogen schrijven dat

$$G_{lm} \cdot n = G_{rm} \cdot N \quad G_{lm} = \frac{G_{rm} \cdot N}{n} \quad (1)$$

G_{rm} = gemiddeld rolgewicht.

G_{rm} , N zijn onveranderlijke karakteristieken van de populatie.

Het aantal stapels n is een resultaat van de combinatiepolitiek en van het minimum aantal stapels dat fysisch te realiseren is.

We kunnen $\nu = \frac{n_{\min}}{n}$ (2) als bezettingsrendement definiëren.

We berekenen nu $n_{\min}$.

De nuttige hoogte van oven i is

$$b_{ni} = b_b - b_c \cdot n_i \quad (3)$$

Sommeren we over alle ladingen, dit geeft

$$b_{nt} = n \cdot b_b - b_c \cdot N$$

$$b_{nt} = \text{totale nuttige hoogte.}$$

Wanneer de totale nuttige hoogte bezet is vinden we een minimum aantal stapels.

$$\text{Dus } b_{nt} = \sum_{j=1}^{1-N} b_j = N \cdot b_m$$

$$b_m = \text{gemiddelde breedte}$$

$$\text{dit geeft } N \cdot b_m = n_{\min} \cdot b_b - b_c \cdot N$$

$$\text{of } n_{\min} = \frac{N \cdot (b_m + b_c)}{b_b} \quad (4)$$

We moeten $n_{\min}$ afronden tot een geheel getal wil dit een fysische realiteit vertegenwoordigen.

$n_{\min}$ hangt dus van twee populatiekarakteristieken af, namelijk N en b_m , b_c en b_b zijn constructiegegevens.

Substitueren we formule (2) en (4) in formule (1) dan bekommen we

$$G_{lm} = v \cdot G_{rm} \cdot \frac{b_b}{b_m + b_c} \quad (5)$$

$$\text{of nog } G_{lm} = v \cdot G_{lm \max} \quad (6) \quad G_{lm \max} = G_{rm} \cdot \frac{b_b}{b_m + b_c}$$

Bij gelijkblijvend bezettingsrendement oefent het gemiddeld rolgewicht en de gemiddelde breedte een grote invloed uit op het gemiddeld stapelgewicht. Het bezettingsrendement geeft ons een goede maat voor de efficiëntie van onze combinatiepolitiek qua stapelhoogte.

Om nu de efficiëntie van onze combinatiepolitiek te meten op de gemiddelde overproductie per uur gaan we over op de volgende formules

$$r_m = \frac{G_t}{T_t} = \frac{G_{lm}}{T_{lm}} \quad (7)$$

G_{lm} hebben we reeds ontleed. Als minimum gemiddelde gloeitijd zouden we het gemiddelde van de vooruitgerekende gloeitijden kunnen nemen ($T_{lm \min}$).

We definiëren (8) $\tau = \frac{T_{lm \min}}{T_{lm}}$ als zijnde het gloeitijdsrendement.

Substitueren we formules (6) en (8) in formule (7), dit geeft

$$r_m = v \cdot \tau \frac{G_{lm \max}}{T_{lm \min}}$$

Of indien we $\rho = v \cdot \tau$ en $r_{m \max} = \frac{G_{lm \max}}{T_{lm \min}}$ stellen

$r_m = \rho \cdot r_{m \max}$, noemen we het kombinatierendement

$$r_{m \max} = \frac{G_{mr} \cdot b_b}{(b_m + b_c) T_{lm \min}}$$

De minimum gemiddelde gloeitijd $T_{lm \min}$ hangt natuurlijk ook af van de karakteristieken van de populatie en voornamelijk van de distributie van de kwaliteiten en van het gemiddeld rolgewicht. Approximatief kunnen we zeggen dat $T_{lm \min} = g \cdot G_{mr} + b$ (g en b hangen af van de distributie van de kwaliteiten).

Het kombinatierendement ρ is een objectieve maat voor de kombinatiepolitiek, zowel wat betreft vulling als gemiddelde gloeitijd.

Als we de studie begonnen hadden de rendementen de volgende waarden

$$v = 0,93 \quad \tau = 0,81 \quad \text{en} \quad \rho = 0,76.$$

8. Heuristische procedure.

81. Volgorde der bewerkingen.

811. Gezien er geen wiskundige algoritme bestond om het beschreven probleem op te lossen waren we aangewezen op heuristiek.

De grondidee was de rollen met gelijke vooruitgerekende gloeitijd zoveel mogelijk te groeperen en in die groepering stapels te vormen met maximale hoogte. (Heuristisch idee).

Met behulp van de listing (programma B) der vooruitgerekende gloeitijden die als leidraad dienen bij elke procedure, werd manueel een procedure uitgevoerd die voldeed aan bovenstaande heuristische regels (heuristische procedure).

Nadien werd het resultaat van die procedure berekend door programma A. Programma A geeft ons de resultaten per stapel zoals stapelhoogte, stapel-

gewicht, stapelgloeitijd en ovenproductie per uur, dit laat ons toe na te gaan voor welke stapels de procedure gefaald heeft.

Het programma geeft ons ook de globale resultaten die ons de mogelijkheid geven de procedure in zijn geheel te beoordelen.

De volgorde der bewerkingen wordt geschetst in figuur 11.

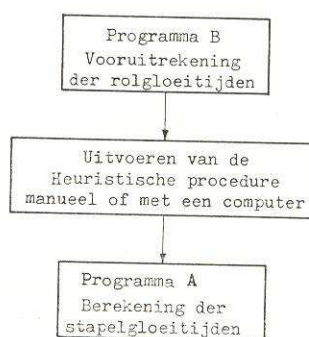


Fig. 11. — Volgorde der bewerkingen.

De volgende procedures werden manueel uitgevoerd.

812. Neem drie naast elkaar geschikte rollen in de rangschikking naar dalende gloeitijd en neem als vierde rol in de stapel die rol met de hoogste gloeitijd die in de oven kan.

In deze procedure ligt de nadruk op de gloeitijd en verwaarlozen we het aspekt stapelhoogte zodanig dat het gemiddeld stapelgewicht laag uitvalt, en we een relatief groot aantal stapels bekomen wat op zijn beurt de ovenproductie per uur drukt.

Deze procedure gaf dan ook resultaten die beneden de resultaten van de meestergasten lagen.

813. We hebben dan ook bovenstaande procedure verfijnd door een betere ovenvulling te viseren.

De procedure lijkt op de voorgaande maar nu neemt men als vierde rol, deze rol die de oven zo hoog mogelijk vult.

Deze procedure gaf opmerkelijk betere resultaten maar faalde toch dikwijls namelijk in die gevallen waar door de keus van de drie eerste rollen geen gunstige vierde te vinden was.

Ook gebeurde het dikwijls dat de vierde rol laag in de tijdschaal lag.

82. Algemene voorwaarden waaraan een heuristische procedure moet voldoen.

— Het resultaat van een goede procedure moet het optimum benaderen.

— Elke procedure moet voldoen aan de restrikties van het probleem. Het resultaat van gelijk welke procedure wordt natuurlijk ook bepaald door de populatie waarop de procedure wordt toegepast. Naarmate die populatie groter en heterogener is in de breedte zal het resultaat dan ook beter zijn.

Wij kunnen de basispopulatie vergroten door de stock voor gloeiovens te vergroten.

Hier moeten we het voordeel van een grote populatie afwegen tegen het nadeel dat een grote stock meebrengt.

Bovenstaande redenering leidt tot de volgende procedure-eisen :

— Een goede procedure vereist geen grote basispopulatie. Hoe zwakker een procedure, hoe groter basispopulatie ze vereist.

— Een procedure moet goede resultaten geven bij wisselende populaties. Deze voorwaarde is in het gloeiovenprobleem bijzonder van toepassing daar de produktieschakel vóór de gloeiafdeling, namelijk de tandemwals, oplegt dat in het werkprogramma de rollen geschikt moeten worden naar dalende rolbreedte.

83. Het manueel uitvoeren van procedures.

Het manueel uitvoeren van een procedure heeft de volgende voor- en nadelen.

— Wanneer we een heuristische procedure manueel uitvoeren dan kunnen we van dichtbij die procedure toetsen aan de populatie. Zo ervaren we wanneer de procedure faalt en in welke gevallen ze goede resultaten oplevert.

— Zolang een procedure manueel uitgevoerd wordt is ze zeer soepel daar ze gemakkelijk veranderd kan worden. Vooraleer een procedure te automatiseren is het dan ook geraadzaam ze manueel uit te voeren, op verscheidene populaties.

— Dit leert ons het probleem beter kennen en helpt ons de procedure te verfijnen en aan te passen aan wisselende populaties.

— Zolang een procedure manueel uitgevoerd wordt zijn we niet verplicht de procedure voor alle mogelijke gevallen te bepalen, we kunnen ons beperken tot de meest voorkomende gevallen en de anderen geval per geval oplossen.

— Een manueel uit te voeren procedure moet eenvoudig zijn daar een ingewikkelde procedure langdurig is.

— Zolang we een procedure manueel uitvoeren zoeken we de verbeteringen van die procedure in de richting en mogelijkheden beperkt door het manuele, m.a.w. men verliest de mogelijkheden van de computer uit het oog.

Het is dan ook geraadzaam na zekere testtijd de procedure te automatiseren en stelselmatig de geautomatiseerde procedure te verbeteren en te verfijnen. Volgorde 1 op figuur 12 is te verkiezen boven volgorde 2.

We hebben dan ook procedure 813 geprogrammeerd en het programma verder verfijnd.

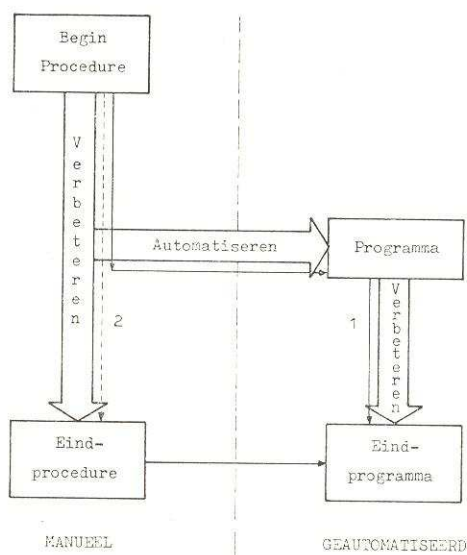


Fig. 12. — Verbetering van een beginprocedure.

9. Heuristische programmatie.

91. Het heuristisch programma.

Wanneer we een heuristische procedure automatiseren met behulp van een digitale computer spreken we van een heuristisch programma.

In tegenstelling met een manuele procedure moet een heuristisch programma streng opgesteld zijn. Alle gevallen moeten voorzien zijn en het programma moet goed functioneren bij wisselende populaties.

Dit stelt hoge eisen aan het programma dat moeilijk op punt te stellen is, de programmator moet een dieper inzicht in het probleem hebben.

Het opstellen van een heuristisch programma is dan ook een langdurig en kostelijk werk, dat veel computertesten vereist.

Deze kosten moeten afgewogen worden tegen de voordelen die het programma biedt.

Een heuristisch programma mag natuurlijk meer gecompliceerd zijn dan een manuele procedure. We mogen daarin echter niet overdrijven daar we bij grote populaties grote computertijden kunnen bekomen.

Wij hebben onze programma's geschreven in de symbolische taal Fortran IV.

Fortran is niet de enige taal die zich leent tot heuristische programmatie, er zijn andere talen zoals I.P.L. - V - Information Processing Language (Bibl. 3).

Gezien een heuristisch programma voortdurend gewijzigd wordt in de onderzoeksfase moet de symbolische taal waarin het geschreven wordt zeer soepel zijn.

Wijzigingen en aanvullingen in de procedure moeten kunnen vertaald worden in kleine wijzigingen in het programma, zodat we niet verplicht zijn gans het programma te herschrijven.

Naar onze ondervindingen leent Fortran zich zeer goed tot heuristische programmatie, een sterke verandering in een procedure had slechts de wijziging van een tiental instructies tot gevolg.

We moeten natuurlijk een verschil maken tussen het programma dat we gebruiken in de studiefase en het uitbatingsprogramma.

Het eerste programma wordt voortdurend gewijzigd en aangepast en het finale programma dat we zo bekomen is niet altijd efficiënt qua computertijd, de hoofdaandacht gaat immers naar het uitwerken van de heuristiek. Eer dat we dit programma in uitbating brengen gaan we het rationaliseren om de computertijd te verkorten, de inspanning voor rationalisatie is echter slechts lonend als dit programma frequent toegepast wordt.

92. De Q-methode (fig. 13).

Een eerste verfijning van de geprogrammeerde manuele procedure was de volgende methode die we de Q-methode noemden.

Deze methode houdt rekening met de statistische verdeling van de breedte van de rollen. De gemiddelde breedte is een meter.

De methode is nu als volgt. Neem twee naast elkaar geschikte rollen in de rangschikking naar dalende gloeitijd. Bepaal de overblijvende plaats in de oven, dit is gemiddeld twee meter, deel die door twee. Dit quotient noemen we Q. Q is een getal dat rond een meter schommelt. Eerst onder-

zoeken we of deze Q -waarde kleiner of groter is dan de kleinste breedte (KLBR) in de populatie. Indien Q kleiner is dan kunnen er slechts drie rollen in de oven en nemen we als derde rol de grootste rol die nog in de oven kan. Indien Q groter is dan de kleinste dan onderzoeken we of er nog twee rollen in de oven kunnen, we doen dit door te onderzoeken of er in het gebied beperkt door de kleinste breedte en $2Q$ -kleinste breedte tenminste twee rollen aanwezig zijn. Indien dit het geval is nemen we als derde rol een rol die Q in breedte zo dicht mogelijk benadert; daar Q nu een meter benadert is er een grote kans dat we symmetrisch van de Q -as een vierde rol zullen vinden die de oven maximaal vult.

Deze methode gaf reeds betere resultaten dan de vorige.

Zij is echter nog afgestemd op het manueel uitvoeren en gebruikt de mogelijkheden van de computer niet.

Dit programma is afgestemd op stapels gevormd uit vier rollen, d.i. het meest voorkomende, voor stapels gevormd uit drie of vijf rollen kan de heuristiek wel een goede stapel bekomen maar dit is zeker niet gegarandeerd.

Bovenstaande heuristische regels geven in de meeste gevallen goede stapelhoogtes, nochtans is dit niet verzekerd en gebeurt het dat we een lage stapelhoogte bekomen, in dit geval gaan we een andere combinatie beginrollen kiezen en de cyclus opnieuw beginnen (fig. 14).

We doen dit door te onderzoeken of dat de stapelhoogte een bepaalde limiethoogte (H_L) overschreden heeft, is dit niet het geval dan herbegint de cyclus en nemen we als beginrollen de rollen 2 en 3 i.p.v. 1 en 2.

De procedure om lage stapelhoogte te vermijden werd naderhand bijgevoegd en dit leverde wegens de structuur van het programma geen enkele moeilijkheid op. (Vooral nuttig op het einde van een populatie).

Bij zeer slechte populaties leidt bovenstaande verwerpingsprocedure tot zeer veel recyclages en dit meestal zonder veel succes. Daarom wordt het aantal recyclages gelimiteerd, van zodra de limiet (KL) bereikt wordt stopt het programma en worden de resterende rollen van matrix R uitgedrukt.

Wanneer we voor een kleine populatie $n_{\min}$ berekenen zonder af te ronden vinden we dikwijls een getal dat zeer dicht ligt bij het geheel getal dat juist kleiner is - bijv. 10,1 ligt zeer dicht bij 10.

Dit betekent dat als we de populatie behouden zoals ze is, we minimum 11 stapels kunnen bekomen, met een vrije hoogte van $0,9 h_b$. Dit is een resultaat dat we gemakkelijk zonder computer kunnen bekomen. Bij zulk een populatie kunnen we slechts een goede oplossing bekomen als we er

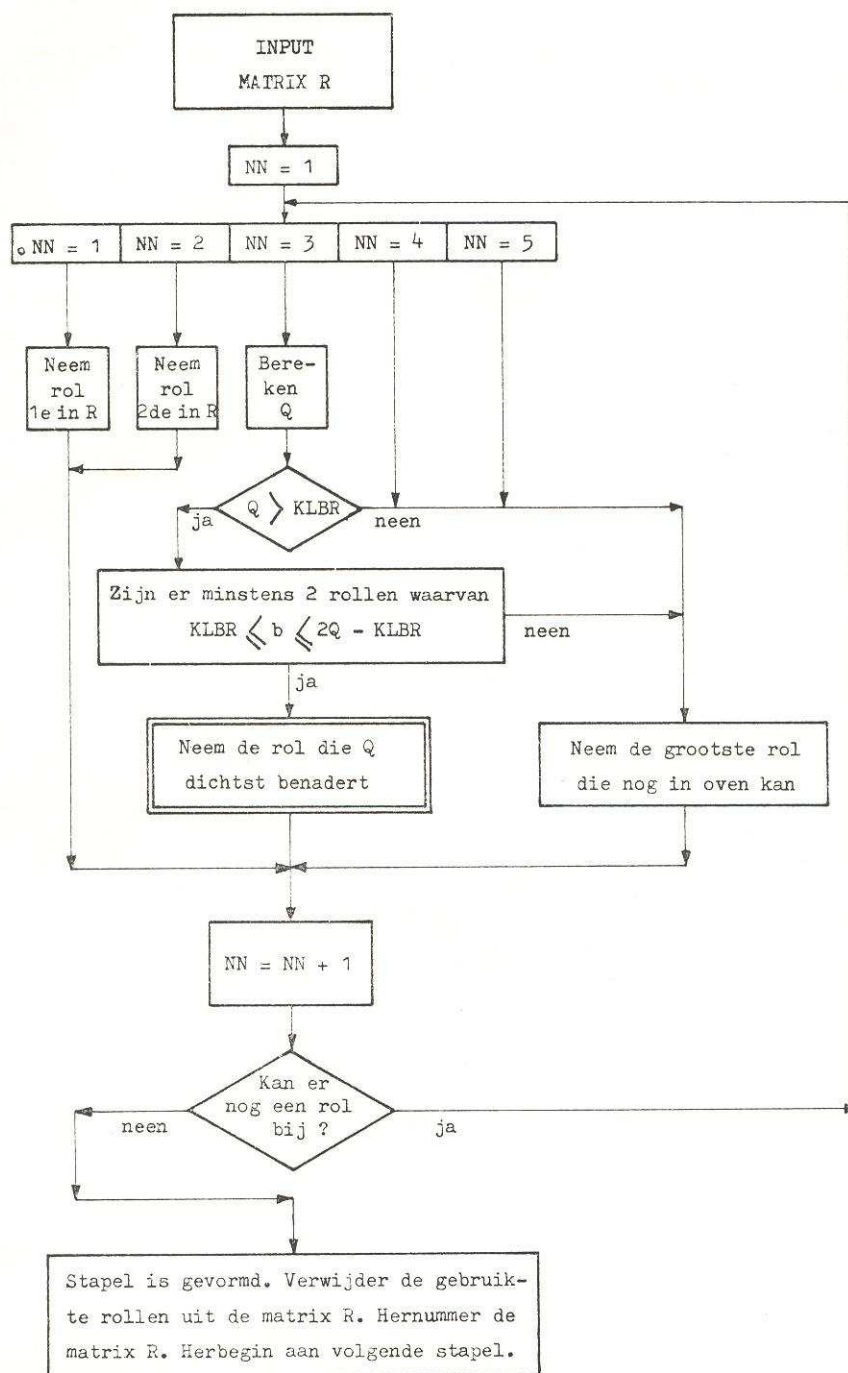


Fig. 13. — Q-Methode.

rollen uit verwijderen zodanig dat $n_{\min}$ het juist groter zijnde geheel getal zeer dicht benadert.

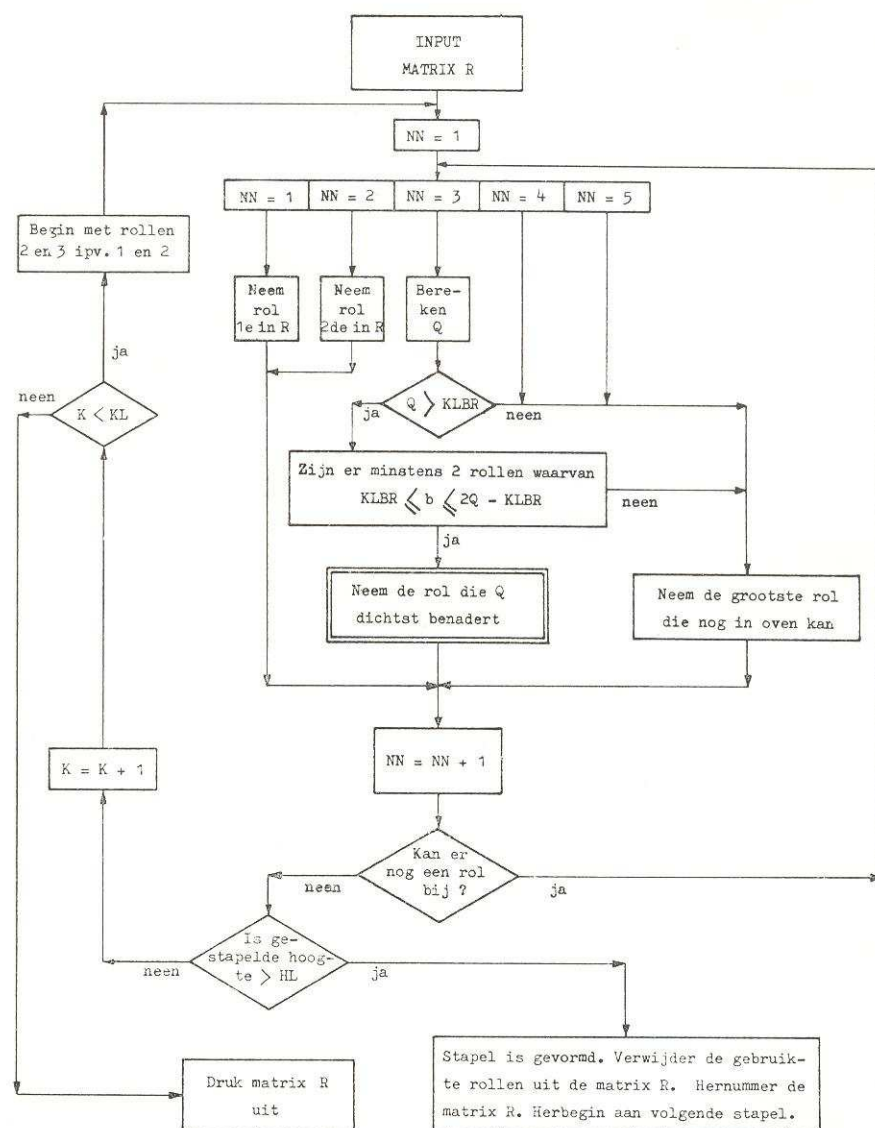


Fig. 14. — Q-Methode met controle op de stapelhoogte.

Dit verwijderen gebeurt op het einde van een populatie automatisch door de verwerpsprocedure.

93. De kombinatorische methode.

Overstappen van de Q-methode naar een meer geraffineerde methode leverde weinig moeilijkheden op wat betreft de programma-aanpassing.

Daartoe werd het deel van het organigram (fig. 15) dat dubbel omlijnd is vervangen door de volgende instructies.

— Vorm de combinaties (3,4) (3,5) (3,N)
 (4,5) (4,6) (4,N)
 (N—1, N)

tot wanneer een combinatie j, k voldoet aan de voorwaarde

$$2Q - b_j - b_k < \varepsilon$$

- Indien geen enkele combinatie voldoet aan die voorwaarde, neem deze combinatie die de oven maximaal vult.
- Neem rol j en dan rol k .
- $NN = NN + 1$.

Een groot aantal combinaties valt a priori weg omdat de stapelhoogte de beschikbare hoogte overschrijdt.

Door de combinaties in de opgegeven volgorde te vormen elimineren we vlug de rollen met hoge gloeitijd in matrix R en bekomen we een lage gemiddelde gloeitijd. Hoe groter ε hoe vlugger we in de hoge gloeitijden een combinatie vinden die aan bovenstaande ongelijkheid voldoet, dit betekent winst op de gemiddelde gloeitijd en winst op de computertijd.

Deze dubbele winst wordt echter ingeboet door een systematisch verlies op de stapelhoogte.

We vinden een compromis door een juiste keuze van ε .

Bovenstaand programma gaf uitstekende resultaten. Voor v , τ en ρ bekwamen we respectievelijk 0,99, 0,89 en 0,88 — dit betekent een grote winst t.o.v. de handmethode ($v = 0,93$, $\tau = 0,81$ en $\rho = 0,76$).

Het programma heeft 3 parameters nl. HL, ε en KL, deze parameters kunnen zonder enige moeilijkheid gewijzigd worden.

De keuze van HL, ε en KL is zeer delikaat en bepaalt de rentabiliteit van een programma.

In Sidmar werden deze parameters proefondervindelijk bepaald, t.t.z. voor een bepaalde populatie werd het verband bestudeerd tussen v en τ en de verschillende parameters. Dit vereiste natuurlijk veel computerruns.

10. Besluit.

Veel mathematici staan sceptisch t.o.v. de heuristische programmatie, nochtans is dit een noodzaak geworden voor belangrijke problemen waarvoor geen algorithmische bestaat.

Weliswaar bereikt de heuristische programmatie het optimum niet maar benadert dit toch dicht.

Gebruikmakende van de menselijke feeling en de mogelijkheden van de computer, en door samenspraak van mens en computer, worden resultaten bereikt die voorheen onmogelijk waren.

Daar waar de klassieke operationele technieken falen biedt de heuristische programmatie een zeer interessante oplossing aan; als zodanig vult zij een leemte in huidige beslissingstechnieken.

Naar onze mening ligt voor de heuristische programmatie een ruim toepassingsveld open.

Annexe A : Symbolen.

b	:	breedte van de rol
d	:	dikte van de rol
ϕ	:	diameter van de rol
G	:	gewicht van de rol
Q	:	kwaliteit van de rol
H	:	stapelhoogte (zonder convectoren)
G_l	:	ladingsgewicht
G_{lm}	:	gemiddeld ladingsgewicht
G_r	:	rolgewicht
G_{rm}	:	gemiddeld rolgewicht
G_t	:	totaal programma gewicht
T_l	:	ladingsgloeitijd
T_{lm}	:	gemiddelde ladingsgloeitijd
T_t	:	totale programmagloeitijd
r	:	ovenproductie per uur
r_m	:	gemiddelde ovenproductie of ovenproductie per uur over alle ovens
n	:	aantal stapels
N	:	aantal rollen
b_c	:	convectorhoogte
b_b	:	beschikbare hoogte in de beschermingsstolp

b_n	:	nuttige hoogte
v	:	bezettingsrendement
τ	:	gloeitijdsrendement
ρ	:	kombinatierendement
KL	:	aantal recyclages
HL	:	limiethoogte
KLBR	:	kleinste breedte.

Annexe B : Bibliografie.

- [1] Karg R.L., Thompson G.L., " A heuristic approach to solving travelling salesman problems ", Management Science, Vol. 10, N° 2, January 1964.
- [2] Gomory R., " Essentials of an algorithm for Integer Solutions to Linear Programs ", Bulletin of the American Mathematical Society (April 23, 1958).
- [3] Newell A., Tonge F.M., " An introduction to information processing language V - Communications of the association for computing machinery " (April 1960).
- [4] Newell A., Shaw J.C. and Simon H.A., " Empirical Explorations of the Logic Theory Machine : A case Study of Heuristics ", Proceedings of the Western Joint Computer Conference, Ire, February 1957.
- [5] Simon H.A. and Newell A., " Heuristic Problem Solving : The next advance in operations research ", operations research, Vol. 6, N° 1 (January-February 1958).
- [6] Newell A., Shaw J.C. and Simon H.A., " Elements of a Theory of Human Problem Solving ", Psychological Review, 65 : 151-166, May 1958.
- [7] Newell A., Shaw J.C. and Simon H.A., " Report on a General Problem-Solving Program ", Proceedings of the International Conference on Information Processing, UNESCO, Paris, 1959.
- [8] Clarkson G.P.E., " Portfolio Selection a Simulation of Trust Investment ", Prentice Hall inc. 1962, Englewood Cliffs, N.J.
The Ford Foundation doctoral dissertation winners.
- [9] Tonge F.M., " A heuristic program for assembly line Balancing ", Prentice Hall inc. 1961, Englewood Cliffs, N.J., The Ford foundation doctoral dissertation series.
- [10] Lloyd M. Thayer, " Heuristic programming techniques in decision making systems ", Data processing yearbook.
- [11] Kuchn A.A. and Hamburger M.J., " Heuristic program for locating Warehouses ", Management Science, N° 9, July 1963.
- [12] Gavett J. William, " Three heuristic rules for sequencing jobs to a single production facility ", Management Science 11, N° 8, June 1965.
- [13] Gere Williams, " Heuristic Job Shop Scheduling », Management Science 13, N° 3, November 1966.
- [14] Hurst Gerald and Mc. Namara Aidan B., " Heuristic Scheduling in a woollen mill ", Management Science 14, N° 4, December 1967.

PUBLICATIONS REÇUES**ONTVANGEN PUBLICATIES**

- 1) Trabajos de Estadística y de Investigación Operativa, Madrid, Vol. XIX, Cuaderno III, 1968.
- 2) Revue française d'Informatique et de Recherche Opérationnelle, AFCET, Paris, Nos 11, 12 & 13.
- 3) Cuadernos de Estadística Aplicada e Investigación Operativa, Barcelona, Vol. V, Fasc. 4, 1969.
- 4) Annales de Sciences Economiques Appliquées, N° 5, décembre 1968, N° 1, mars 1969.
- 5) Oost-Vlaanderen Groeit, Nrs 3 & 4, 1968.
- 6) QF (Qualité et Fiabilité) Bulletin trimestriel de l'AFCIQ, Paris, Vol. VI, N° 4, décembre 1968, Vol. V, N° 1, mars 1969.
- 7) The General Electronic FORUM, Vol. X, Nr 4, Winter 1967-68.
- 8) Revue Suisse pour l'Organisation Industrielle (Institut d'Organisation Industrielle de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich), Nos 1 à 4, 1969.
- 9) Revue IBN (Institut Belge de Normalisation) N° 12, 1968, Nos 1 à 3, 1969. BIN Revue (Belgisch Instituut voor Normalisatie), Nr 12, 1968, Nrs 1, 2, 3, 1969.
- 10) Revue de Statistique appliquée, Vol. 17, N° 1, 1969.
- 11) Revue de l'Institut international de Statistique, La Haye, Vol. 37, N° 1, 1969.
- 12) Operational Research Quaterly, London, Vol. 20 N° 1, 1969, Vol. 20, Special Conference Issue.
- 13) Selected Statistical Papers 1 & 2, European Meeting 1968, Mathematical Centre Tracts, Nrs 26 & 27.

NOS ECHOS

ALLERLEI

1) Le Conseil de Direction de l'International Federation of Information Processing (IFIP) (Fédération créée à l'initiative de l'UNESCO et dont la SOGESCI est le Membre belge), s'est réuni à Bruxelles du 26 février au 5 mars 1969.

Ce conseil était composé de représentants des pays suivants : Autriche, Belgique, Bulgarie, Danemark, France, Grande-Bretagne, Pays-Bas, Israël, Mexique, Suisse, U.R.S.S., U.S.A., Yougoslavie.

A cette occasion une réception suivie d'un dîner a été organisée par la SOGESCI, le 3 mars 1969. M. le Ministre de la Programmation et de la Politique Scientifique avait tenu à s'y faire représenter par son Chef de Cabinet Adjoint M. DULIEU.

Le 4 mars 1969, l'Administration Communale de Bruxelles avait prévu une réception avec visite guidée de l'Hôtel de Ville de Bruxelles, en l'honneur des représentants de l'IFIP.

Au cours de leur séjour en Belgique, les membres du Comité de Direction de l'IFIP, ont eu l'occasion de visiter certaines sections spécialisées des Universités de Gand et de Liège et admirer Bruges, le Littoral belge, les Ardennes et le Grand Duché de Luxembourg, sous la conduite de représentants de la SOGESCI.

2) Colloque AFCET - SOGESCI.

L'Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique (AFCET) ex-AFIRO et la SOGESCI organisent en commun un colloque consacré à la Recherche Opérationnelle dans les secteurs publics et privés.

Ce Colloque se tiendra au Palais des Congrès à Bruxelles les 22, 23 & 24 septembre 1969.

La première journée sera consacrée à « la Planification-Programmation et préparation des budgets (P.P.B.S.) » avec l'après-midi une table ronde sur la stratégie de mise en place du P.P.B.S.

La deuxième journée sera consacrée à la Politique à moyen et à long terme et notamment au choix des investissements.

Enfin la troisième journée sera consacrée à la gestion automatisée à court terme et sera suivie d'une table ronde consacrée aux problèmes de gestion à court terme.

Le programme de ce Colloque ainsi que des renseignements complémentaires peuvent être obtenus auprès du Secrétariat de la SOGESCI, 66, rue de Neufchâtel, Bruxelles 6, Tél. (02) 37.19.76.