

Simulation sur ordinateur du transport souterrain par locomotives

Simulatie op een computer van het ondergronds vervoer met locomotieven

P. CAUWE, E. CHARLEZ, L. de CORDIER, O. de CROMBRUGGHE, J.-L. DE ROY, C. POLET,
L. VAN ROMPAEY *

RESUME

Seule la simulation sur ordinateur permet de tester systématiquement l'influence des nombreux paramètres qui déterminent les performances d'un système de roulage d'une certaine complexité, et de déterminer objectivement des compromis économiques optimaux entre la régularité de la production et des dépenses à consentir pour améliorer le transport.

Le programme présenté dans cet article permet de simuler le trafic entre un puits et 9 chantiers, en faisant intervenir les contraintes dues à la structure du réseau (voies simples ou doubles, aiguillages, capacités de stockage, etc.), ainsi que les variations aléatoires de la production des chantiers et des temps de parcours. On peut ainsi mettre en évidence, sur base statistique, l'effet d'une modification du nombre de berlines ou de locomotives, ou d'un temps de parcours ou de manœuvre, celui d'un dédoublement de voie ou du déplacement des points où se décident les destinations des rames, ou celui d'une politique de dispatching.

SAMENVATTING

Alleen de simulatie op een computer maakt het mogelijk de invloed kwantitatief na te gaan van de vele factoren die de doeltreffendheid van een uitgestrekt vervoerssysteem bepalen. Hiermee kan men dan op objectieve wijze een economisch optimaal evenwichtspunt bepalen tussen de mogelijkheid van bedrijfsstoringen enerzijds, en de kosten die nodig zijn om de infrastructuur van het vervoer te verbeteren anderzijds.

Hier wordt een programma beschreven om het verkeer tussen een extractieschacht en 9 productiepunten te simuleren: de beperkingen die door de structuur van het spoornet opgelegd worden (enkel of dubbelspoor, wissels, stockeermogelijkheden, enz.) en de toevallige schommelingen van de pijlerproducties of van de reistijden worden in aanmerking genomen. Zo wordt het mogelijk de invloed op statistische wijze na te gaan van een wijziging in het aantal wagens of locomotieven en in de duur van een reis- of maneuvvertijd, of de uitwerking van het ontdubbelen van een spoor, van een nieuwe dispatchingspolitiek, of

* P. CAUWE, Assistant au Laboratoire de Préparation des Minerais, Université Catholique de Louvain.
E. CHARLEZ, Directeur Général des Ateliers Charlez, à Houdeng-Goegnies.
L. de CORDIER, Ingénieur à Beckaert — Cockerill N.V.
O. de CROMBRUGGHE, Professor voor Mijnbouw aan de Katholieke Universiteit Leuven, Hoofd Studiedienst Zetel Winterslag van de N.V. Kempense Steenkolenmijnen.
J.-L. DE ROY, Ingénieur à COBELMIN, Kailo (Kindu, R.D. Congo).
C. POLET, Ingénieur à la GECOMINES, Kamoto (Kolwezi, R.D. Congo).
L. VAN ROMPAEY, Hoofd Organisatiedienst Ondergrond, Zetel Winterslag, N.V. Kempense Steenkolenmijnen.

Les chapitres 1 et 2 exposent le mécanisme de la simulation, basée sur le « time-slicing » ou découpage en tranches de temps de longueur constante, et décrivent le traitement de trois exemples réels. Les autres chapitres montrent comment ce processus est traduit en langage FORTRAN, et comment le réseau et les rames qui le parcourent peuvent être représentés par des tableaux de chiffres.

La simulation de 15 postes successifs représente 5 à 6 minutes sur un ordinateur IBM 360/40, et fournit, au choix, des résultats globaux ou détaillés, permettant en particulier de ventiler les pertes de production selon les différentes contraintes susceptibles de limiter l'efficacité du transport.

INHALTSANGABE

Nur durch Nachahmung auf einem Rechner kann man die Tragweite der verschiedenen Einflußgrößen, von denen die Leistung eines ausgedehnten Fördersystems abhängt, systematisch untersuchen und einwandfrei bestimmen, wieweit Aufwendungen für die Verbesserungen der Fördereinrichtungen sich durch größere Gleichmäßigkeit der Fördermenge bezahlt machen.

Mit dem im nachstehenden Aufsatz beschriebenen Programm kann man den Verkehr zwischen einem Förderschacht und 9 Abbaubetriebpunkten nachahmen, unter Berücksichtigung der Erschwernisse, die durch die Besonderheiten des Fördernetzes (ein- oder zweigleisige Strecken, Weichen, Aufnahmekapazität von Abstellgleisen usw.) sowie durch die zufälligen Schwankungen der Fördermengen aus den verschiedenen Betriebspunkten und der Fahr- und Rangierzeiten gegeben sind. Auf diese Weise kann man statistisch nachweisen, wie sich eine Änderung der Wagen- oder Lokomotivenzahl, der Reise- oder Rangierzeit, der Verzicht auf ein zweites Gleis oder eine veränderte Führung der Züge, beispielsweise durch Verlegung der Abzweigstellen, auswirken.

Das Simulationsverfahren beruht auf dem « time-slicing »-Prinzip, das heißt der Einteilung in gleiche Zeitabschnitte. Es wird in den Kapiteln 1 und 2 an Hand von drei Beispielen näher erläutert. Weiter wird gezeigt, wie sich dieses Verfahren in FORTRAN-Sprache übersetzen läßt und wie sich die Struktur des Netzes und die in ihm verkehrenden Züge in Zahlentafeln erfassen lassen.

Die Nachahmung des Förderablaufs in 15 aufeinander folgenden Schichten auf einem Rechner des Typs IBM 360/40 erfordert nur 5 bis 6 Minuten. Die Ergebnisse können nach Wahl zusammengefaßt oder einzeln ausgeworfen werden; insbesondere kann man den Produktionsausfall bestimmen, der bei verschiedenen Beschränkungen der Leistungsfähigkeit des Fördersystems zu erwarten ist.

van het verleggen van de punten waar de bestemming van de treinen vastgelegd wordt.

Hoofdstukken 1 en 2 zetten het simulatieproces uiteen, volgens het « time-slicing »-principe (indeling in constante tijdschijven), en geven drie concrete voorbeelden weer. De andere hoofdstukken tonen aan hoe dit proces in FORTRAN-programmeertaal vertolkt wordt, en hoe het net en de treinen die er op rijden door cijfertabellen voorgesteld kunnen worden.

De simulatie van 15 achtereenvolgende posten duurt 5 tot 6 minuten op een IBM 360/40 computer. De uitslagen kunnen naar wens samengevat of uitgebreid weergegeven worden, waarbij de productieverliezen volgens de oorzaken afzonderlijk samengeteld worden.

SUMMARY

Only the simulation with a computer gives the possibility of testing systematically the influence of the numerous factors which determine the performance of a haulage system of some extension. Then it becomes feasible to estimate on an objective basis the economical advantages of a flush traffic and the expense involved in improving the transport infrastructure.

The programme described allows the simulation of locomotive traffic between a shaft and 9 producing faces, taking into account the restrictions resulting from the structure of the tracks (single or double track, switches, capacity of sidings, etc.) and the random variations of face production rates and travelling times. This makes it possible to produce a statistical statement of the effects of : modifying the number of minecars or locomotives, travelling or maneuvering times, duplicating a track, changing the dispatching policy or displacing the decision points where trains are distributed towards the different loading points, etc.

The simulation process, based on time-slicing, is described in chapters 1 and 2 and illustrated with three actual examples. The following chapters show the conversion of this process into FORTRAN language, and demonstrate how the network of tracks and the situation of the locomotives can be expressed as a numerical table.

Simulation of 15 successive shifts takes about 5 to 6 minutes of an IBM 360/40 computer. Results can be edited in a summarized or in a developed form. In any case, the production losses are totalized and classified following the different restriction factors which are likely to limit the performance of the system.

SOMMAIRE

0. Introduction.
1. La simulation.
 10. Position du problème.
 11. Mécanisme de la simulation.
 110. Time slicing.
 111. Circulation des locomotives sur les sections.
 112. Production des chantiers.
 113. Décisions du dispatcher.
 1131. Arrivée d'une loco en fin de section.
 1132. Manœuvres aux chantiers ou au puits.
 1133. Choix des destinations.
 114. Expression des résultats.
 12. Possibilités d'application.
2. Etudes réalisées.
 20. Cadre.
 21. Transport à l'étage de 600 (août 1970).
 22. Transport à l'étage 735 (novembre 1970).
 23. Le problème de la « Jonction » à 600 (février 1971).
3. Programmation de la simulation sur ordinateur.
 30. Introduction.
 31. Représentation du réseau.
 32. Représentation des locomotives sur le réseau (TEE).
 33. Passage d'une section à la suivante (TAB).
 34. Dispatch.
 35. Production des tailles, extraction du puits.
 36. Ordinogramme général, déroulement du programme.
4. Introduction des données.
5. Sortie des résultats.
6. Conclusions.

0. INTRODUCTION

Le problème de la simulation sur ordinateur du roulage par locomotives a été proposé en 1967 comme travail de fin d'études par M. de Crombrugghe, Professeur d'Exploitation des Mines, à MM. Cauwe, de Cordier et Polet, à l'époque étudiants de 5ème année à l'Université Catholique de Louvain. Ces messieurs, travaillant en équipe, ont rassemblé des données, principalement aux sièges de Zolder et de Winterslag de la N.V. Kempense Steenkolenmijnen, ont mis au point le mécanisme du programme FORTRAN IV, en particulier la représentation par les matrices TAB

INDELING

0. Inleiding.
1. De simulatie.
 10. Probleemstelling.
 11. Simulatieproces.
 110. Time slicing.
 111. Locomotievenverkeer op de spoorsecties.
 112. Productie van de werkpunten.
 113. Beslissingen van de dispatcher.
 1131. Loco op het einde van een sectie.
 1132. Maneuvers aan de laadpunten en aan de schacht.
 1133. Toewijzing van de bestemmingen.
 114. Uitdrukkingsvorm van de resultaten.
 12. Toepassingsmogelijkheden.
2. Verwezenlijkte studies.
 20. Situering van het bedrijf.
 21. Vervoer op de 600 m verdieping (augustus 1970).
 22. Vervoer op de 735 m verdieping (november 1970).
 23. De z.g. « Jonction » op 600 m (februari 1971).
3. Het programmeren van de simulatie op de computer.
 30. Inleiding.
 31. Voorstelling van het spoornet.
 32. Voorstelling van de locomotieven op het net (TEE).
 33. Overgang van een sectie naar de volgende (TAB).
 34. Dispatch.
 35. Productie van de pijlers, extractie aan de schacht.
 36. Algemeen ordinogram, afwikkeling van het programma.
4. Invoeren van de gegevens.
5. Weergeven van de uitslagen.
6. Besluiten.

0. INLEIDING

De simulatie op een computer van het locomotievenverkeer ondergrond werd in 1967 door de heer de Crombrugghe, Professor voor Mijnbouw, als opdracht voor hun eindwerk voorgesteld aan de heren Cauwe, de Cordier en Polet, op dat ogenblik 5de jaarstudenten aan de Leuvense Universiteit. Genoemde heren hebben in ploegverband gegevens verzameld, hoofdzakelijk in de zetels Zolder en Winterslag van de N.V. Kempense Steenkolenmijnen. Zij hebben het simulatieproces ontworpen en in FORTRAN IV taal geprogrammeerd. In het bijzonder hebben zij de voorstel-

et TEE du réseau et des contraintes qui en résultent, et ont pu en tester la validité par la simulation sur l'ordinateur IBM 360/40 de l'université de Louvain d'un réseau fictif et d'une partie du réseau de Zolder.

L'année suivante (1968-69), M. J.L. De Roy a parachevé le travail, en généralisant la formulation des données et en assouplissant les notations, et, grâce à l'aide de MM. Van Rompaey, chef du service organisation du fond de Winterslag et de M. Ressler, chef du service organisation à Zolder, il a pu simuler les réseaux de ces charbonnages. Des contacts intéressants ont été pris avec les Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais et avec M. Engel de l'Ecole des Mines de Paris (voir réf. 5 et 8). M. De Roy a, de plus, élaboré les modifications nécessaires pour simuler des postes successifs différenciés, le transport du personnel et celui des pierres des préparatoires.

En 1970 et 1971, M. Van Rompaey a étudié ce programme avec l'aide de M. Cauwe et l'a appliqué avec succès avec la collaboration de M. Charlez à différents problèmes concernant le charbonnage de Winterslag. Ces études ont été traitées sur l'ordinateur IBM 360/40 de Zolder et sont décrites au chapitre 2 ci-après. M. Charlez a rédigé la plus grande partie de la présente note.

Quoique de nombreux perfectionnements puissent encore être apportés à ce programme, les études déjà effectuées montrent qu'il est opérationnel et il nous a semblé utile d'en faire connaître les grandes lignes. Les chapitres 1 et 2 de la note visent à donner une idée générale du mécanisme et des possibilités de la simulation. Les chapitres 3 à 6 entrent dans le détail du traitement sur ordinateur et constituent un mode d'emploi destiné à faciliter le maniement du programme et la mise en forme des données.

Le programme lui-même est disponible au siège de Winterslag des Kempense Steenkolenmijnen, qui fournira volontiers des renseignements complémentaires.

1. LA SIMULATION

10. Position du problème

Le transport est, dans la mine, un problème primordial, au point qu'on a parfois dit que toute l'exploitation des mines se réduit à un problème de transport. Si cette affirmation est, bien entendu, exagérée, elle n'en traduit pas moins très nettement le découragement, la déception du mineur qui, ayant résolu ses problèmes d'abat-

ling van de structuur van het spoornet en van de eruit voortspruitende beperkingen bij middel van de matrices TAB en TEE ontwikkeld. De geldigheid van het programma werd op de IBM 360/40 computer van de universiteit aan een ingebeeld net en aan een deel van het net van Zolder getest.

Het volgend jaar (1968-69) werd het werk door de heer De Roy voortgezet : de formulering werd versoepeld en veralgemeend. Met de hulp van de heren Van Rompaey en Ressler, hoofden van de Organisatiediensten in Winterslag en in Zolder, werden de netten van beide mijnen in simulatie gebracht. Leerzame contacten werden genomen met de Houillères du Nord et du Pas-de-Calais, en met de heer Engel, van de Ecole des Mines de Paris (ref. 5 en 8). Verder heeft de heer De Roy de nodige wijzigingen ontworpen om het vervoer van het personeel en van de stenen uit de voorbereidende werken in de simulatie te betrekken, ofwel om posten met verschillende gegevens cyclisch achter elkaar te simuleren.

In 1970 en 1971 heeft de heer Van Rompaey, met de hulp van de heer Cauwe, het programma ingestudeerd en met medewerking van de heer Charlez succesvol op verschillende problemen betreffende het vervoer in de mijn van Winterslag toegepast. Deze studies werden op de IBM 360/40 computer van Zolder verwerkt : zij worden in hoofdstuk 2 beschreven. De heer Charlez heeft onderhavige nota grotendeels opgesteld.

Al is dit programma nog voor veel verbeteringen vatbaar, de uitgevoerde studies bewijzen dat het als operationeel beschouwd mag worden, en daarom hebben wij het nuttig geoordeeld de grote lijnen ervan bekend te maken. Bedoeling van hoofdstukken 1 en 2 is een algemeen gedacht te geven van het proces en van de mogelijkheden van de simulatie. De hoofdstukken 3 tot 6 gaan verder in het detail van de behandeling op de computer, en worden opgevat als een handleiding om het hanteren van het programma en het opstellen van de gegevens te vergemakkelijken.

Het programma zelf is op de zetel Winterslag van de Kempense Steenkolenmijnen beschikbaar, alwaar alle verdere inlichtingen gaarne verstrekt zullen worden.

1. DE SIMULATIE

10. Probleemstelling

Het vervoer is, in de mijn, een probleem van doorslaggevend belang; zo ver zelfs dat ooit gezegd werd dat de hele mijnbouw tot een vervoerkwestie teruggebracht kon worden. Al is die bewering overdreven, dan vertolkt zij toch zeer treffend de teleurstelling en ontgoocheling van de mijnningenieur, nadat hij zijn winnings-

tage, de soutènement, d'exhaure et de ventilation, se trouve pris à la gorge et frustré de son succès par les déficiences, l'insuffisance ou l'irrégularité d'un système d'évacuation étrié ou aléatoire.

Une mine en expansion voit normalement sa production s'accroître dans le temps, tandis que les chantiers se trouvent de plus en plus loin du puits. La concentration et la mécanisation de la production provoquent des pointes de débits de plus en plus importantes, tandis que les conséquences d'un arrêt deviennent de plus en plus graves. Or, le système d'évacuation qui doit répondre à ces exigences de plus en plus sévères est lié à la section et à la structure du réseau de galeries, fixé généralement dès le début de l'existence de la mine. Le matériel utilisé s'amortit moins vite et se renouvelle beaucoup plus lentement que celui des chantiers. Des modifications éventuelles impliquent souvent des investissements élevés, des travaux de longue durée et de nombreuses difficultés techniques.

C'est pourquoi le problème du transport est chronique dans la mine, soit qu'il s'agisse de tirer le meilleur parti d'un système limité par de nombreuses contraintes, soit qu'il s'agisse de créer un nouveau système et de justifier les investissements nécessaires par la souplesse avec laquelle il satisfera les besoins futurs, souvent difficiles à déterminer.

Malgré le progrès des transports par convoyeurs ou par engins sur pneus, les rames de berlines tractées par locomotives, classiques dans les charbonnages européens, restent la solution la plus économique pour le transport à longue distance (2 à 10 km) de productions importantes (2000 à 15000 t/jour) dans des gisements où les pressions de terrain limitent la section des galeries, et où les irrégularités géologiques dispersent les points de production et imposent de fréquents changements de direction.

Cependant, si le transport par berlines a l'avantage de la souplesse au point de vue stockage temporaire et diversité des matériaux transportés (produits, stériles, matériel neuf ou usagé), il se caractérise également par une grande complexité : disposition des voies et problèmes de croisement, nombre de berlines et de tracteurs, affectation des rames aux différents chantiers, transmission des demandes des chantiers et des ordres aux machinistes, stockage des berlines pleines et vides en attente, organisation des manœuvres aux points de chargement et au puits, etc... Il n'est donc pas simple de mettre au point,

ondersteunings-, bemalings- en ventilatieproblemen opgelost heeft, wanneer hij onverwachts de knel voelt van een ontoereikend of onbetrouwbaar vervoersysteem, en hierdoor de verhoopte uitslagen niet kan bekomen.

Wanneer een mijn zich ontwikkelt, dan neemt normaal de productie met de tijd toe, terwijl de afstanden maar steeds groter worden. De concentratie en de mechanisatie van de winning veroorzaken steeds grotere productiepieken, terwijl de gevolgen van een halte steeds erger aanvoeld worden. Het vervoersysteem dat aan deze steeds hogere eisen moet voldoen is echter afhankelijk van de structuur en de sectie van een galerijen-net, dat meestal bij het begin zelf van de mijn onherroepelijk vastgelegd werd. De transportuitrusting wordt langzamer afgeschreven en hernieuwd dan die van de winningsplaatsen. Gebruikelijke wijzigingen gaan niet zonder hoge investeringen, langdurige werken, en technische moeilijkheden.

Om die reden is het dat het vervoerprobleem zich in de mijn herhaaldelijk stelt; dikwijls moet men uit een bestaande toestand met veelvuldige belemmeringen het maximum halen; soms heeft men de gelegenheid iets nieuws te scheppen : dan moet men de nodige investeringen afwegen tegenover de doelmatigheid van een bepaald voorstel in functie van de steeds moeilijk te bepalen toekomstige behoeften.

De mogelijkheden van transportbanden en van autonome voertuigen worden meer en meer gewaardeerd. Het vervoer met mijnwagens en locomotieven blijft echter de aangewezen oplossing in veel gevallen waar, zoals in de meeste Europese koolmijnen :

- de afstanden zeer groot zijn (2 tot 10 km) ;
- de productie belangrijk is (2000 tot 15000 ton/dag) ;
- de doorsneden van de galerijen omwille van de terreindruk beperkt blijft ;
- de geologische structuur oorzaak is van de spreiding der productiepunten en van veelvuldige richtingsveranderingen.

Indien echter het vervoer met mijnwagens zeer soepel is betreffende het tijdelijk opslaan en de verscheidenheid van de vervoerde goederen (productie, stenen, nieuw of oud materieel), dan heeft het ook het nadeel van een grote complexiteit : sporenschikking en kruisingsproblemen, aantal wagens en sleeptuigen, toewijzing van de treinen aan de verschillende productiepunten, overbrenging van de aanvragen van de laadpunten en doorsturen van de richtlijnen naar de machinisten, opslaan van wachtende lege en volle wagens, organisatie van de manœuvres aan de laadpunten en aan de schachten, enz... Voor een gegeven

dans le cadre d'une infrastructure donnée, l'organisation du roulage qui assurera le plus efficacement la liaison entre chantiers et puits, avec le compromis optimum entre l'importance des moyens mis en œuvre et la fréquence des arrêts de production dus au « manque à vides ».

Le bon sens et la routine permettent généralement d'adopter une solution « acceptable », corrigée empiriquement au cours de l'évolution de la mine. Mais rien ne permet d'affirmer que cette solution est optimum, et que des améliorations importantes du service, ou des économies notables de matériel ne pourraient être réalisées.

Si, d'autre part, le système de transport s'avère insuffisant, il est souvent difficile de déceler avec certitude la cause de l'insuffisance (nombre de berlines ou de locomotives, infrastructure, capacité de garage etc...) et, si le « bon sens » est capable de trouver rapidement une solution dans les cas simples, il est souvent incapable de départager objectivement les conflits résultant d'une situation plus complexe.

Une étude systématique s'impose donc de temps à autre, et là où cette étude a pu être faite, elle a amené des conclusions précieuses et souvent inattendues. Malheureusement, pareille étude nécessite du temps et une équipe nombreuse et compétente.

En effet :

- Les données à recueillir sont variées et multiples : répartition dans le temps et l'espace des productions des tailles, capacité des puits, structure du réseau de roulage, capacité des garages, temps de parcours, etc...
- Ces données ont, pour la plupart un caractère aléatoire, et, de plus, sont variables dans le temps. Elles ne peuvent être déterminées que sur base statistique, ce qui implique des relevés de longue durée. Mais si ces relevés durent trop longtemps, les résultats risquent d'être dépassés par l'évolution de la situation avant même que la solution soit élaborée.
- Par leur caractère discontinu, les problèmes de roulage ne se prêtent pas à un calcul analytique, à moins de procéder à des simplifications telles que les solutions obtenues perdent toute signification.

Par ailleurs, des essais réels perturberaient l'exploitation et exigeraient, pour neutraliser les fluctuations statistiques, des durées prohibitives. Ils ne se prêtent pas à l'essai de variantes supposant des acquisitions de matériel ou des modifications d'infrastructure, et ne permettent évidemment pas d'étudier des situations futures, comme l'infrastructure d'un nouvel étage par exemple.

infrastructure is het dus niet zo eenvoudig de verkeersorganisatie op punt te stellen die op de meest doelmatige wijze de verbinding tussen werkplaatsen en schachten tot stand zal brengen, en een optimaal vergelijk zal scheppen tussen de kosten van de daartoe nodige middelen enerzijds, en de productieverliezen tengevolge van het « tekort aan legen » anderzijds.

Het gezond verstand en de ervaring brengen gewoonlijk tot een « aanneembare » oplossing, die tijdens de ontwikkeling van de mijn empirisch aangepast wordt. Niets bewijst echter dat zulke oplossing het optimum benadert, en dat belangrijke verbeteringen van het bedrijf, of gevoelige besparingen aan uitrusting niet mogelijk blijven.

Indien anderzijds het vervoersysteem ondoelmatig blijkt, dan is het dikwijls moeilijk de oorzaak van de ontoereikendheid (aantal wagens of locomotieven, infrastructure, stockermogelijkheden...) met zekerheid vast te stellen. Eenvoudige gevallen kunnen door het gezond verstand opgelost worden; over ingewikkelde toestanden is het echter dikwijls onmogelijk een objectief oordeel te vellen.

Af en toe wordt het dus onontbeerlijk een systematische studie te ondernemen, en dit brengt dikwijls kostbare, en onverwachte besluiten mee. Ongelukkigig vraagt zulke studie in het algemeen veel tijd en een talrijke ploeg bevoegde waarnemers. Inderdaad :

- veelvuldige en uiteenlopende gegevens moeten verzameld worden : spreiding in de tijd en in de ruimte van de productie der werkplaatsen, ophaalcapaciteit der schachten, structuur van het spoornet, capaciteit van de rangeersporen, reistijden, enz.;
- deze gegevens zijn toevalsveranderlijken, en tijdsveranderlijken. Zij kunnen slechts op statistische basis bepaald worden, hetgeen veel tijd vergt. Maar indien de opname te lang duurt loopt men het gevaar dat de gegevens voorbijgestreefd kunnen zijn door de ontwikkeling van de toestand voordat de oplossing uitgewerkt is;
- treinverkeersproblemen zijn uiteraard discontinu, en dus niet vatbaar voor analytische berekeningen, tenzij zij zodanig geschematiseerd worden dat de oplossing zinloos wordt. Anderzijds blijven experimenten op het werkelijk systeem omwille van de storing van het bedrijf, de duur en de statistische spreiding gewoonlijk ondenkbaar. Zij zijn uiteraard uitgesloten voor de studie van een ontwerp (nieuwe verdieping bij voorbeeld).

Il paraît donc bien naturel de traiter ce problème par simulation. Ceci consiste, en partant de données réelles, à supputer chronologiquement le déroulement de tout un poste (ou de plusieurs postes) en faisant intervenir à chaque instant, suivant un schéma soit déterministe, soit probabiliste, les événements : production d'une taille, chargement d'une rame, déplacement d'une locomotive, croisement de deux trains, attente devant une voie occupée... etc, susceptibles de jouer un rôle dans le transport, et qui, pour la plupart, résultent des événements précédents.

Suivant les moyens et le temps dont on dispose, et la précision des données recueillies, la représentation des détails de la réalité sera plus ou moins poussée dans la simulation. Si l'on veut tenir compte du caractère aléatoire des données, il faudra effectuer un nombre suffisant d'essais pour se faire une idée correcte de la valeur moyenne et la dispersion des résultats.

Il existe de beaux exemples de simulations exécutées par voie manuelle (réf. 1-2-11). Mais il est clair que ces simulations demandent énormément de travail, et qu'il n'est pas possible de les multiplier pour obtenir des résultats statistiques. C'est pourquoi l'idée de la simulation sur ordinateur s'imposait. Elle a été mise en œuvre de divers côtés (réf. 3-4-5-8). Nous présentons ci-après une variante qui a été imaginée en fonction des conditions de transport de grands charbonnages et que l'on s'est efforcé de rendre aussi souple que possible.

11. Mécanisme de la simulation

Nous nous sommes efforcés de décrire ci-après le processus logique utilisé dans la simulation, indépendamment de l'utilisation de l'ordinateur. La transposition en termes de programmation a été reportée au chapitre 3.

110. Time slicing

Deux techniques peuvent être utilisées pour assurer le déroulement chronologique de la simulation.

- a) Le découpage en tranches de temps constantes (p. ex. une minute), ou « time slicing » : à chaque minute d'horloge on détermine la situation résultant de l'évolution de chaque élément du système depuis la tranche de temps précédente : déplacement de chaque locomotive, évolution du nombre de berlines chargées à chaque point de chargement, extraction du puits. Après chaque tranche de temps on établit

Het ligt dus voor de hand dat zulke problemen van de simulatietechniek ressorteren. Dit bestaat erin, uitgaande van werkelijkheidsgetrouwe vertrektoestanden, de afwikkeling van een (of verschillende) posten chronologisch vooraf te bepalen, met inachtneming, op ieder ogenblik, van al de gebeurtenissen zoals pijlerproductie, laden van een trein, verplaatsing van een locomotief, kruising van twee treinen, wachten voor een bezet spoor... die het vervoer kunnen beïnvloeden, en die meestal van de vorige gebeurtenissen kunnen afgeleid worden. Deze afleiding kan volgens een welbepaald schema voorzien worden, ofwel aan de toevalswetten onderworpen worden.

Naargelang de tijd en de middelen waarover men beschikt, en de nauwkeurigheid van de beschikbare gegevens, zal men de werkelijkheid met min of meer getrouwheid gaan nabootsen. Indien men rekening wenst te houden met de toevalsafhankelijkheid van de gegevens zal men een voldoende aantal simulaties moeten uitvoeren om een overvalst beeld van de gemiddelde waarde en van de spreiding van de uitslagen te bekomen.

Schone voorbeelden van met de hand uitgevoerde simulaties werden beschreven (ref. 1 - 2 - 11). Het ligt echter voor de hand dat dit zeer veel arbeid vraagt, en dat het niet mogelijk is dit proces te herhalen om statistisch geldige gemiddelden te bekomen. Voor deze reden dringt het gebruik van de computer zich op. Dit werd langs verschillende zijden ondernomen (ref. 3 - 4 - 5 - 8). Wij stellen hier een variante van deze methode voor, die met het oog op de vervoeromstandigheden in grote koolmijnen ontworpen werd, en waarin zoveel mogelijk naar soepelheid gestreefd werd.

11. Simulatieproces

De beschrijving van het logisch simulatieproces volgt hierna, volledig los van de behandeling op de computer. Alle programmatiebegrippen werden naar hoofdstuk 3 verwezen.

110. Time slicing

Om de tijdsafwikkeling van een vervoersysteem te bewerken kunnen twee technieken in aanmerking komen :

- a) de indeling in gelijke tijdseenheden of schijven (b.v. één minuut), m.a.w. « time-slicing » : na iedere minuut wordt de toestand bepaald uitgaande van de toestand die een minuut vroeger heerste, in functie van de gekende verandering van ieder element : verplaatsing van een locomotief, toename van het aantal geladen wagens onder een laadpunt, extractie aan de schacht. Na iedere tijdschijf wordt dus een

donc une situation complète du réseau, servant éventuellement de base à une décision : envoi d'une rame vide à un chantier, départ d'une rame pleine, passage d'un aiguillage ou attente devant une voie occupée, etc...

- b) Event sequencing, ou succession d'événements : lors de chaque événement (p. ex. entrée d'une loco sur une voie) on calcule et on mémorise le moment de l'événement qui en résulte logiquement (arrivée à l'extrémité de cette voie). Après chaque événement on considère le « Prochain événement », c'est-à-dire parmi tous ceux qui ont été mémorisés, celui dont le moment est le plus rapproché.

La première méthode entraîne des opérations inutiles (p. ex. si une locomotive met 10 minutes à parcourir une voie, elle sera prise en charge 10 fois) mais est beaucoup plus simple et générale au point de vue programmation. C'est celle qui a été adoptée ici.

A partir d'une situation initiale arbitraire (répartition sur le réseau des locomotives et des berlines — pleines ou vides — au début du poste), on déterminera donc l'évolution minute par minute jusqu'en fin de poste, la situation finale servant éventuellement de point de départ pour la simulation du poste suivant.

111. Circulation des locomotives sur les sections de voie

Le réseau de voies est divisé en sections numérotées comprises entre deux aiguillages ou points de croisement. Les deux sens de marche portent deux numéros différents, que la voie soit simple ou double (fig. 1).

Le temps moyen de parcours de chaque section est connu par chronométrage, ou peut être calculé en fonction de la longueur de la section au moyen d'une formule, tenant compte de la charge remorquée (pleins ou vides), du temps de manœuvre, etc... Ce temps est affecté d'une dispersion, et le temps réel est calculé chaque fois par tirage au sort (table de nombres tirés au hasard).

Les locomotives circulent toujours accompagnées d'une rame de berlines (vides ou pleines). Pour chaque loco on tient à jour une « feuille de route » indiquant :

- la destination de la locomotive;
- la section sur laquelle elle se trouve et dont elle interdit l'accès à toute autre loco circulant en sens contraire (le sens dans lequel la loco circule résulte de sa destination et du numérotage des sections);

volledige situatie van het net opgesteld; deze kan de elementen leveren voor een gebeurlijke beslissing : sturen van een trein lege wagens naar een laadpunt, vertrek van een trein met volle wagens, overgang van een trein over een wissel, wachten voor een bezet spoor, enz.;

- b) opeenvolging van gebeurtenissen of « event-sequencing » : na iedere gebeurtenis (b.v. binnenrijden van een locomotief op een spoorsectie) wordt het ogenblik berekend en opgetekend waar de gebeurtenis die logisch hierop volgt zich zal voordoen (b.v. aankomst van de locomotief op het einde van de sectie). Na iedere gebeurtenis zoekt men de eerstvolgende gebeurtenis op, t.t.z. tussen al degene die opgetekend werden deze die het vroegst moet tussenkomen.

De eerste methode veroorzaakt nutteloze bewerkingen (b.v. indien een locomotief 10 min. lang in een sectie rijdt zal zij 10 maal in behandeling genomen worden) maar zij is veel eenvoudiger en algemener dan de andere. Zij werd hier toegepast.

Vanuit een willekeurige, doch realistische begintoestand (verdeling over het spoornet van locomotieven, volle en lege wagens in het begin van de post), zullen wij dus minuut per minuut, tot aan het einde van de post, de afwikkeling van de toestand bepalen. De eindtoestand kan gebeurlijk als begintoestand voor de volgende post gebruikt worden.

111. Locomotievenverkeer op de spoorsecties

Het spoornet is in genummerde secties ingedeeld, die telkens tussen twee wissels of kruispunten bevat zijn. De twee rijrichtingen worden met twee verschillende nummers gemerkt, zowel bij enkel als bij dubbelspoor (fig. 1).

De gemiddelde duur van de verplaatsing langs een sectie is door tijdopnamen bepaald, of kan in functie van de afstand met een formule berekend worden die met de lading (vullen of legen), de maneuvretijden (versnellen, remmen), enz... rekening houdt. Bij die tijd hoort een bepaalde spreiding, zodat de werkelijke tijd telkens volgens een toevalswet berekend wordt (b.v. met een tafel van toevalsgetallen).

De locomotieven rijden steeds met een trein (leggen of vullen). Voor iedere locomotief wordt een « reisblad » bijgehouden met :

- de bestemming van de locomotief;
- de sectie waar ze zich bevindt, en waarvan de toegang tot iedere andere locomotief die in de tegenovergestelde richting zou rijden ontzegt moet worden (de rijrichting wordt bepaald door de nummering van de secties en de bestemming);

- l'aiguillage par lequel elle a pénétré dans cette section et dont elle interdit l'accès pendant 3 minutes à toute autre locomotive (temps de passage de la rame sur l'aiguillage);
- éventuellement une seconde section et un second aiguillage ou croisement dont elle interdirait l'accès à cause de configurations particulières du réseau (fig. 1);
- la durée du parcours de la section;
- le temps depuis lequel la loco est dans la section.

- de wissel waarlangs de locomotief bedoelde sectie opgereden is, en die gedurende 3 minuten ontzegd wordt aan iedere andere locomotief (t.i.z. totdat de hele trein voorbijgereden is).
- gebeurlijk een tweede sectie of wissel, die omwille van de plaatselijke schikking van de sporen gesperd moeten blijven (fig. 1);
- de duur van de verplaatsing langs bedoelde sectie;
- de tijd sedert dewelke de loco de sectie binnengereden is (verblijfstijd);

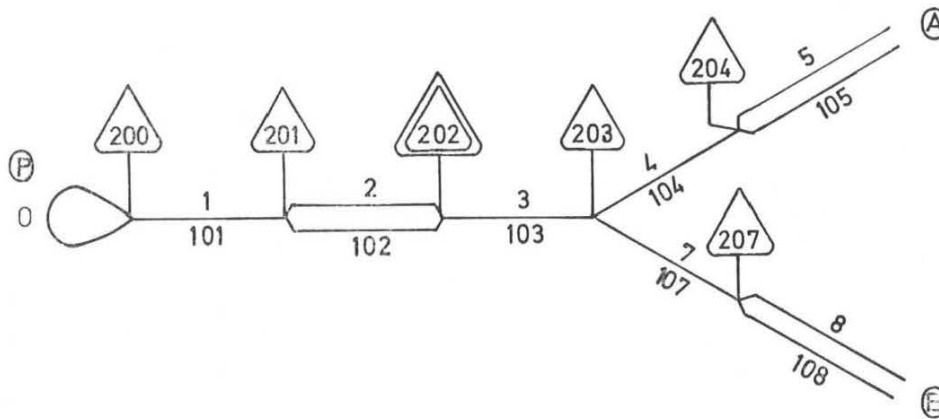


Fig. 1.

La loco avec destination... De loco met bestemming...	quittant la section... op het einde van sectie...	contrôle la disponibilité de... vraagt vrije toegang naar...	puis occupe les sections : en bezet de secties :	et les aiguillages (3 min) : en de wissels (3 min) :
A — B	0	200 - 101	1	200
A — B	1	201	2	201
A (a)	2	202 - 103 - 104	3 — 4 (b)	202
A	3	(203 - 104) (c)	4	203
A	4	204	5	204
...
B (a)	2	202 - 103 - 107	3 — 7 (b)	202
B	3	(203 - 107) (c)	7	203
B	7	207	8	207
...
P	105	204 - 4	104	204
P	104	203 - 3	103	203
P	103	202	102	202
...

- (a) : Choix de destination en 202 — Bestemmingskeuze in 202.
- (b) : Occupation de 2 sections successives à simple voie — Bezetting van twee opeenvolgende enkelspoor secties.
- (c) : Contrôle toujours positif à cause de (b) — Controle omwille van (b) steeds positief.

A chaque tranche de temps, ce temps de séjour est remis à jour, indiquant ainsi d'une façon automatique la progression du train dans la section. Lorsque le temps de séjour est égal à la durée du parcours, la loco est arrivée au bout de la section. Elle fera appel au « dispatch » qui lui donnera les instructions pour attendre ou continuer sa route et substituera une nouvelle feuille de route à l'ancienne. Après les manœuvres aux chantiers ou au puits, les locos occupent des sections d'attente dont elles sortent, non pas en fon-

Bij iedere tijdschijf wordt de verblijfstijd bijgewerkt, zodat de vordering van de trein in de sectie automatisch geregistreerd wordt. Wanneer de verblijfstijd gelijk wordt aan de verplaatsingsduur, dan is de locomotief op het einde van de sectie geraakt. Zij zal beroep doen op de « dispatch » die de nodige richtlijnen zal geven om te wachten of om verder te rijden, en aan de locomachinist desgevallend een nieuw reisblad zal overhandigen. Na het uitvoeren van manœuvres aan de laadpunten of aan de schachten blijven

tion du temps de séjour, mais suite à des décisions du dispatch (basées sur le nombre de berlines chargées).

112. Production des chantiers

Pendant chaque tranche de temps, chaque chantier produit un certain nombre de berlines. Ce nombre est à soustraire du nombre de berlines vides en attente, et s'ajoute au nombre de berlines pleines stockées après le point de chargement. S'il n'y a pas de berlines vides disponibles ou s'il n'y a plus de place pour stocker les berlines pleines, la taille s'arrête jusqu'à l'arrivée d'une loco, et la perte de production est comptabilisée.

Il ne serait pas réaliste de tabler pour chaque tranche de temps sur une production constante (calculée à partir de la moyenne) pour chaque point de chargement. On admet donc une dispersion, et pour chaque période, la production résultera d'un tirage au sort. Cependant, pour pouvoir simuler les déplacements des locos sur des sections de faible longueur, les tranches de temps doivent être courtes, p. ex. 1 minute. Mais, si on effectue un tirage toutes les minutes au moyen d'une loi donnant une même probabilité à toutes les valeurs comprises entre 0 et le double de la production moyenne par minute P (diagramme de fréquence rectangulaire entre 0 et $2P$), la dispersion sur l'ensemble du poste, soit sur la somme de 360 tirages environ, n'atteindrait que 3 % approximativement de la production normale de la taille, à cause de l'effet régulateur de la loi des grands nombres. Pour neutraliser cet effet, nous procédons pour chaque taille, toutes les 10 minutes p. ex., soit environ 36 fois par poste, à un tirage dont le résultat est retenu pour les 10 minutes suivantes. En faisant varier entre 0 et $2P$ les limites de ce tirage, nous pouvons faire varier la dispersion sur le poste entre 0 et 10 % de la production. Ce procédé tient compte des irrégularités normales de la production et s'accorde bien avec la corrélation observée entre les temps de remplissage des berlines à l'intérieur d'intervalles de temps inférieurs à 15 minutes (réf. 10). Il ne tient évidemment pas compte des grands arrêts (pannes graves) perturbant accidentellement la production - et le transport. Nous reviendrons sur ce point (12).

Au puits (ou au culbutage dans le cas d'une extraction par skip) le processus est analogue mais inversé : à chaque tranche de temps, un certain nombre de berlines pleines seront remplacées par un même nombre de vides, sauf en cas de manque de pleins ou d'encombrement du côté des vides. Le nombre de berlines engagées ou culbutées par minute varie aléatoirement (mais dans une mesure beaucoup plus faible que la produc-

de locomotives op wachtsecties staan, waaruit zij niet in functie van de tijd, maar volgens beslissingen van de dispatch (gesteund op het aantal volle of lege wagens) buitenkomen.

112. Productie van de werkplaatsen

Gedurende iedere tijdseenheid produceert iedere winningspunt een aantal wagens. Dit getal wordt afgetrokken van de in het laadpunt wachtende lege wagens, en opgeteld bij de vollen. Indien er geen lege wagens beschikbaar staan, of indien er geen plaats meer is om volle wagens op te slaan, dan wordt de pijler stilgezet totdat een locomotief aankomt, en het productieverlies wordt opgetekend.

Het zou weinig realistisch zijn voor iedere tijdseenheid over een constante productie (gesteund op het gegeven gemiddelde) voor ieder laadpunt te rekenen. Wij voeren dus een dispersie in, en voor iedere tijdsschijf zal de productie van een toevalswet afhankelijk gemaakt worden. De tijdschijven worden echter liefst kort gehouden (b.v. 1 min.), om de verplaatsingen van locos langs korte secties te kunnen simuleren. Wij zullen dus per post veel trekkingen hebben (b.v. 360). Zelfs indien wij iedere minuut de productie volgens een toevalswet met gelijke waarschijnlijkheid voor alle waarden tussen 0 en het dubbel van de gemiddelde productie (rechthoekig frequentiediagram tussen 0 en $2P$) laten schommelen, zal de dispersie over de ganse post, omwille van de wet van de grote getallen, slechts 3 % van de normale pijlerproductie bereiken.

Om hieraan te verhelpen bepalen wij voor iedere pijler slechts om de 10 minuten, dus 36 maal per post, een toevalswaarde voor de productie, die gedurende de volgende 10 minuten geldig blijft. Door de grenzen van de verdelingswet tussen 0 en $2P$ te verleggen kunnen wij de dispersie over de ganse post tussen 0 en 10 % instellen. Dit proces houdt rekening met de normale schommelingen van de productie, en is in overeenkomst met de correlatie die tussen de vultijden van mijnwagens binnen een tijdsinterval van 15 minuut waargenomen wordt (ref. 10). Dit houdt natuurlijk nog geen rekening met de grote halten (ernstige storingen) die de productie en het vervoer af en toe ontredderen. Hierover komen wij later terug (12).

Aan de schacht (inkooien of kippen van de wagens) heeft men een gelijkaardig, doch omgekeerd proces : tijdens iedere tijdseenheid worden een aantal volle wagens door legen vervangen, behalve in het geval dat er geen vollen aanwezig zijn of dat er overbezetting is aan de kant van de legen. Het aantal wagens die per minuut behandeld worden is aan het toeval onderworpen, en schommelt, in veel kleinere maat dan aan de

tion des chantiers) autour de la capacité moyenne de l'installation.

Comme aux chantiers, les stocks de pleins et de vides subiront des variations brusques au moment de l'arrivée ou du départ des locos. Un temps de manœuvre (défini indépendamment pour chaque chantier ou puits) sépare ces deux instants.

Il peut être intéressant, pour déterminer les nombres de berlines ou les capacités de garage nécessaires, de noter les nombres maximum et minimum de pleins ou de vides présents à un moment donné au puits.

113. Décisions du dispatcher

Si les processus décrits aux paragraphes précédents sont simples, automatiques, et d'application très générale, les procédures à suivre lors du passage d'une loco d'une section à une autre, ou pour quitter un point de chargement, sont beaucoup plus complexes, et varieront en fonction de la nature du réseau, de la politique que l'on s'impose, de contraintes diverses. Ces procédures ont été groupées sous le nom de « dispatcher », regroupant tous les processus de décision normalement répartis entre un dispatching éventuel, les machinistes de locomotives et les préposés aux points de chargements, aidés par une signalisation ou un système de télécommunication plus ou moins élaborés.

1131. Arrivée d'une locomotive en fin de section

Arrivée en fin de section (temps de séjour égal au temps de parcours) la locomotive interroge le dispatcher. Celui-ci dispose d'un memento rédigé une fois pour toutes sous forme d'une table. En fonction de la localisation et de la destination de la locomotive, cette table indique quelle est la section suivante à parcourir et quelles conditions doivent être satisfaites pour que la loco puisse s'engager dans cette section suivante. Normalement il faut s'assurer :

- que l'aiguillage d'entrée de cette section est libre;
- qu'une voie unique n'est pas parcourue en sens contraire par une autre loco (c.à.d. que la section correspondant au sens opposé est libre). Par contre, si la section était parcourue dans le même sens par une autre rame, rien n'empêcherait la loco de s'y engager après un intervalle de 3 min. correspondant à la libération de l'aiguillage.

Selon la configuration du réseau, il faudra éventuellement vérifier en outre :

- qu'un second aiguillage ou croisement coupant la section est libre.

laadpunten, rond de gemiddelde capaciteit van de ophaalinstallatie.

Zoals aan de laadpunten ondergaan de hoeveelheden volle en lege wagens plotse veranderingen bij de aankomst of het vertrek van de locomotieven. Tussen beide ogenblikken wordt een manoevertijd voorzien (afzonderlijk voor iedere laadpunt of schacht te bepalen).

Om het nodig aantal wagens, of de nodige lengte van een rangeerspoor te bepalen, is het interessant het maximum aantal wagens op te tekenen dat zich op eender welk ogenblik op een bepaalde plaats bevindt (b.v. schacht, kant van de legen).

113. Beslissingen van de dispatcher

De hierboven beschreven processen zijn vrij eenvoudig, automatisch, en algemeen toepasselijk. De procedures om een locomotief van een sectie naar de volgende toe te laten, of om een laadpunt te verlaten, zijn meer ingewikkeld, en zullen in functie van de structuur van het net, van de opgelegde politiek of van beperkende elementen allerhande uiteenlopen. Deze procedures werden hier onder de naam « dispatcher » bijeengebracht en omvatten al de beslissingsprocessen die in de werkelijkheid onder een gebeurlijk dispatchingcentrum, de locomotiefmachinisten en de aangestelden aan de laadpunten verdeeld worden met de hulp van een min of meer ontwikkeld signalisatie- of telecommunicatiesysteem.

1131. Locomotief op het einde van een sectie

Op het einde toegekomen van een sectie (verblijfsduur = reisduur) vraagt de locomotief de dispatcher om richtlijnen. Deze beschikt over een « memento » dat bij de studie van het net onder de vorm van een tabel (TAB) opgesteld werd. In functie van de sectie waar de locomotief zich bevindt en van de bestemming, geeft de tabel aan : welke de volgende sectie is die doorlopen moet worden, en aan welke voorwaarden voldaan moet worden om de locomotief op deze sectie toe te laten. Normaal zal nagegaan worden :

- of de wissel aan de ingang van de sectie vrij is;
- of een enkelspoor niet in tegenovergestelde zin door een andere locomotief doorlopen wordt (t.t.z. of de sectie die met de tegenovergestelde rijrichting overeenkomt niet bezet is). Daartegenover mag een loco zonder bezwaar een sectie oprijden die door een andere trein in dezelfde richting doorlopen wordt, voorzover 3 min. tussenin verlopen zijn om de ingangswissel vrij te maken.

Volgens de plaatselijke schikking van de sporen zal men gebeurlijk bovendien moeten nagaan :

- dat een ander wissel of kruispunt, dat de sectie doorsnijdt, vrij is;

— qu'une seconde section, à simple voie, faisant suite à la première (p. ex. les sections 4 ou 7 de la fig. 1 faisant suite à la section 3), n'est pas parcourue en sens contraire par une autre loco.

Pour effectuer ce contrôle, le dispatcher compare les interdictions indiquées dans sa table avec les sections et aiguillages occupés, renseignés sur les « feuilles de route » des différentes locomotives. Si une coïncidence apparaît, la loco attend sur place jusqu'au cycle suivant. Si la voie est libre, le dispatch remplace la feuille de route de la loco par une nouvelle, comportant les indications relatives à la nouvelle section (n^o de section, aiguillage d'entrée, sections et aiguillages verrouillés avec la précédente). Le temps de parcours est fixé par tirage au sort, à partir du temps moyen (ou de la distance) et de la dispersion, et le temps de séjour est remis à zéro.

En réel, ce processus se déroulerait sur place et correspondrait au raisonnement des machinistes utilisant une signalisation (priorité au premier occupant de chaque section). Il pourrait également se concevoir chez un dispatcher disposant d'un schéma où apparaissent à chaque instant les sections occupées par les diverses rames, et pouvant transmettre par trolleyphone ses instructions aux machinistes.

1132. *Manœuvres aux chantiers ou au puits*

Une loco arrivant à un chantier y dépose le nombre de berlines vides indiqué sur sa feuille de route. Ce nombre est ajouté au compteur de vides du chantier. Le dispatch interroge alors le compteur de pleins du chantier. Si le nombre de pleins est trop faible pour former une rame, la loco attend. Si ce nombre est suffisant, le contenu de la rame est soustrait du compteur de pleins, la loco prend la rame en charge, reçoit une nouvelle feuille de route et repart, pour autant que la section à parcourir soit libre.

Nous avons ici le choix entre deux variantes : le nombre de berlines pleines dans une rame peut être fixé une fois pour toutes (et égal, forcément à celui des vides), ou bien il peut varier dans une certaine mesure autour d'une moyenne (égale au nombre des vides). La première solution est moins souple, mais la seconde peut entraîner des perturbations dans la répartition des berlines.

Au puits, le processus est identique, à cela près que les pleins remplacent les vides et vice-versa.

— dat een tweede enkelspoorsectie, aansluitend op het eerste (b.v. fig. 1), niet door een andere locomotief met tegengestelde rijrichting bezet is (b.v. sectie 4 en 7, aansluitend op sectie 3).

Om deze controle uit te voeren vergelijkt de dispatcher de onverenigbaarheden die op zijn tabel vermeld staan met de secties en wissels die op de reisbladen van de verschillende locomotieven als bezet vermeld staan. Indien een zelfde sectie of spoor op beide lijsten voorkomt moet de locomotief ter plaatse tot aan de volgende cyclus (tijdseenheid) blijven wachten. Indien het spoor vrij is, vervangt de dispatcher het reisblad van de locomotief door een nieuw, met de aanduidingen betreffende de nieuwe sectie (sectie n^o,ingangswissel, secties en wissels die met bedoelde sectie « vergrendeld » zijn). De reisduur wordt volgens een toevalswet vastgelegd, steunend op gemiddelde duur en dispersie, en de verblijfstijd wordt met nul gelijkgesteld.

In de werkelijkheid zou deze procedure zich ter plaatse afwickelen : zij stelt de redenering voor van de locomachinisten die van een signalisatie gebruik maken, met voorrang voor de eerste locomotief die een sectie oprijdt. Men kan ze ook opvatten als het werk van een dispatcher beschikend over een lichtbord waar de stand van de locomotieven op ieder ogenblik zou verschijnen, met de mogelijkheid om zijn richtlijnen per trolleyfoon aan de machinisten door te geven.

1132. *Maneuvers aan de laadpunten en aan de schachten*

Wanneer een locomotief aan een laadpunt toekomt, dan laat zij daar de legen staan waarvan het aantal op het reisblad vermeld staat. Dit getal wordt aan de legen van het laadpunt bijgeteld. De dispatcher onderzoekt dan het aantal vollen van het laadpunt. Is dit aantal te klein om een trein te vormen, dan blijft de locomotief wachten. Indien het aantal voldoende is, dan wordt het bedoeld aantal aan de locomotief aangekoppeld en van de vollen van het laadpunt afgetrokken. De loco krijgt een nieuw reisblad, en vertrekt, voorzover de volgende sectie vrij is.

Hier hebben wij de keuze tussen twee varianten : het aantal volle wagens in een trein kan voor alle gevallen onveranderlijk vastgelegd worden (en dan is het vanzelfsprekend gelijk met dat van de legen), ofwel kan het in een zeker gebied rond een gemiddelde schommelen (dan is dit gemiddelde gelijk aan het aantal legen in een trein). De eerste oplossing is minder soepel, maar de tweede kan aanleiding geven tot onregelmatigheden in de verdeling van de wagens tussen de laadpunten.

Aan de schacht wordt een identische procedure gevolgd, met dien verstande dat de vollen de plaats innemen van de legen, en omgekeerd.

1133. *Choix des destinations*

Un réseau de roulage souterrain présente généralement une structure rayonnant à partir du puits. Le trajet des pleins sera normalement déterminé depuis le chantier jusqu'au puits, mais, en ce qui concerne les vides, la destination devra être choisie, soit au départ du puits, soit lors du passage à certains aiguillages, appelés aiguillages de choix. Chaque point où un choix est possible et chaque chantier constituent des « destinations » par rapport aux points de choix situés en deçà. En chaque point de choix, la destination devra être choisie parmi les différents chantiers accessibles à partir de ce point.

Ce choix se fera en fonction de certains critères dont l'ensemble constitue la politique de dispatching. On peut desservir les différents chantiers selon un horaire ou dans un ordre donné, ou en fonction d'appels de ces chantiers basés sur diverses règles. Nous avons utilisé ici les critères de la « perte de production minimum » et de la « probabilité minimum d'arrêt », mais on peut leur en substituer n'importe quel autre, un des buts de la simulation étant justement de « tester » la validité de différentes « politiques ». Aucun critère n'est parfait, mais celui que l'on retient doit rester suffisamment simple pour être manié dans le fond par un dispatcher ou un chef de transport.

Soit un point de chargement Q ayant une production de CP berlines par minute. Si VC berlines vides sont en attente à ce point, et que CV berlines sont en route vers le point Q (vides potentielles), le nombre de berlines vides après un temps T sera :

$$VC + CV - CP * T$$

La taille tombera sans vides après un temps

$$T = \frac{VC + CV}{CP}$$

Si elle ne reçoit des vides qu'après un temps TX supérieur à T, la perte de production sera :

$$CP * (TX - T) = CP * TX - VC - CV$$

Si, au moment où une rame arrive à un « point de choix » X, nous ne l'envoyons pas au chantier Q, celui-ci ne sera réapprovisionné en vides qu'après un temps TX comprenant le temps de parcours entre X et Q et le temps (estimé) après lequel la rame suivante arrivera au point X. Nous pouvons faire ce calcul pour chacun des chantiers

1133. *Toewijzing van de bestemmingen*

Een ondergronds verkeersnet vertoont in het algemeen een vanuit de schachten stralende schikking. De reisweg van de vollen van de laadpunten naar de schachten zal normaal ondubbelzinnig vastgelegd zijn; wat de legen echter betreft zal de bestemming gekozen moeten worden, ofwel bij het vertrek aan de schacht, ofwel aan bepaalde wissels, die wij hier « keuzepunten » noemen. Ieder punt waar een keuze mogelijk wordt en ieder laadpunt zijn « bestemmingen » ten opzichte van de keuzepunten die meer naar de schacht gelegen zijn. In ieder keuzepunt zal de bestemming gekozen moeten worden onder de verschillende laadpunten die vanuit dit punt bereikt kunnen worden.

Deze keuze geschiedt in functie van bepaalde criteria, die samen de « dispatchingspolitiek » vormen. Men kan b.v. de verschillende laadpunten volgens een bepaalde volgorde, of volgens een bepaald uurrooster bedienen, of nog volgens de aanvragen van de laadpunten zelf, steunend op diverse regels. Wij hebben hier de criteria aangenomen van het « minimaal productieverlies » en van de « minimale haltewaarschijnlijkheid », maar men zou evengoed ieder ander criterium kunnen kiezen : een van de opdrachten van de simulatie bestaat er inderdaad juist in de geldigheid van verschillende « politieken » te vergelijken. Geen enkel criterium is volmaakt, maar hetgeen men weerhoudt moet eenvoudig genoeg blijven om in de ondergrond door een vervoeropzichter of een dispatcher gehanteerd te kunnen worden.

Veronderstellen wij een laadpunt « Q » met een productie van CP wagens per minuut. Indien VC lege wagens in dit punt te wachten staan, en CV wagens naar het punt Q onder weg zijn (potentiële legen), dan zal na een tijd T het aantal legen aan het laadpunt bedragen :

$$VC + CV - (CP * T)$$

De pijler zal zonder legen staan na een tijd

$$T = \frac{VC + CV}{CP}$$

Indien hij pas legen na een tijd TX, groter dan T bekomt, zal het productieverlies geschat kunnen worden op :

$$CP * (TX - T) = CP * TX - VC - CV$$

Indien, op het ogenblik dat een trein op het keuzepunt X toekomt, deze trein niet naar laadpunt Q gestuurd wordt, dan zal dit punt pas legen krijgen na een tijd TX die de reistijd tussen X en Q omvat, vermeerderd met de (geschatte) tijd na dewelke de volgende trein in X toekomt. Eenzelfde berekening kunnen wij maken voor al

qui sont accessibles à partir du point X, et envoyer la rame vers celui pour lequel la marge de sécurité ($T - TX$) est la plus faible (politique de la probabilité minimum d'arrêt), ou bien vers celui pour lequel la perte de production éventuelle ($CP * TX - VC - CV$) serait la plus grande (politique de la perte de production minimum).

Le procédé du « nombre d'appel » $A = VC + CV$ revient à n'envoyer une rame vers un chantier que lorsque la marge $T - TX$ tombe sous un seuil défini.

On pourrait aussi bien tenir compte des éventualités de perte de production dues au blocage de la station de chargement par un excès de pleins. Soient FC le nombre de pleins au chantier, CF la capacité de la station des pleins. Celle-ci sera remplie après un temps T si

$$CF = FC + CP * T,$$

$$\text{donc } T = \frac{CF - FC}{CP}$$

La station ne sera dégagée qu'après un temps TX' , égal au temps TX ci-dessus augmenté du temps de manœuvre (délai entre introduction des vides et départ de la loco avec les pleins).

L'attente sera donc : $TX' - T$, et la perte de production :

$$(TX' - T) * CP = TX' * CP - CF - FC$$

114. Enregistrement des résultats

Pour juger de l'efficacité d'un système de transport, ou en déceler les faiblesses, il est intéressant de totaliser :

- les nombres totaux et par chantier de berlines produites et transportées;
- les temps d'attente et les pertes de production des tailles dues au transport (attentes multipliées par productions moyennes) :
 - par manque à vides;
 - par excès de pleins;
- les arrêts du puits et les pertes d'extraction par manque de pleins ou excès de vides;
- les attentes de locomotives :
 - par manque de vides au puits ou de pleins aux chantiers;
 - par occupation des sections ou aiguillages (ventilées par section);
- la saturation des locomotives;
- les nombres maximum et minimum de berlines aux différents points de garage.

Ces résultats seront disponibles poste par poste, ou sous forme de moyenne pour un certain nom-

de laadpunten die vanuit X te bereiken zijn, en wij zullen de trein naar dat punt sturen waarvoor de veiligheidsmarge ($T - TX$) de kleinste is (minimale haltewaarschijnlijkheid), ofwel naar datgeen waarvoor het gebeurlijk productieverlies ($CP * TX - VC - CV$) het grootst is (minimaal productieverlies).

Het systeem met « oproepgetallen » $A = VC + CV$ komt hierop neer dat men een trein naar een laadpunt stuurt wanneer het verschil $T - TX$ onder een bepaalde drempelwaarde valt.

Men zou evengoed de gebeurlijke productieverliezen in rekening kunnen nemen die van een volzet vollenstation voortkomen. Noemen wij FC het aantal volle wagens aan een laadpunt, en CF de capaciteit van het vollenstation : dit zal volzet zijn na een tijd T indien

$$CF = FC + CP * T,$$

$$\text{dus voor } T = \frac{CF - FC}{CP}$$

Het laadpunt zal pas na een tijd TX' ontzet worden, die gelijk is met de hierboven bepaalde TX tijd, vermeerderd met de maneuvvertijd (tijdspanne tussen intrekken van de legen en vertrek van de loco met de vollen).

De wachttijd bedraagt dus $TX' - T$, en het overeenkomend productieverlies :

$$(TX' - T) * CP = TX' * CP - CF - FC$$

114. Uitdrukking van de resultaten

Om over de doeltreffendheid van een vervoersysteem te oordelen, ofwel de tekortkomingen ervan te doen uitkomen, is het interessant volgende grootheden samen te stellen :

- aantal geproduceerde en vervoerde wagens (totaal en per pijler);
- aan het transport toe te schrijven wachttijden en productieverliezen (wachttijd x gemiddelde productie) van de pijlers :
 - door te kort aan legen;
 - door overbezetting van het vollenstation;
- de halten aan de schacht en extractieverliezen door te kort aan vollen of overbezetting van legen;
- de wachttijden van de locomotieven :
 - door te kort aan vollen aan de laadpunten of aan legen aan de schacht;
 - door bezetting van spoorsecties of wissel (per sectie apart samengesteld);
- de verzadiging van de locomotieven;
- de maximum en minimum aantallen wagens aan de verschillende stockeerpunten.

Deze uitslagen kunnen post per post verschaft worden, ofwel als gemiddelde van een aantal pos-

bre de postes. Ils permettront de déceler les points faibles d'un système, et d'orienter le choix des modifications à apporter aux données pour en améliorer le fonctionnement. Il nous a paru illusoire de confier ce choix à l'ordinateur, car trop d'autres éléments interviennent en dehors des chiffres obtenus. Mais il est parfaitement possible de programmer des simulations en chaîne, avec variations systématiques du nombre de berlines ou de locos.

12. Applications possibles

Le chapitre précédent a exposé le mécanisme de la simulation. Ce mécanisme peut, en principe être appliqué manuellement ou graphiquement. Mais on se rend bien compte qu'il s'agit là d'un gros travail. En fait, puisqu'on a introduit des facteurs aléatoires dans les données (productions des tailles, temps de parcours...) on trouvera également des variations dans les résultats, et pour obtenir des moyennes valables, il faudra répéter la simulation plusieurs fois (p. ex. 15 fois). Pour étudier l'effet de la variation d'un facteur, d'une donnée ou d'une politique, il faudra répéter ces simulations pour chaque valeur du facteur étudié (fig. 2). Seul un ordinateur permettra de tirer profit de toutes les possibilités de la méthode.

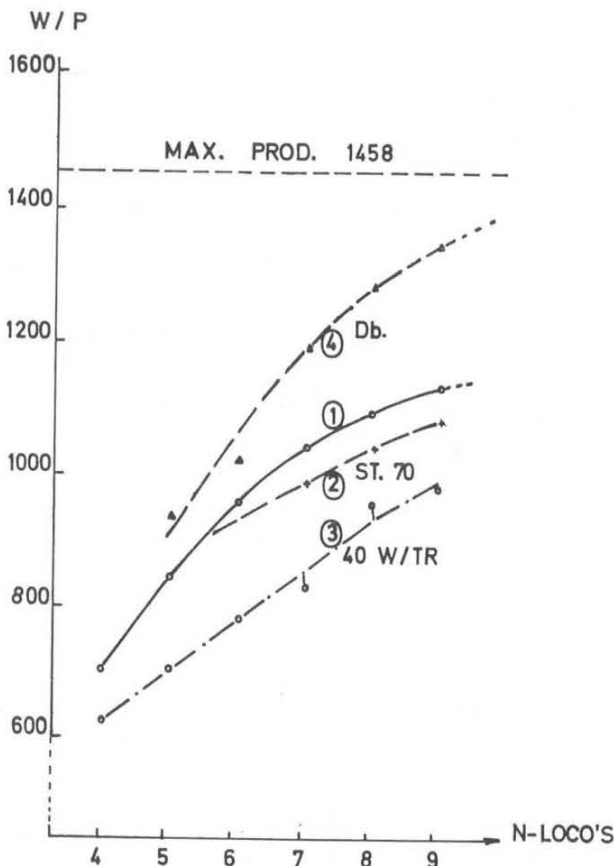


Fig. 2.

Exemple traité sur réseau fictif (réf. 9).

Voorbeeld op fictief spoornet behandeld (ref. 9).

- 1: 3 points de chargement — N locos — 50 wagonnets par rame — $(N + 6) \times 50$ wagonnets.
- 3 laadpunten — N locos — 50 wagens trein — $(N + 6) \times 50$ wagens.
- 2: comme 1, mais garage de 70 pleins (au lieu de 100) à chaque point de chargement. Zoals 1, maar standplaats voor 70 vollen (in plaats van 100) in ieder laadpunt.
- 3: comme 1, mais 40 wagonnets par rame — $(N + 6) \times 40$ wagonnets. Zoals 1, maar 40 wagens per trein — $(N + 6) \times 40$ wagens.
- 4: comme 1, mais dédoublement de deux sections. Zoals 1, doch met ontubbeling van twee secties.

Prod. max.: s'il n'y avait aucun arrêt de taille.

Max. prod.: zonder enige halte aan de pijlers.

ten berekend worden. Zij zullen het mogelijk maken de zwakke punten van een systeem vast te stellen, en aanduidingen geven over de wijzigingen die het bedrijf kunnen verbeteren. Wij hebben het weinig realistisch geacht de keuze van die wijzigingen door het programma zelf te laten bepalen, daar te veel andere beschouwingen, naast de blote cijfers, hier een rol kunnen spelen. Maar men kan heel gemakkelijk « kettingsimulaties » programmeren, waarbij bepaalde gegevens, zoals aantal wagens of locos, systematisch kunnen variëren.

12. Toepassingsmogelijkheden

In het vorig hoofdstuk werd een simulatieproces uiteengezet, dat principieel met handberekeningen of langs grafische weg bewerkt kan worden. Het is echter duidelijk dat dit een omvangrijk werk betekent. Eigenlijk, wanneer wij toevalsfactoren in de gegevens (pijlerproducties, reistijden...) invoeren, dan moeten wij ook een bepaalde spreiding in de uitslagen verwachten, en om geldige gemiddelden te bekomen, zullen wij de simulatie verschillende keren (b.v. 15) moeten herhalen. Om de invloed te doen uitkomen van de variatie van een factor, van een gegeven of van een « politiek », zullen wij die simulaties voor iedere waarde van de bestudeerde factor moeten herbeginnen (fig. 2). Alleen een computer is bij machte al de mogelijkheden van de methode te benutten.

Celles-ci sont multiples, suivant le choix que l'on fait entre les variables imposées et celles que l'on fait varier. Citons à titre d'exemple :

- Etude d'un système déterminé, de ses performances et de leurs variations statistiques.
 - Un projet déterminé est-il réalisable ?
 - Quels sont les éléments qui limitent la capacité d'un système : nombre de berlines ou de locos, capacité des aires de stockage aux chantiers et au puits, sections à simple voie, croisements, etc...
 - Quelle est la façon la plus économique d'augmenter la capacité d'un système : achat de berlines ou locos, dédoublement des voies, réduction des temps de manœuvre...
 - Quel est le compromis optimum entre le coût des pertes de production, et les dépenses nécessaires pour augmenter la capacité du transport ?
 - Que perd-on en s'écartant de la solution optimale ?
 - Comment choisir entre différentes politiques de dispatching (priorités de chantiers, nombres d'appels...).
 - Que peut rapporter un système de télécommunications permettant de rapprocher des chantiers les points de choix ?
 - Quel est l'impact sur le transport de gros arrêts accidentels (déraillements, pannes en taille). Ce dernier point suppose l'introduction dans la simulation de longs arrêts aléatoires : la programmation de ces arrêts ne présente aucun problème, mais leur intervention augmenterait la dispersion des résultats statistiques et perturberait les études d'optimisation citées ci-dessus. Ce procédé n'est donc à utiliser que pour tester occasionnellement la stabilité d'une solution mise au point sans intervention de ces incidents.
- Deze zijn veelvuldig, naargelang de keuze die men doet tussen de opgelegde gegevens en degene die men laat variëren. Laat ons enkele voorbeelden vermelden :
- Studie van een bepaald transportsysteem, van de ermee bereikbare resultaten en de statistische variatie ervan.
 - Is een bepaald ontwerp uitvoerbaar ?
 - Door welke elementen wordt de capaciteit van een systeem beperkt : aantal wagens of locomotieven, capaciteit van de rangeersporen aan de laadpunten of aan de schacht, enkelspoorsecties, kruispunten, enz...
 - Welke is de meest economische wijze om de capaciteit van een bestaand systeem op te voeren : aankoop van mijnwagens of van locomotieven, ontdebbling van sporen, vermindering van maneuvvertijden ?
 - Waar ligt het optimum vergelijk tussen de kost van de productieverliezen, en de uitgaven die nodig zijn om de vervoerkapaciteit op te drijven ?
 - Hoe belangrijk wordt het verlies (of de winstderving) wanneer men in bepaalde mate van de optimale oplossing afwijkt ?
 - Hoe de keuze verantwoorden tussen verschillende dispatchingspolitieken ? (voorrang voor bepaalde pijlers, oproepgetallen...).
 - Wat kan een telecommunicatieuitrusting opbrengen, die het mogelijk maakt de keuzepunten dichter bij de laadpunten te brengen ?
 - Welke inslag hebben op het vervoer belangrijke, accidentele halten (ontsporing, bedrijfsstoringen in de pijlers...). Dit laatste punt veronderstelt dat in de simulatie langdurige, toevallige dode tijden ingevoerd worden : dit brengt, op programmatiegebied, geen enkele moeilijkheid mee, maar de tussenkomst van deze factoren zou de spreiding van de statistische resultaten vergroten, en de optimaliseringsstudies, die hierboven vermeld werden, storen. Dit proces is dus slechts bij gelegenheid te gebruiken, om naderhand de stabiliteit te testen van een oplossing die zonder tussenkomst van de grote storingen op punt gesteld werd.

2. ETUDES REALISEES

20. Cadre

Le charbonnage de Winterslag (Kempense Steenkolenmijnen) a deux étages d'exploitation aux niveaux 600 m et 735 m. Le roulage s'y fait par locomotives électriques à trolley et berlines de 1900 ou 2500 l jusqu'à 7 km des puits. La production de 6500 tonnes nettes (12000 tonnes brutes) est répartie sur une dizaine de chantiers. L'extraction se fait par skips.

2. VERWEZENLIJKE STUDIES

20. Situering van het bedrijf

De zetel Winterslag van de Kempense Steenkolenmijnen heeft twee uitbatingsverdiepingen op 600 m en op 735 m. Het hoofdvervoer geschiedt tot op 7 km van de schachten met rijdraadlocomotieven en mijnwagens van 1900 of 2500 l. De productie van 6500 netto-tonnen (12.000 bruto) wordt over een tiental pijlers verdeeld. De extractie wordt door skips verzekerd.

La procédure de simulation décrite ci-dessus a été utilisée sur ordinateur IBM 360/40 pour traiter successivement trois problèmes différents.

La première étude concernait l'étude du transport à l'étage de 600 et la détermination du parc de berlines nécessaire, la production et le nombre de locomotives étant fixés. Cette étude nous a permis de vérifier la validité du programme : les résultats fournis par l'ordinateur corroboraient remarquablement les observations faites sur place.

La deuxième étude a servi à prédéterminer le nombre de locomotives et de berlines nécessaires pour débloquer la production de l'étage 735 où une modification de structure du réseau était prévue pour le mois suivant.

En troisième lieu, nous avons étudié les possibilités du transport à l'étage 600 lors du remplacement d'un chantier situé à 6 km du puits par un autre à 8 km. Pour maintenir la capacité du transport malgré l'augmentation des distances, différentes solutions ont été comparées, telles que dédoublement de boueaux ou extension du parc de locos ou de berlines.

21. Transport à l'étage 600, nouveau Levant (août 1970)

Le nouveau Levant de l'étage 600 desservait au mois d'août 1970 (fig. 3) des chantiers situés à 7 km du puits. La voie était dédoublée sur toute sa longueur, sauf :

- une section de 800 m de longueur dénommée « Jonction ». Ces 800 m sont à simple voie (galerie trop étroite). De plus, à cause de dis-

De simulatieprocedure die hierboven geschetst werd heeft men op een IBM 360/40 computer toegepast om achtereenvolgens drie verschillende vraagstukken te behandelen.

De eerste studie had betrekking op het vervoer op de 600 m verdieping en op het vastleggen van het nodig minimum aantal mijnwagens, met vastblijvende productie en aantal locomotieven. Deze studie heeft het ons mogelijk gemaakt de geldigheid van het programma te toetsen : de door de computer geleverde uitslagen strookten merkwaardig met de waarnemingen ter plaatse.

De tweede studie was bedoeld om het aantal mijnwagens en locomotieven te bepalen die nodig waren om de productie van de 735 m verdieping af te voeren, waar een structuurverandering van het spoornet voor de volgende maand voorzien was.

Als derde punt werden de vervoermogelijkheden bestudeerd op 600 in het raam van de vervanging van een pijler op 6 km van de schacht door een andere op 8 km. Om de vervoer capaciteit in weerwil van de grotere afstanden op peil te houden werden verschillende oplossingen overwogen, zoals ontdubbeling van een steengang, of uitbreiding van het mijnwagens- of locomotievenpark.

21. Vervoer op de 600 m verdieping (augustus 1970)

In augustus 1970 werden door de Ooststeengang op 600 werkplaatsen bediend tot op 7 km van de schacht (fig. 3). Het spoor was over de ganse lengte ontdubbeld, uitgenomen :

- een 800 m lange sectie, « Jonction » genaamd.

De galerij is over deze lengte te smal om er dubbel spoor aan te leggen. Bovendien wordt het,

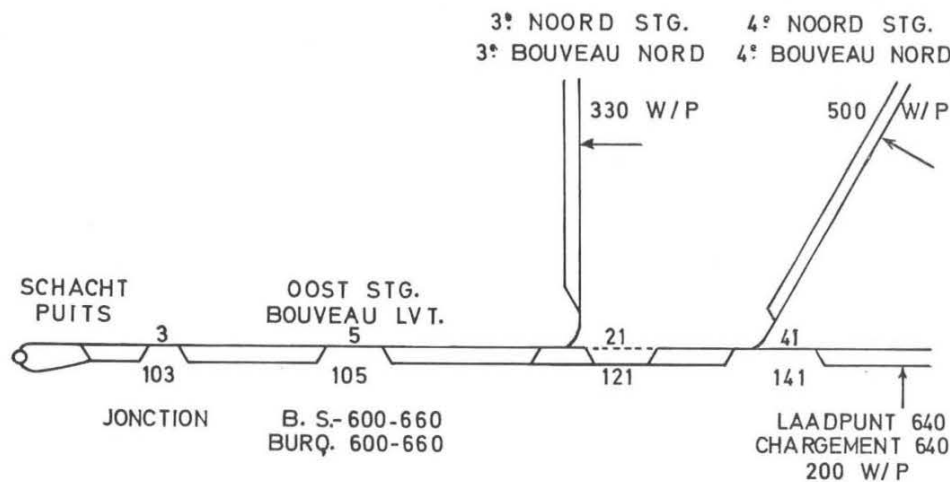


Fig. 3.

Réseau à l'étage de 600. Août 1970.
Spoornet op de 600 m verdieping. Augustus 1970.

- positions locales, il est interdit à deux rames, même circulant dans le même sens, de s'engager simultanément dans la Jonction;
- sur 400 m (Burquin 600-660) une des deux voies est réservée au stationnement des berlines de matériel en provenance de l'étage « auxiliaire » de 660;
 - le nouveau Levant doit subir des recarriages entre les troisième et quatrième nouveaux Nord et est provisoirement à voie unique sur 400 m dans cette zone.

Au mois d'août 1970, 4 tailles étaient en exploitation dans ce quartier :

- une taille dans le 3^{ème} Nouveau Nord, avec une production prévue de 330 berlines par poste;
- deux tailles dans le 4^{ème} Nouveau Nord, production prévue : 500 berlines par poste (pour l'ensemble des deux tailles);
- une taille au point de chargement 6.40 (à 7 km du puits). Production prévue : 200 berlines/p.

La production totale prévue était donc de 1030 b/p. Pour évacuer cette production, nous disposions de 8 locomotives. Quant au parc de berlines, il variait de jour en jour, à cause de l'échange de berlines par le puits intérieur assurant l'arrivée du matériel neuf et l'évacuation du vieux matériel et des pierres vers l'étage de service de 660.

Il était important de fixer une limite à ces variations et de définir objectivement le nombre minimum de berlines en dessous duquel on ne pouvait en aucun cas descendre sans provoquer des arrêts inadmissibles des tailles par manque à vides.

La simulation a donné les résultats suivants (fig. 4).

Quand on porte le parc de berlines de 550 à 600 unités, la production qu'il est possible d'évacuer monte de 920 à 972 berlines par poste; la mise en circulation de chaque berline supplémentaire crée une possibilité d'augmentation de production d'une berline par poste. Si par contre, on augmente le parc au-delà de 600 berlines, la production n'augmente d'une berline par poste qu'au prix de la mise en circulation de 5 berlines supplémentaires. Comme, en fait, l'estimation de 1030 b/p constituait un maximum théorique, et que rares étaient les postes où la production dépassait 950 berlines, il fut décidé de s'en tenir à un nombre de berlines « plancher » de 600, une augmentation au-delà de ce minimum ne se justifiant pas à cause de la faible efficacité de cette augmentation et de la faible fréquence des cas où elle pourrait être utile.

La figure 4 illustre de plus le « degré de saturation » des locomotives : le gain est évidemment

omwille van plaatselijke omstandigheden verboden twee treinen, zelfs in dezelfde richting, in deze sectie gelijktijdig te laten binnenrijden;

- over 400 m (Binnenschacht 600-660) wordt een van de sporen voorbehouden voor de wagens met materieel die van de dienstverdieping 660 m opkomen;
- tussen de derde en vierde Noordsteengangen moet de Ooststeengang nagebroken worden, zodat men voorlopig een 400 m strook met enkel spoor heeft.

In augustus 1970 waren in bedoelde afdeling 4 pijlers in bedrijf :

- een pijler in de derde Noordsteengang, met een voorziene productie van 330 wagens/post;
- twee pijlers in de vierde Noordsteengang, voorziene productie : 500 wagens/post (gezaamenlijk);
- een pijler op het laadpunt 640 (op 7 km van de schacht). Voorziene productie : 200 wagens/post.

De totale voorziene productie was dus 1030 wagens/post. Om dit af te voeren stonden 8 locomotieven ter beschikking. Het wagenpark echter schommelde dagelijks, omwille van de uitwisseling van wagens met nieuw of oud materieel, of met stenen, die langs de binnenschacht en de hulpverdieping 660 m vervoerd werden.

Het was van belang een grens vast te leggen, en op objectieve wijze het minimum aantal wagens te bepalen waaronder men onaanvaardbare halten van de pijlers door tekort aan lege wagens zou veroorzaken.

De simulatie heeft volgende uitslagen geleverd : (fig. 4).

Wanneer het wagenpark van 550 tot 600 stuk opgevoerd wordt, dan stijgt de afvoermogelijkheid van 920 tot 972 wagens per post; ieder bijkomende wagen die in omloop gebracht wordt schept een bijkomende productiemogelijkheid van één wagen/post. Wanneer echter het wagenaantal boven 600 wagens komt, dan moet men, om een wagen per post meer te kunnen produceren, 5 bijkomende wagens in de omloop brengen.

In feite was de raming van 1030 wagens/post een theoretisch maximum, en zeldzaam waren de posten waar de productie werkelijk de 950 wagens overschreed. Er werd dan ook besloten het getal 600 als minimum peil aan te nemen, daar een verdere toename omwille van de geringe doeltreffendheid en van de kleine frequentie van de nuttige gevallen onverantwoord bleek.

Figuur 4 laat bovendien de « verzadigingsgraad » van de locomotieven uitschijnen : de

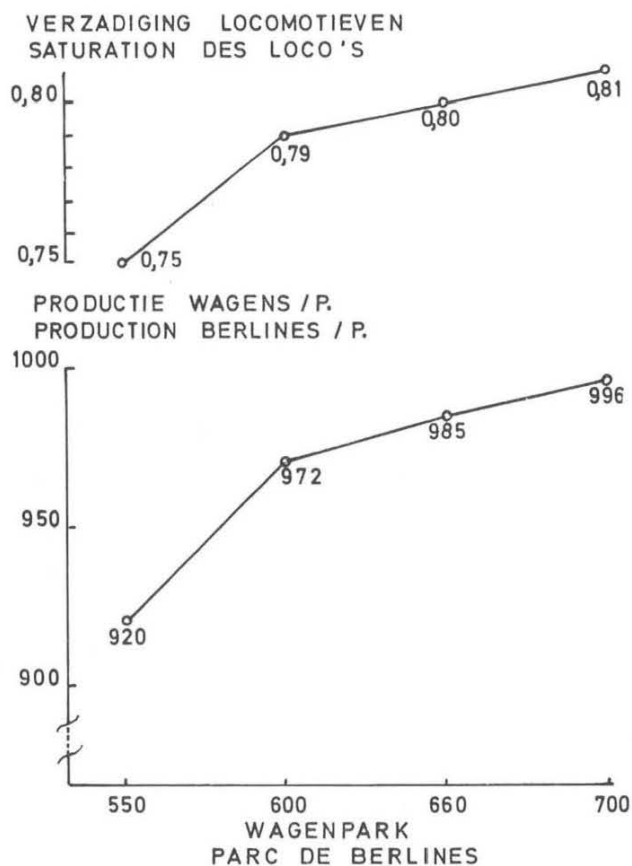


Fig. 4.

Production transportée, en berl/poste, et saturation des locomotives, en fonction du parc de berlines.

Afgevoerde productie in wagens/post en verzadiging van de locomotieven, in functie van het wagenpark (600, Aug. 70).

marqué quand le parc passe de 550 à 600 unités, il devient faible au-delà de ce seuil.

Comme les données sont aléatoires, des conclusions ne peuvent être obtenues que sur un certain nombre d'essais : nous avons choisi d'effectuer ici 15 simulations d'un poste chacune, effectuées les unes après les autres, la situation finale de chaque poste servant de situation initiale au suivant (fig. 5). Les variations de la quantité totale produite et transportée peuvent atteindre 10 % de la moyenne (1030 — 940 = 90 = 10 % de 972), mais on voit que la moyenne se stabilise après une quinzaine de postes; ceci demande environ 6 minutes à l'ordinateur (CPU-time).

22. Transport à l'étage 735 (novembre 1970)

Une partie de la production provient du quartier « 2ème Nord-Est », à 2 km du puits, mais la majeure partie vient du quartier « Couchant ». En décembre 1970, il était prévu qu'une taille ayant son point de chargement dans le Bouveau Nord

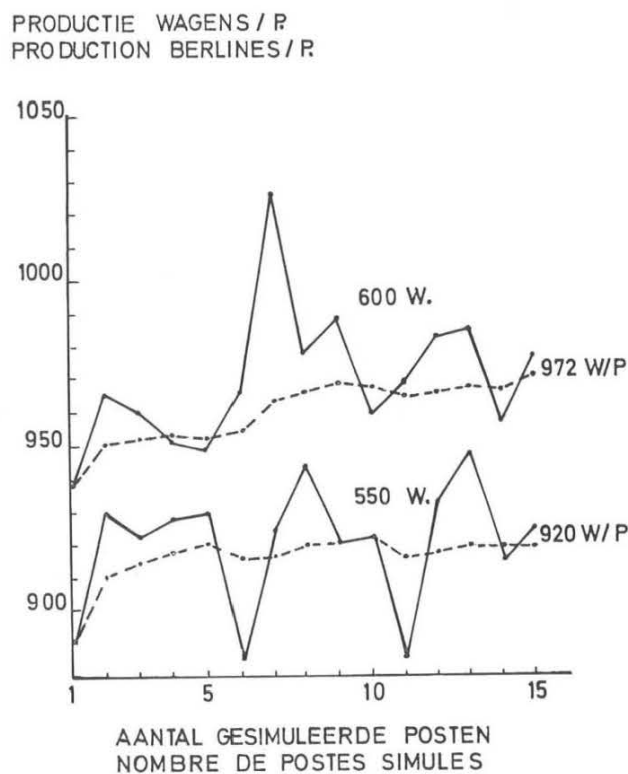


Fig. 5.

Simulations en chaîne et stabilisation de la moyenne du nombre de berlines transportées. Parc de wagnnets : 550, resp. 600 unités.

Aaneengeschakelde simulaties en stabilisatie van het gemiddeld aantal afgevoerde wagens. Wagenpark : 550, resp. 600 wagens (600, Aug. 70).

winst is vanzelfsprekend uitgesproken wanneer het aantal wagens van 550 tot 600 stuk stijgt, en wordt voorbij deze drempelwaarde veel geringer.

Daar de gegevens van het probleem door toevalsfuncties voorgesteld werden kunnen besluiten slechts over een voldoende aantal steekproeven steunen : hier hebben wij besloten 15 simulaties van elk een post achter elkaar uit te voeren; de eindtoestand van iedere post wordt als begin toestand voor de volgende post aangenomen (fig. 5). De schommelingen van de totaal geproduceerd en afgevoerde hoeveelheid kunnen 10 % van het gemiddelde bereiken (1030 — 940 = 90 = 10 % van 972), maar men kan duidelijk vaststellen dat na een 15-tal posten het gemiddelde zeer stabiel blijft. Dit heeft 6 minuut computertijd (CPU-time) gekost.

22. Vervoer op de 735 m verdieping (november 1970)

Een deel van de productie komt uit de 2de Noord-Oost, op 2 km van de schacht, maar het grootste aandeel heeft de West-afdeling. In december 1970 werd voorzien dat een pijler met laad-

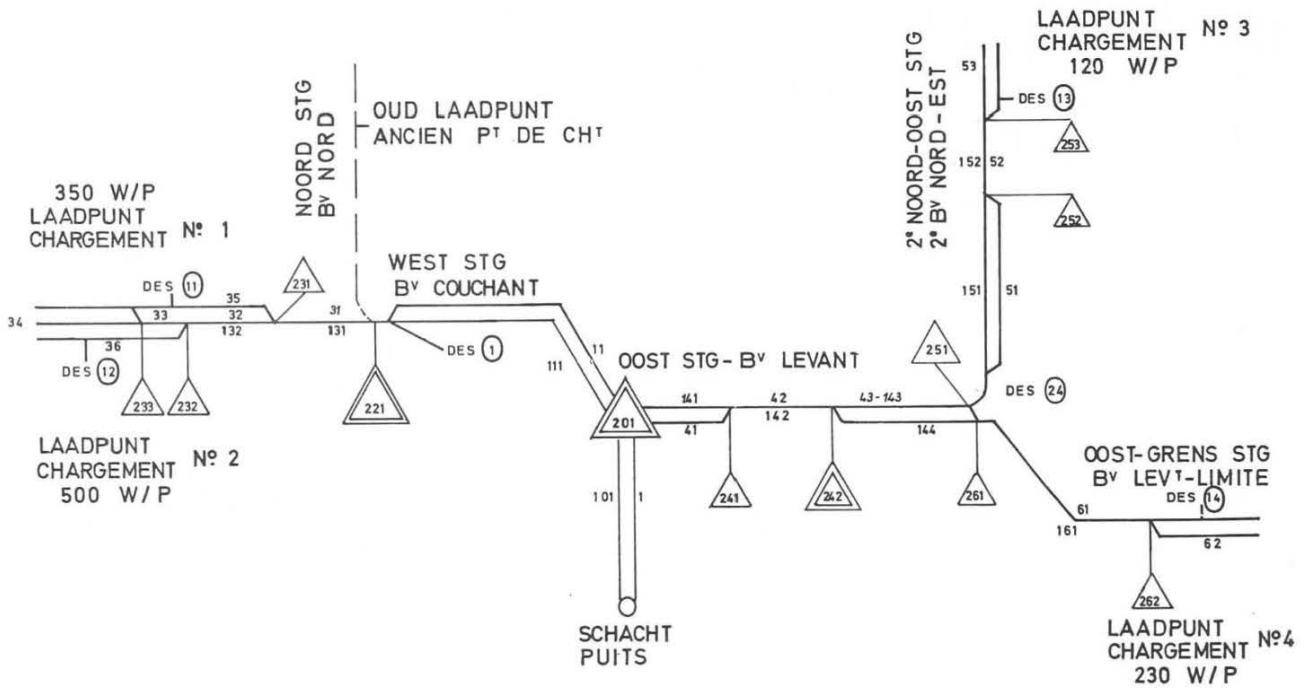


Fig. 6.

Réseau à l'étage de 735 m. Novembre 1970.
Spornet op de 735 m verdieping. November 1970.

serait remplacée par une autre dont le point de chargement serait situé en 2 (fig. 6) à l'extrémité du Bouveau Couchant. Ceci alourdisait passablement la structure du transport, car la production de 1200 berlines/poste pour l'étage devait se répartir comme suit entre les 4 points de chargement :

n° 1 : 350 b/p	n° 1 : 350 w/p
n° 2 : 500 b/p (2 tailles)	n° 2 : 500 w/p (2 pijlers)
n° 3 : 120 b/p	n° 3 : 120 w/p
n° 4 : 230 b/p	n° 4 : 230 w/p

Les points 1 et 2 étaient situés de part et d'autre du Bouveau Couchant, à 200 mètres seulement l'un de l'autre. Le bouveau étant à grande section (4,80 m de diamètre), on y dispose de trois voies : les vides pour les deux points de chargement y arrivent par la voie médiane (qui doit assurer également le passage vers les chantiers plus éloignés); la voie des pleins du chargement 1 pouvait recevoir 100 berlines, celle du n°2, 65 berlines.

Le problème posé pouvait se résumer comme suit :

- Quel parc de locos et de berlines fallait-il pour transporter cette production totale de 1200 b/p ?
- Etait-il intéressant de prolonger la station des pleins du point de chargement n° 2, sa capacité (65 berlines) étant à première vue assez faible ?

punt in de Noordsteengang vervangen zou worden door een andere op het uiteinde van de Weststeengang, in 2 (fig. 6). Hierdoor werd de opdracht van het transport beduidend zwaarder, daar de productie als volgt over de vier laadpunten verdeeld moest worden (totaal : 1.200 w/p) :

Laadpunten 1 en 2 lagen aan weerszijden van de West-steengang, op slechts 200 m van elkaar. De steengang heeft een grote sectie (4,80 m diameter), er liggen drie sporen : de lege wagens voor beide laadpunten komen langs het middenste spoor aan (dat ook voor het verkeer naar de verder gelegen pijlers dienen moet); het vollenspoor van laadpunt 1 kon 100 wagens opnemen, dat van n° 2, 65 wagens.

Het probleem kon als volgt gesteld worden :

- Welk wagen- en locomotievenpark is er nodig om de voorziene productie van 1200 w/p af te voeren ?
- Is het aangewezen het vollensation van laadpunt 2 langer te maken, daar de bestaande capaciteit (65 wagens) op eerste zicht eerder gering schijnt ?

— D'autres facteurs, non apparents immédiatement, étaient-ils de nature à limiter la capacité du transport ?

Les résultats de la simulation (moyenne de 15 postes pour chaque variante) sont reproduits au tableau I.

— Kunnen andere, minder opvallende factoren, de transportcapaciteit beperken ?

De uitslagen van de simulatie (gemiddelde over 15 posten voor iedere variante) worden in tabel I weergegeven.

Tableau I — Tabel I

	Capacité de production des tailles berl/poste Productiecapaciteit v.d. pijlers wag./post	Nombre de locomotives Aantal locomotieven	Nombre de berlines Aantal wagens	Capacité station des pleins n° 2 Inhoud vollenstation n° 2	Temps de manœuvre n° 1 - n° 2 minutes Maneuvertijd n° 1-2 min	Production transportée berl/poste Vervoerd aantal wagens per post
1	1200	6	600	90	6	1197
2	1200	6	600	→ 65	6	1181
3	1200	6	600	90	→ 12	1116
4	1200	6	→ 550	90	6	1182
5	1200	6	550	90	→ 12	1052
6	1200	→ 5	550	90	6	1103
7	→ 1250	6	600	90	6	1229

Il est donc possible de transporter la totalité de la production des tailles avec 6 locomotives et 600 berlines (lignes 1 et 7 du tableau). La simulation a été faite en supposant une capacité de stockage de 90 pleins au point de chargement n° 2, mais la comparaison des lignes 2 et 1 montre que la perte moyenne de production n'est que de 16 b/p si on laisse cette station dans l'état initial. De même, la réduction du parc de berlines à 550 unités a un impact assez faible (comparer les lignes 4 et 1). Un facteur beaucoup plus influent se trouve être le temps compris entre l'arrivée d'une rame de vides en face du point de chargement n° 1 et le moment où la première berline vide se trouve effectivement sous la trémie, prête à être chargée. Ce temps est normalement de l'ordre de 6 minutes, mais, dans le cas qui nous occupe, il était à craindre qu'il ne devienne plus élevé à cause de la proximité des deux points de chargement n° 1 et 2. La simulation a donc attiré l'attention sur ce point particulier, et sur la priorité à accorder à l'organisation optimum de ce secteur.

Une autre étude a été greffée sur ce problème. Le trafic se fait généralement par rames de longueur constante : 45 berlines vides dans un sens, 45 pleines dans l'autre. On pourrait envisager une autre politique, dans le but de réduire les temps d'attente des locos aux chantiers et de donner plus de souplesse : le nombre des vides par rame

Het blijkt dus mogelijk de ganse productie van de pijlers met 6 locomotieven en 600 wagens af te voeren (regels 1 en 7 van de tabel). De simulatie werd uitgevoerd in de veronderstelling dat 90 vollen aan laadpunt 2 uitgezet kunnen worden, maar de vergelijking van regels 2 en 1 toont dat het productieverlies slechts 16 w/p bedraagt indien dit station in de oorspronkelijke toestand blijft. De vermindering van het wagenpark tot 550 stuks heeft eveneens een matige invloed (vergelijk regels 4 en 1). Veel belangrijker blijkt de invloed te zijn van de maneuvرتijd in laadpunt n° 1, t.t.z. de tijdsperiode die verloopt tussen het ogenblik dat de trein tegenover het laadpunt komt, en dat wanneer de eerste wagen zich daadwerkelijk klaar onder de laadtremel bevindt. Deze tijd bedraagt normaal 6 minuten, maar in onderhavig geval viel er te vrezen dat die tijd, omwille van de nabijheid van de beide laadpunten 1 en 2, gevoelig langer zou worden. De simulatie heeft de aandacht op dit bijzonder punt gevestigd, en het belang doen inzien van een uitstekende organisatie rond het laadpunt.

Een andere studie sluit hierop aan. Gewoonlijk werkt de verkeersorganisatie met treinen met constante lengte : 45 lege wagens in een richting, 45 vollen in de andere. Om de wachttijden van de locomotieven aan de pijlers te verminderen en meer soepelheid te geven kan men een andere politiek overwegen : laat het aantal legen per

restant fixé à 45, nous pouvons admettre que les locos quittent les chantiers avec un nombre de pleins quelconque compris p. ex. entre 20 et 65 (ces limites doivent bien entendu encadrer le chiffre des vides).

La simulation montre que cette politique a bien pour résultat d'améliorer jusqu'à un certain point l'efficacité du transport, mais peut conduire parfois à un dérèglement complet du trafic. Si, en effet, le transport est trop peu puissant par rapport à la production des chantiers et à la capacité des puits, les rames de pleines se rapprocheront systématiquement de la longueur maximum, celles de vides restant limitées à la valeur moyenne. Il en résulte un déséquilibre entre le transport des vides et celui des pleins, et les vides s'accumulent au puits. En conclusion, il vaut généralement mieux s'en tenir au système à rames de longueur constante, à moins de limiter étroitement la variation possible, ou de programmer un système de correction en fonction du nombre de berlines présentes aux points de chargement.

23. Le problème de la « Jonction » à 600 (février 1971)

En octobre 1971, une taille dont le point de chargement est situé à 5 km du puits en 2 (fig. 7) sera remplacée par une autre dont le chargement

train op 45 vastgesteld staan, wij kunnen veronderstellen dat de locomotieven de laadpunten met een aantal volle wagens verlaten dat begrepen zal zijn b.v. tussen 20 en 65 (deze grenzen moeten vanzelfsprekend het aantal van de legen omvatten).

De simulatie heeft uitgewezen dat zulke politiek inderdaad de doelmatigheid van het vervoer in zekere mate verbetert, maar dat zij soms een volledige ontreding van het verkeer kan meebrengen. Indien namelijk de vervoer capaciteit ontoereikend is tegenover de productiemogelijkheden van de werkplaatsen en de ophaalkapaciteit van de schachten, dan zullen de volle treinen systematisch de bovenste grens benaderen, terwijl de legen op hun oorspronkelijke waarden vastgesteld blijven. Hieruit spruit een onevenwicht tussen legen en vollenverkeer voort, en de legen verzamelen zich aan de schacht. Als besluit schijnt het in het algemeen raadzaam bij het systeem met constante treinsamenstelling te blijven, tenzij de toegelaten schommelingen streng beperkt blijven, of een correctieproces in functie van het aantal wagens aan de laadpunten ingevoerd wordt.

23. Het probleem van de « Jonction » op 600 (februari 1971)

In oktober 1971 wordt een pijler waarvan het laadpunt zich op 5 km van de schacht in punt 2 bevindt (fig. 7), door een andere vervangen,

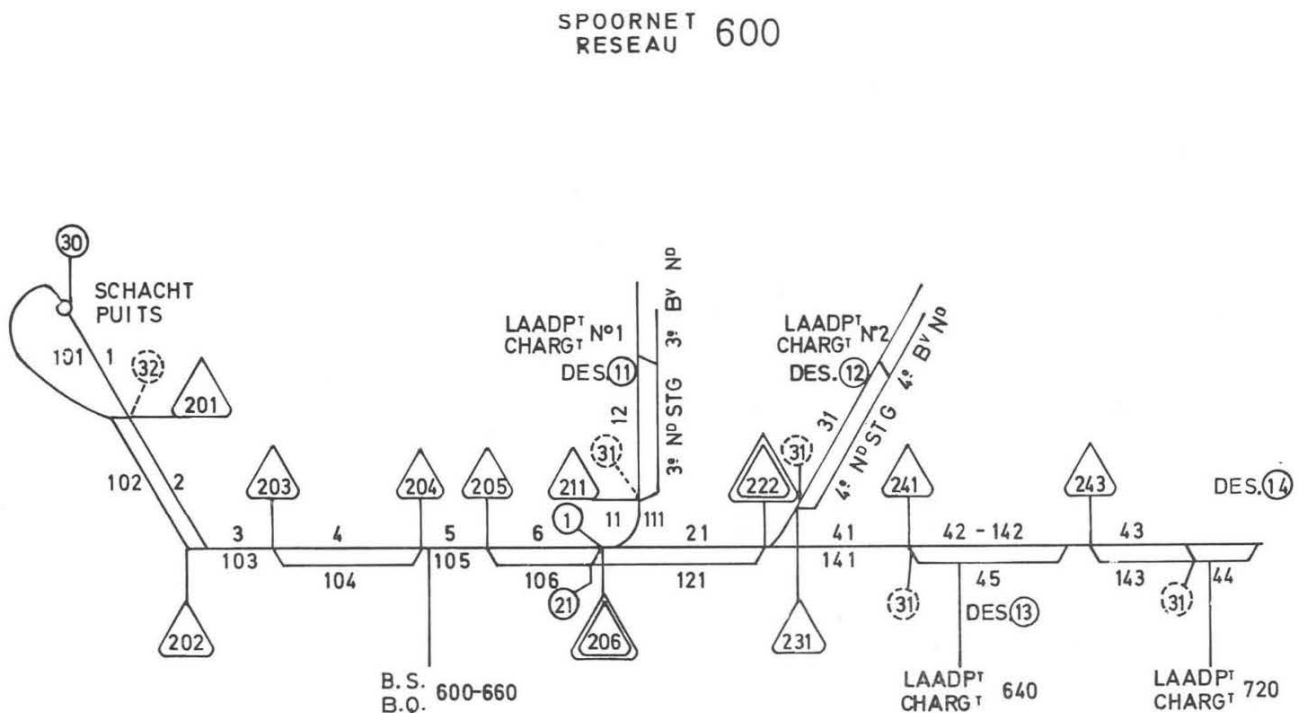


Fig. 7.

Réseau à l'étage de 600 m. Février 1971.
Spoornet op de 600 m verdieping. Februari 1971.
Aiguillage 222 = Wissel 222 = DES 2.

est prévu à 8 km au point 4. Pour un quart de la production de l'étage, la distance de transport se trouvera allongée de 3 km. Par rapport à la situation d'août 1970, le réseau sera amélioré par le rétablissement de la double voie entre les 3ème et 4ème nouveaux Nord, rendu possible par l'achèvement des recarrages en cours. Par contre, un nouveau goulot d'étranglement apparaît au-delà du 4ème Nouveau Nord, les sections à simple voie 41 (141) et 42 (142) devant être utilisées par les vides et les pleins des chantiers à forte production 3 et 4.

Ce troisième cas nous servira à illustrer pas à pas, dans les chapitres suivants, la programmation sur ordinateur du processus de simulation, la mise en forme des données, et la mise en page des résultats recherchés. En l'occurrence, ceux-ci ont justifié la commande d'une neuvième locomotive, et l'augmentation jusqu'au chiffre de 700 unités du parc de berlines.

Simultanément, une autre question a pu être tranchée : compte tenu de l'augmentation prévue du tonnage-kilométrique, ne serait-il pas justifié de dédoubler la section à voie unique dite « Jonction » (cfr 21) représentée sur le schéma, figure 7, par les numéros 3 et 103. Comme il n'est pas possible d'installer deux voies dans la galerie existante, ceci suppose le creusement sur 800 m d'un nouveau bouveau, mais permettrait de s'affranchir simultanément des inconvénients dus à la vétusté de ce tronçon.

La simulation a montré que, avec la répartition de la production envisagée pour le mois d'octobre 1971, les attentes de locomotives aux extrémités de la Jonction représenteraient à peu près 360 minutes par poste, soit l'immobilisation permanente d'une locomotive, d'un machiniste et de 50 berlines. L'influence sur la production ne se fait cependant sentir que pendant quelques postes par an, au cours desquels la production atteint des niveaux exceptionnels. Ces éléments permettent d'évaluer les économies annuelles résultant du dédoublement de la section.

Si nous comparons ces différents éléments au coût du creusement du nouveau bouveau, soit 20 millions environ, nous constatons que cet investissement important ne serait amorti qu'au bout de 17 années environ. Comme les capitaux disponibles peuvent être consacrés à des dépenses dont l'amortissement est nettement plus rapide, il n'est pas indiqué de dédoubler la « Jonction ». Seule une simulation pouvait permettre de donner une base objective à cette décision.

waarvan het laadpunt op 8 km voorzien is, in punt 4. Voor een vierde van de productie van de verdieping 600 wordt de vervoerafstand 3 km langer. In vergelijking met de toestand van augustus 1970 wordt het spoornet hierin verbeterd dat het dubbelspoor tussen derde en vierde Noord-steengangen heringericht kan worden, daar de herstellingswerken geëindigd zullen zijn. Een nieuwe engpas dient echter voorbij de vierde Noordsteengang voorzien te worden, daar de enkelspoor secties 41 (141) en 42 (142) door de legen en de vollen doorlopen moeten worden van de sterk productieve pijlers n° 3 en n° 4.

Dit derde geval zullen wij in de volgende hoofdstukken gebruiken om stapsgewijze de programmatie van de simulatie op de computer, het opstellen van de gegevens, en de voorstelling van de uitslagen te belichten. In onderhavig geval zijn deze uitslagen ter verantwoording gebruikt voor de bestelling van een 9de locomotief en de opvoering tot 700 stuks van het wagenpark.

Gelijktijdig werd een andere vraag uitgemaakt : gezien de toename van de voorziene ton-kilometers, zou het niet verantwoord zijn de z.g. « Jonction », enkelspoor sectie (n° 3 en 103 op fig. 7) te ontdebelen ? Aangezien het niet mogelijk is in de bestaande galerij een dubbelspoor aan te leggen, veronderstelt dit dat men een nieuwe steengang zou delven : men zou echter niet alleen de nadelen uitschakelen van het enkel spoor, maar ook die van de onaangepaste toestand van deze galerij.

De simulatie heeft uitgewezen dat, met de verdeling van de productie die voor de maand oktober 1971 overwogen werd, de wachttijden van de locomotieven op beide uiteinden van de « Jonction » ongeveer 360 minuut per post zouden bereiken, hetgeen neerkomt op de permanente bezetting van een locomotief, van een machinist en van 50 mijnwagens. De invloed op de productie zou zich echter slechts gedurende enkele posten per jaar doen gevoelen, wanneer top-prestaties verwezenlijkt worden.

Deze elementen maken het mogelijk de jaarlijkse besparingen te berekenen die de ontdebelen van deze sectie zou meebrengen. Indien wij deze besparingen met de delvingskosten van een nieuwe steengang (20 miljoen) vergelijken, dan zien wij dat deze belangrijke investering pas na 17 jaar afgeschreven zou zijn. Daar de beschikbare geldmiddelen aan andere uitgaven besteed kunnen worden, die veel sneller afbetaald worden, is het niet aangewezen de « Jonction » te ontdebelen. Alleen de simulatie kon voor deze beslissing een objectieve, becijferde verantwoording geven.

La Direction du Charbonnage a apprécié les résultats obtenus, et charge dorénavant le service « Organisation » d'effectuer une étude par simulation chaque fois qu'une modification importante est prévue dans la répartition de la production entre les points de chargement ou dans l'infrastructure du transport.

3. PROGRAMMATION DE LA SIMULATION SUR ORDINATEUR

30. Introduction

Ce chapitre a pour but de montrer, à des non-spécialistes, comment le mécanisme de simulation, exposé au chapitre 1, peut être traduit en un langage accessible à l'ordinateur. Le problème est, d'une part, de convertir des structures topographiques en paramètres digitaux, d'autre part de transformer en processus logiques rigoureux des démarches intuitives, d'autant plus difficiles à analyser qu'elles paraissent à première vue évidentes... quand on a un petit dessin devant soi.

Pour illustrer cet exposé, nous nous mettrons dans le cadre du problème du paragraphe 23 ci-dessus, mais il est évident que la formulation est générale.

31. Représentation du réseau (fig. 7)

Le premier travail consiste à établir un schéma général du réseau de roulage, qui n'a pas besoin d'être à l'échelle, mais qui représentera toutes les voies utilisées par le transport général, en distinguant les voies simples et doubles, à l'exclusion des voies de garage (pour matériel en attente p. ex.) inaccessibles aux berlines du transport produits.

Sur ce schéma apparaîtront tous les aiguillages permettant le choix d'une direction ou le passage d'une simple voie à une voie double, ou les liaisons entre les deux voies, ainsi que les croisements ou autres dispositifs interdisant la présence simultanée de deux rames en un point. On pourra cependant grouper en un seul les points situés dans un intervalle inférieur à la longueur d'une rame.

La figure 7 est relative au Levant de l'étage 600 à Winterslag.

Nous appellerons « section » un tronçon de voie compris entre deux aiguillages. Que la voie soit simple ou double, chaque section recevra un numéro :

- compris entre 1 et 99 si elle est parcourue par les rames de vides en route vers les chantiers;
- compris entre 101 et 199, si elle est parcourue par les rames de pleins en route vers le puits.

De bedrijfsleiding van de mijn heeft deze uitlagen naar waarde geschat, en belast voortaan de Organisatiedienst ermee een simulatiestudie uit te voeren telkens belangrijke wijzigingen in de verdeling van de productie tussen de laadpunten, of in de infrastructuur van het vervoersysteem, gepland worden.

3. HET PROGRAMMEREN VAN DE SIMULATIE OP DE COMPUTER

30. Inleiding

We zullen in dit hoofdstuk aantonen hoe het simulatiemecanisme dat in hoofdstuk 1 werd uiteengezet, in computertaal kan worden vertaald, zonder dat men specialist moet zijn om de gang van zaken te volgen. Het probleem bestaat er in de topografische structuur om te zetten in digitale parameters, en tevens ook hetgene men in de praktijk intuïtief doet tot een nauwkeurig logisch denkproces uit te werken; dit blijkt bij de ontleding niet zo eenvoudig als op het eerste zicht zou schijnen. Ter illustratie van deze uiteenzetting zullen we het geval nemen dat in paragraaf 23 werd behandeld.

31. Voorstelling van het net (fig. 7)

Het eerste werk bestaat er in een algemeen plan op te stellen, niet noodzakelijk op schaal geteekend, waarop al de sporen voorkomen die voor het algemeen vervoer dienen, en waarbij men onderscheid maakt tussen enkel spoor en dubbel spoor. Spoorgedeelten die met algemeen vervoer niets te maken hebben — b.v. spoorgedeelten voor stockering van materieel — moeten op dit sporenplan niet voorkomen.

Op het sporenplan zal men ook de wissels, kruisingen of andere toestellen aanduiden die de gelijktijdige aanwezigheid van meer dan één trein op deze punten verbieden. Zulke punten die gelegen zijn in een interval kleiner dan de lengte van een trein, zal men in één punt samenbrengen.

Figuur 7 heeft betrekking op de Ooststeengang op de verdieping 600 te Winterslag.

Het spoorgedeelte, gelegen tussen twee wissels, zullen we een « sektie » noemen. Iedere sektie krijgt een nummer, hetzij deze sektie nu uit één of twee sporen bestaat :

- een nummer gelegen tussen 1 en 99, wanneer de sektie dient voor treinen legen die naar de werkplaatsen rijden;
- een nummer gelegen tussen 101 en 199, wanneer de sektie dient voor treinen vollen die

Une simple voie, parcourue dans les deux sens, recevra donc deux numéros (p. ex. la Jonction : 3 et 103);

- les aiguillages et autres points singuliers reçoivent des numéros supérieurs à 200.

Sur la fig 7, une rame de vides quittant le puits pour se diriger vers le point de chargement 4, devra parcourir successivement :

- la voie des vides 2 de la double voie 2 - 102;
- la section 3 (voie unique Jonction);
- la section 4 (double voie);
- la section 5 (voie unique);
- la section 6 (double voie), en fin de laquelle (aiguillage 206), elle pourrait se diriger vers le 3ème nouveau Nord, ou devoir attendre pour laisser sortir une autre rame de ce nouveau;
- la section double 21, avec éventuellement les mêmes possibilités à l'aiguillage 222 qu'à l'aiguillage 206;
- les sections simples 41 et 42;
- la section double 43;
- la section 44 du point de chargement;

Le retour de la rame pleine se fera par les sections 44 - 143 - 142 - 141 - 121 - 106 - 105 - 104 - 103 - 102 - 101 (contours du puits).

Pour compléter le schéma, il faudra noter :

- les points de destination possibles (c.à.d. les aiguillages de choix de direction et les points de chargement);
- la capacité des stations de stockage de berlines pleines à chaque chantier, et de vides au puits;
- la longueur (DIST) de chaque section, si les conditions sont suffisamment régulières pour que le temps de parcours TM d'une locomotive puisse être calculé à partir de cette longueur au moyen d'une formule de type :

$$TM = a + b * DIST$$

Si ce n'est pas le cas, on notera pour chaque section le temps de parcours moyen TM, déterminé par chronométrage direct. On peut adopter des temps différents pour les parcours dans les deux sens. On notera également la dispersion SIGTS du temps de parcours réel par rapport au temps moyen.

Avant d'utiliser la valeur TM, l'ordinateur affectera en effet chaque fois d'une dispersion aléatoire suivant la formule :

$$TS = TM + (A - 6) * SIGTS$$

TS est le temps de parcours à utiliser à une étape de la simulation.

naar de schacht rijden. Een enkel spoor dat voor de twee richtingen wordt gebruikt, zal dus twee nummers krijgen (b.v. de « Jonction » : 3 en 103).

- wissels en andere bijzondere punten krijgen nummers, groter dan 200.

Een trein met legen die zich van de schacht naar het laadpunt 4 begeeft (fig. 7), zal volgende sekties passeren :

- het spoor van de legen 2 van het dubbel spoor-gedeelte 2 - 102;
- het enkel spoor 3 (Jonction);
- de sektie 4 (dubbelspoor);
- de sektie 5 (enkelspoor);
- de dubbelspoor sektie 6; aan het einde van deze sektie (wissel 206) zou de trein legen de 3de Noordsteengang kunnen binnen rijden, ofwel moeten wachten om een trein vollen uit deze steengang voorbij te laten komen.
- de dubbele sektie 21, met eventueel dezelfde mogelijkheden aan de wissel 222 zoals dit het geval was aan wissel 206;
- de enkele sekties 41 en 42;
- de dubbele sektie 43;
- de « laad » sektie 44;

De terugkeer van de trein vollen gaat langs de sekties 44 - 143 - 142 - 141 - 121 - 106 - 105 - 104 - 103 - 102 - 101 (schachtomloop).

Om het schema volledig te hebben, zal men er nog volgende gegevens op aanduiden :

- de mogelijke bestemmingen (m.a.w. de keuze-wissels waar van richting veranderd kan worden, en de laadpunten);
- de stockeerkapaciteit aan volle wagens van ieder laadpunt en aan lege wagens van de schacht;
- de lengte (DIST) van iedere sektie, wanneer de omstandigheden voldoende regelmatig zijn om de rijtijd TM van een lokomotief te kunnen berekenen in funktie van de lengte van het rijvak, volgens een formule van het type :

$$TM = a + b * DIST$$

Is dit niet het geval, dan zal de gemiddelde rijtijd TM van de lokomotief voor iedere sektie door tijdopnamen worden bepaald. Men kan verschillende rijtijden vastleggen voor de twee richtingen van eenzelfde rijvak. Men zal eveneens de dispersie SIGTS van de rijtijd aangeven ten opzichte van de gemiddelde tijd. Het is inderdaad zo dat de computer telkens de rijtijd van het rijvak TS zal berekenen volgens de formule :

$$TS = TM + (A - 6) * SIGTS$$

TS = rijtijd van het rijvak die gebruikt wordt in een fase van de simulatie.

TM est le temps moyen, fourni parmi les données.

SIGTS est la dispersion (que nous avons prise uniformément égale à 20 % de TM).

A est la somme de 12 nombres répartis de façon équiprobable entre 0 et 1, et fournis par une sous-routine IBM appelée RANDU.

A suit une loi normale de valeur moyenne 6 et d'écart-type 1, de sorte que les valeurs TS seront également réparties selon une loi normale de moyenne TM et d'écart standard 0,2 TM.

32. Représentation des locomotives sur le réseau

La situation de toutes les locomotives dans le réseau est représentée à chaque instant par un tableau à 11 colonnes dit « TEE » dont chaque ligne représente en quelque sorte la « feuille de route » d'une des locomotives (Tableau II).

Tableau II — Tabel II — TEE

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	Z	DES	S1	S2	A1	A2	TS	TL	AT	RL
1.	192.	21.	121.	0.	222.	0.	10.	3.	0.	45.
2.	28.	14.	43.	0.	0.	0.	6.	5.	0.	45.
3.	3.	1.	3.	3.	0.	0.	6.	5.	0.	45.
4.	2.	1.	2.	0.	0.	0.	4.	28.	1.	45.
5.	2.	1.	2.	0.	0.	0.	4.	6.	1.	45.
6.	200.	32.	1.	0.	0.	0.	98.	98.	1.	0.
7.	195.	30.	104.	0.	0.	0.	24.	6.	0.	45.
8.	4.	1.	4.	0.	0.	0.	15.	6.	0.	45.
9.	195.	30.	104.	0.	0.	0.	19.	19.	0.	45.

La première colonne (I) indique le numéro des différentes locomotives.

La deuxième colonne (Z) donne la référence de l'endroit où la locomotive trouvera de nouvelles instructions lorsqu'elle arrivera en fin de section (voir 33 - Tableau TAB).

La colonne 3 (DES) reprend la destination (définitive ou provisoire) de la loco.

Les colonnes 4 et 5 (S1 et S2) indiquent la section occupée par la locomotive. Il est parfois nécessaire de redoubler cette indication (34), ou de faire occuper deux sections par une même locomotive pour en interdire l'accès à d'autres (voir 1131 et fig. 1).

Les colonnes 6 et 7 (A1 et A2) indiquent normalement l'aiguillage d'entrée de la section où se trouve la loco. Cet aiguillage reste occupé pendant la durée du passage de la rame, c.à.d. pen-

TM = gemiddelde tijd; wordt bekomen uit de gegevens.

SIGTS = dispersie (we nemen deze steeds gelijk aan 20 % van TM).

A = som van 12 getallen met gelijkwaardige kansen, gelegen tussen 0 en 1, die ons wordt verschaft door een « sub-routine » IBM, met name RANDU.

A volgt een normaalwet met 6 als gemiddelde en 1 als standaardafwijking, zodanig dat de waarden TS eveneens een normaalwet volgen met TM als gemiddelde en 0,2 TM als standaardafwijking.

32. Voorstelling van de lokomotieven op het sporennet

De situatie van alle lokomotieven op het sporennet wordt op ieder ogenblik voorgesteld door een tabel die we TEE zullen noemen.

Iedere lijn van deze tabel, die uit 11 kolommen bestaat, vormt het « reisblad » van een lokomotief (Tabel II).

De eerste kolom (I) geeft het nummer weer van de verschillende lokomotieven.

De tweede kolom (Z) verwijst naar de plaats waar de lokomotief nieuwe instructies kan vinden wanneer zij aan het einde van een sectie is gekomen (zie 33, Tabel TAB).

De derde kolom (DES) geeft de bestemming weer, (definitieve of voorlopige bestemming) van de lokomotief.

Kolommen 4 en 5 (S1 en S2) duiden de sekties aan die door de lokomotief worden bezet. Het kan soms noodzakelijk zijn deze aanduiding te herhalen (34) of twee sekties door één lokomotief te laten bezetten, zodanig dat de andere lokomotieven geen toegang krijgen tot deze sekties (zie 1131 en fig. 1).

Kolommen 6 en 7 (A1 en A2) duiden gewoonlijk de wissel aan langs dewelke de lokomotief een sectie binnenrijdt. Deze wissel wordt bezet gehouden tijdens de tijd van de doortocht van

dant les trois premières minutes du séjour de la loco dans la section considérée. Comme ci-dessus pour les sections, il est parfois nécessaire de redoubler cette indication, ou de bloquer p.ex. un aiguillage et un croisement pendant l'entrée de la rame dans la section.

La colonne 8 donne la durée TS du parcours de la section (31) tandis que la colonne 9 donne TL, c.à.d. le temps depuis lequel la loco se trouve dans la section considérée. A chaque minute, une unité est ajoutée à TL : quand $TL = TS$, la loco est arrivée en fin de section et demande de nouvelles instructions. Si celles-ci lui imposent d'attendre, le chiffre 0 qui se trouve normalement dans la colonne 10 (AT) est remplacé par un 1.

Enfin, la onzième colonne (RL) indique le nombre de berlines tractées par la locomotive.

En résumé, les onze colonnes du tableau TEE donnent tous les renseignements concernant les locomotives à un moment donné. Les chiffres de la colonne 9 ($TL =$ temps de séjour) sont remis à jour automatiquement à chaque tranche de temps de 1 minute; les autres indications doivent être remplacées (nouvelle feuille de route) à chaque changement de section (voir 34) sauf le numéro de locomotive I (col. 1) et le nombre de berlines (RL, col. 11).

La destination sera remise en cause aux aiguillages de choix et aux points de chargement.

Les données de la simulation comporteront un tableau TEE donnant la situation initiale du réseau. En cas de simulation « en chaîne » d'un certain nombre de postes, c'est la situation finale de chaque poste qui fournira ce tableau initial au poste suivant.

Considérons à titre d'exemple la matrice TEE du tableau II.

Il y a neuf locomotives sur le réseau, à chacune desquelles correspond une des lignes de la matrice. La locomotive 1 revient vers les puits avec des pleines. Elle se trouve depuis 3 minutes (col. 9) dans la section 121 (col. 4). Elle n'a donc pas encore complètement libéré l'aiguillage 222 (col. 6) par lequel elle a pénétré dans cette section. A la minute suivante, on aura $TL = 4$, l'aiguillage sera libéré, et l'indication 222 de la col. 6 sera remplacée par zéro. La locomotive restera encore dans la section 121 pendant 7 minutes, soit la différence entre $TS = 10$ de col. 8 et $TL = 3$ de col. 9. A ce moment, elle consultera la

de la loco t.t.z. gedurende de drie eerste minuten van het verblijf van de lokomotief in de beschouwde sektion.

Zoals we reeds voor de sektionen zegden, kan het hier soms ook noodzakelijk zijn deze aanduiding twee maal weer te geven, of een wissel en een kruising tijdens het binnenrijden van een trein in de sektion te vergrendelen.

Kolom 8 geeft de duur TS van de verplaatsing in de sektion (31), terwijl kolom 9 « TL » aanduidt, t.t.z. de tijd sedert dewelke de lokomotief zich in de beschouwde sektion bevindt. Na iedere minuut verhoogt TL met één eenheid : is $TL = TS$, dan betekent dit dat de lokomotief aan het einde van de sektion gekomen is, zodat er nieuwe instructies moeten gevraagd worden. Zeggen deze instructies : « Wachten », dan wordt het cijfer 0 dat normaal in kolom 10 (AT) voorkomt, vervangen door het cijfer 1.

De elfde kolom tenslotte (RL) geeft het aantal wagens weer dat door de lokomotief wordt getrokken.

Samenvattend kan men zeggen dat de elf kolommen van de tabel TEE ons al de inlichtingen verschaffen betreffende de verschillende lokomotieven op ieder ogenblik. De getallen van kolom 9 ($TL =$ aanwezigheidstijd) worden automatisch bijgewerkt na iedere schijf van 1 minuut; de andere aanduidingen moeten vervangen worden (nieuw reisblad) bij iedere sektionverandering (zie 34), uitgenomen het nummer van de lokomotief (kol. 1) en het aantal wagens (RL, kol. 11).

De bestemming wordt onderzocht aan keuzewissels en aan laadpunten.

Bij de gegevens van de simulatie, komt er een tabel TEE voor, die de begintoestand aangeeft van de lokomotieven op het sporennet.

Wanneer er verscheidene posten achter elkaar worden gesimuleerd, zal de eindtoestand van de ene post overgenomen worden als begintoestand voor de volgende post.

Nemen wij als voorbeeld de matrix TEE van tabel II.

Er bevinden zich 9 lokomotieven op het sporennet; iedere lijn van de tabel TEE geeft de situatie weer van een lokomotief. De lokomotief 1 rijdt met volles naar de schacht toe, en bevindt zich sedert 3 minuten (kol. 9) in sektion 121 (kol. 4); wissel 222 (kolom 6) waarlangs de lokomotief deze sektion binnenreed is dus nog niet gans vrij. Tijdens de volgende minuut zal men $TL = 4$ hebben, zodanig dat de wissel vrijkomt, waardoor de aanduiding 222 van kolom 6 zal vervangen worden door nul. De lokomotief zal nog gedurende 7 minuten in sektion 121 blijven, namelijk het verschil tussen $TS = 10$ en $TL = 3$ van

ligne Z = 192 (col. 2) du tableau TAB (cfr. par. 34). La colonne 11 nous rappelle que la locomotive remorque 45 berlines (pleines puisque la section 121 est dirigée vers le puits).

La loco 2 est en section 43 (col. 4) depuis 5 minutes (col. 9) et en sortira dans une minute (col. 8 : $6 - 5 = 1$) puis fera appel à la ligne Z = 28 (col. 2) du tableau TAB pour passer à la section suivante.

La locomotive 3 quittera dans une minute la section 3 (Jonction, direction des vides).

La locomotive n° 4 est à l'entrée de cette même Jonction. Elle attend à la sortie de la section 2 depuis $TL - TS = \text{col. 9} - \text{col. 8} = 28 - 4 = 24$ minutes de pouvoir entrer en 3. C'est la présence de la locomotive n° 3 qui l'en empêche (nous avons vu que nous avons interdit à des rames, même circulant dans le même sens, de s'engager dans la Jonction à la suite l'une de l'autre).

La locomotive n° 5 attend au même point depuis 2 minutes. Si deux locos attendent au même point, c'est celle avec le plus petit numéro qui repartira la première; ce « dépassement » fictif ne présente guère d'inconvénient (il suffit de supposer que les locos changent de numéro).

La locomotive n° 6 attend au puits qu'il y ait assez de vides pour former une rame et partir. Il n'est pas possible de voir sur le tableau depuis combien de temps elle attend, mais, en fin de poste, seront totalisés : les temps d'attente au puits, à chaque chantier et en chaque point du réseau, ainsi que les temps d'attente de chaque locomotive et sa saturation.

La locomotive n° 7 est engagée dans la section 104 depuis 6 minutes et y restera encore $24 - 6 = 18$ minutes. Le temps moyen TM de parcours de cette section est de 19 minutes (voir tableau III, ligne 194), mais, à cause de la dispersion, le temps TS retenu est plus élevé de 5 minutes.

La locomotive n° 8 est depuis 6 minutes en section 4, le temps TS calculé est inférieur de 3 minutes au temps moyen TM renseigné au tableau III, TAB, ligne 3, col. 15).

La locomotive n° 9 est arrivée en fin de section 104. Elle devrait s'engager avec sa rame de pleines dans la section 103 (Jonction, direction puits), mais elle devra attendre, car la locomotive 3 occupe cette section, et les locos 4 et 5 s'y enga-

kolom 9. Hierna zal zij de lijn Z = 192 (kol. 2) van de tabel III (TAB) raadplegen (zie par. 34). Kolom 11 zegt ons dat de lokomotief 45 wagens trekt (vermits we ons in sekte 121 bevinden die naar de schacht leidt, gaat het hier over vol-len).

De lokomotief 2 bevindt zich sinds 5 minuten (kol. 9) in sekte 43 (kol. 4), die zij binnen één minuut (kol. 8 : $6 - 5 = 1$) gaat verlaten; vooraleer de volgende sekte binnen te rijden, wordt zij naar lijn Z = 28 (kol. 2) van de tabel III (TAB) verwezen.

De lokomotief 3 zal de sekte 3 (Jonction = richting legen) binnen één minuut verlaten.

De lokomotief 4 staat aan de ingang van dezelfde Jonction. Zij wacht aan het einde van sekte 2 sedert $TL - TS$ of kol. 9 — kol. 8 = $28 - 4 = 24$ minuten om de sekte 3 binnen te rijden, daar de lokomotief 3 zich in deze sekte bevindt. Zoals hoger gezegd, laten wij niet toe dat 2 treinen, zelfs in dezelfde richting, de Jonction gelijktijdig oprijden.

De lokomotief 5 wacht sinds 2 minuten aan hetzelfde punt. Wanneer er twee lokomotieven aan eenzelfde punt wachten, is het de lokomotief met het kleinste nummer die eerst zal vertrekken; dit fictief « voorbijrijden » stelt geen enkel probleem (men kan zich inderdaad voorstellen dat de lokomotieven van nummer veranderen).

De lokomotief 6 wacht aan de schacht tot zij voldoende legen heeft om een trein te vormen. Uit de tabel kan men niet afleiden hoelang deze lokomotief reeds wacht; op het einde van de post zullen echter volgende tijden worden samenge-teld : de wachttijden aan de schacht, aan ieder laadpunt, en in iedere spoorsekte; tevens wordt dan ook de rijtijd en de verzadiging van iedere lokomotief aangegeven.

De lokomotief 7 bevindt zich in sekte 104 sinds 6 minuten, waar zij nog gedurende $24 - 6 = 18$ minuten zal blijven.

De gemiddelde rijtijd TM van deze sekte bedraagt 19 minuten (zie tabel TAB, lijn 194) maar wegens de dispersie wordt hier als rijtijd $TS = 24$ minuten genomen, dus 5 minuten groter dan TM.

De lokomotief 8 bevindt zich sinds 6 minuten in sekte 4 waarvoor als rijtijd TS een tijd werd bekomen, die 3 minuten lager ligt dan de gemiddelde rijtijd TM die we in de tabel TAB, lijn 3, kolom 15 terugvinden.

De lokomotief 9 is aan het einde van sekte 104 gekomen. Zij zou nu met de vollen de sekte 103 moeten binnenrijden (Jonction, richting schacht) maar zij moet wachten daar lokomotief 3 deze sekte bezet, en de lokomotieven 4 en 5

geront avant la loco n° 9, dans le sens vers les chantiers.

Dans cet exemple, il est clair que la « Jonction » constitue un étranglement.

33. Passage d'une section à la suivante : matrice TAB

La matrice TAB dont le tableau III donne un exemple est la pièce centrale de tout le programme. C'est elle qui contient les informations relatives à l'articulation des différentes sections les unes avec les autres, et traduit donc en lan-

deze sectie vóór lokomotief 9 in de richting van de laadpunten zullen binnenrijden.

In dit voorbeeld vormt de « Jonction » klaarblijkelijk een knelpunt.

33. Overgang van een sectie naar de volgende : de matrix TAB

De kern van gans het programma is de matrix TAB, waarvan de tabel III een voorbeeld is. Het is deze matrix die de informatie bevat over de verschillende secties en hun onderling verband en die de topografische structuur van het spoornet

Tableau III — Matrice TAB du réseau

Tabel III — Matrix TAB van het spoornet

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Z	DIS	DES	S1	S2	A1	A2	DIST	Z	DES	S1	S2	A1	A2	TM	TL	AT
1.	1.	999.	999.	999.	201.	999.	0.	2.	1.	2.	0.	201.	0.	4.	1.	0.
2.	1.	999.	103.	3.	202.	999.	0.	3.	1.	3.	3.	202.	0.	6.	1.	0.
3.	1.	999.	999.	999.	203.	999.	0.	4.	1.	4.	0.	203.	0.	18.	1.	0.
4.	1.	999.	105.	999.	204.	999.	0.	5.	1.	5.	0.	204.	0.	3.	1.	0.
5.	1.	999.	999.	999.	205.	999.	0.	10.	1.	6.	0.	205.	0.	5.	1.	0.
10.	10.	999.	999.	999.	999.	999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
11.	1.	999.	111.	12.	206.	999.	0.	15.	11.	11.	0.	206.	0.	4.	1.	0.
12.	1.	999.	999.	999.	206.	999.	0.	20.	2.	21.	0.	206.	0.	8.	1.	0.
13.	1.	999.	999.	999.	206.	999.	0.	20.	2.	21.	0.	206.	0.	8.	1.	0.
14.	1.	999.	999.	999.	206.	999.	0.	20.	2.	21.	0.	206.	0.	8.	1.	0.
15.	1.	999.	999.	999.	211.	999.	0.	100.	11.	12.	12.	211.	0.	9.	1.	0.
20.	10.	999.	999.	999.	999.	999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
22.	1.	999.	31.	999.	222.	231.	0.	100.	12.	31.	0.	222.	231.	11.	1.	0.
23.	1.	999.	141.	142.	222.	999.	0.	25.	13.	41.	41.	222.	0.	4.	1.	0.
24.	1.	999.	141.	142.	222.	999.	0.	26.	14.	41.	41.	222.	0.	4.	1.	0.
25.	1.	999.	142.	999.	241.	999.	0.	100.	13.	42.	0.	241.	0.	7.	1.	0.
26.	1.	999.	142.	999.	241.	999.	0.	27.	14.	42.	0.	241.	0.	7.	1.	0.
27.	1.	999.	999.	999.	243.	999.	0.	28.	14.	43.	0.	243.	0.	6.	1.	0.
28.	1.	999.	999.	999.	999.	999.	0.	100.	14.	44.	0.	0.	0.	6.	1.	0.
100.	4.	999.	999.	999.	999.	999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
101.	5.	999.	999.	999.	999.	999.	0.	101.	31.	12.	0.	0.	0.	98.	98.	1.
102.	5.	999.	999.	999.	999.	999.	0.	102.	31.	31.	0.	0.	0.	98.	98.	1.
103.	5.	999.	999.	999.	999.	999.	0.	103.	31.	45.	0.	0.	0.	98.	98.	1.
104.	5.	999.	999.	999.	999.	999.	0.	104.	31.	44.	0.	0.	0.	98.	98.	1.
111.	1.	999.	11.	999.	211.	999.	0.	191.	21.	111.	0.	211.	0.	5.	1.	0.
112.	1.	999.	999.	999.	222.	231.	0.	192.	21.	121.	0.	222.	231.	10.	1.	0.
113.	1.	999.	41.	999.	241.	999.	0.	121.	21.	141.	0.	241.	0.	4.	1.	0.
114.	1.	999.	999.	999.	999.	999.	0.	116.	21.	143.	0.	0.	0.	7.	1.	0.
116.	1.	999.	42.	41.	243.	999.	0.	117.	21.	142.	142.	243.	0.	7.	1.	0.
117.	1.	999.	41.	999.	241.	999.	0.	121.	21.	141.	0.	241.	0.	4.	1.	0.
121.	1.	999.	999.	999.	222.	999.	0.	192.	21.	121.	0.	222.	0.	10.	1.	0.
191.	1.	999.	999.	999.	206.	999.	0.	193.	30.	106.	0.	206.	0.	6.	1.	0.
192.	1.	999.	999.	999.	999.	999.	0.	193.	30.	106.	0.	0.	0.	6.	1.	0.
193.	1.	999.	5.	999.	205.	999.	0.	194.	30.	105.	0.	205.	0.	3.	1.	0.
194.	1.	999.	999.	999.	204.	999.	0.	195.	30.	104.	0.	204.	0.	19.	1.	0.
195.	1.	999.	3.	103.	203.	999.	0.	196.	30.	103.	103.	203.	0.	6.	1.	0.
196.	1.	999.	999.	999.	202.	999.	0.	197.	30.	102.	0.	202.	0.	4.	1.	0.
197.	1.	999.	999.	999.	999.	999.	0.	199.	30.	101.	0.	0.	0.	6.	1.	0.
199.	6.	999.	999.	999.	999.	999.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
200.	3.	999.	999.	999.	999.	999.	0.	200.	32.	1.	0.	0.	0.	98.	98.	1.

gage ordinateur la structure topographique du réseau et les contraintes qui en résultent. C'est elle également qui introduit les références aux différentes logiques de dispatching, et les fait intervenir à point voulu. C'est elle enfin qui assure la mise à jour des « feuilles de route » des locomotives, groupées dans le tableau TEE.

Notons que cette matrice TAB est rédigée une fois pour toutes au moment de l'établissement des données, et, contrairement à la matrice TEE, reste inchangée pendant toute la simulation.

La matrice TAB du tableau III a 17 colonnes et un maximum de 200 lignes. Chaque ligne correspond à une section parcourue dans un sens déterminé avec une destination déterminée. Si donc une section peut être parcourue par des rames ayant trois destinations différentes, elle occupera trois lignes de la matrice. Avec 200 lignes on peut couvrir les réseaux les plus étendus qu'il soit pratiquement souhaitable de pouvoir traiter.

La première colonne contient le numéro d'ordre Z de la ligne correspondante; il sert de référence pour consulter la table.

La deuxième colonne contient le numéro du « Dispatcher » ou de la procédure logique à consulter au moment de quitter une section (voir 34).

Les colonnes 3 à 7 indiquent une destination (3), des sections (4-5) ou des aiguillages (6-7) dont la disponibilité ou l'occupation interviendra dans la logique du dispatcher, et conditionnera la décision d'entrer dans la section suivante, ou même le choix de cette section.

Les colonnes 9 à 17 servent à mettre à jour les feuilles de route des locomotives : lors du changement de section, elles sont substituées en bloc aux colonnes 2 à 10 de la ligne de TEE correspondant à la locomotive considérée, introduisant ainsi dans TEE les données (future référence à TAB, destination, occupation de sections et d'aiguillages, initialisation du temps de séjour et de l'indice d'attente) relatives à la nouvelle section. Une remarque cependant : le temps moyen de parcours TM, renseigné à la colonne 15 de TAB, n'est pas enregistré tel quel en TEE, mais modifié au préalable, suivant le processus indiqué en 32, de façon à enregistrer un temps de parcours aléatoire TS dans la colonne 8 de TEE. En variante, au lieu de porter TM en colonne 15 de TAB, on peut indiquer dans la colonne 8 du même tableau la distance à parcourir, et laisser calculer TM par le programme (32).

met de opgelegde beperkingen omzet in computertaal. Het is ook deze matrix die naar de verschillende dispatchingprocedures verwijst en deze doet plaats vinden wanneer zulks wordt gewenst. Het is tenslotte ook deze tabel die het mogelijk maakt de « reisbladen » van de lokomotieven bij te houden, die samengebracht zijn in de tabel TEE.

Er valt op te merken dat deze matrix TAB eens en voorgoed wordt opgesteld tijdens het verzamelen van de gegevens, en dat zij tijdens de simulatie niet verandert, dit in tegenstelling met de tabel TEE.

De matrix TAB van tabel III bevat 17 kolommen en maximum 200 lijnen. Iedere lijn komt overeen met een welbepaalde sektie, en met een welbepaalde bestemming. Indien dus een sektie kan gebruikt worden door treinen voor drie verschillende bestemmingen, dan zal men voor deze sektie 3 lijnen voorzien in de matrix. Met 200 lijnen kan men de meest uitgebreide sporennetten omvatten die praktisch nog wenselijk zijn om behandeld te worden.

De eerste kolom bevat de rangnummer Z van de overeenkomstige lijnen; dit nummer dient als referentie om de tabel te raadplegen.

De tweede kolom bevat het nummer van de « Dispatcher » of het logisch proces dat moet geraadpleegd worden op het ogenblik dat men van sektie gaat veranderen (zie 34).

De kolommen 3 tot 7 geven weer : de bestemming (3) de sektie (4-5) en de wissels (6-7), waarvan de toestand (vrij of bezet) in het rederingsproces van de dispatcher tussenkomt en de beslissing bepaalt, of men van de ene naar de andere sektie mag overgaan.

De kolommen 9 tot 17 dienen om de reisbladen van de lokomotieven bij te houden : wanneer er van sektie veranderd wordt, zullen deze kolommen in blok de kolommen 2 tot 10 vervangen van de lijn van TEE, die met de beschouwde lokomotief overeenstemt; in deze TEE worden aldus bij een sektieverandering volgende gegevens ingebracht : het referentienummer naar TAB, de bestemming, de bezetting van sekties en wissels, initialisatie van de verblijftijd en van de wachtindex in de nieuwe sektie. We moeten hier nochtans volgende opmerking maken : de gemiddelde rijtijd TM die we in kolom 15 van de TAB aantreffen, zullen we niet als dusdanig in de TEE terugvinden; deze rijtijd werd inderdaad eerst aangepast zoals aangeduid in par. 32, zodat we als rijtijd een toevalsveranderlijke TS in kolom 8 van de TEE terugvinden. Een variante bestaat er in dat men in kolom 8 van de tabel TAB de af te leggen afstand aangeeft, in plaats van de tijd TM in kolom 15 van dezelfde tabel; het programma zal dan zelf de tijd TM berekenen (32).

Nous n'avons pas utilisé cette possibilité à Winterslag, les temps y étant trop influencés par les circonstances locales.

Nous allons illustrer le mécanisme du TAB en suivant, sur la figure 7, un train de 45 vides quittant le puits avec la locomotive n° 1. Le chantier vers lequel il se dirige peut être fixé à partir du puits, ou bien n'être déterminé qu'en cours de route. (1133). Le réseau étant équipé d'un trolleyphone reliant en permanence le dispatching, les machinistes et les points de chargement, les destinations seront déterminées à chaque aiguillage de choix.

A une locomotive en attente au puits avec des vides, et prête à s'engager sur la section 2, correspond la ligne $Z = 1$ de TAB. La colonne 2 « DISpatch = 1 » signifie que le départ dépendra uniquement de critères de disponibilité, précisés par les colonnes 3 à 7.

La colonne 3 : DESTinations contient 999, nombre sans signification; il n'y a donc pas de condition relative aux destinations des autres locomotives. Si par contre nous avons 30, c.à.d. la destination « puits », le départ ne pourrait avoir lieu que si aucune autre locomotive ne se trouvait en marche vers le puits, entre les aiguillages 206 et 201 : ceci nous donne le moyen d'établir des priorités. A cet effet, le programme DISpatch 1 compare le nombre inscrit en colonne 3 de TAB avec tous ceux qui se trouvent dans la colonne 3 de TEE, vérifiant ainsi qu'aucune autre locomotive n'a la destination 30.

Les colonnes 4 et 5 contiennent également des 999 : la présence d'autres locos sur les sections dédoublées 2 (même sens) et 102 (autre voie) ne gêne aucunement le départ.

En colonne 6 nous lisons $A1 = 201$. Pour quitter le puits, la loco doit passer sur l'aiguillage 201. Le programme contrôlera dans la colonne 6 de TEE qu'aucune autre locomotive ne se trouve encore en 201. (N.B. - Rappelons que 201 est effacé automatiquement en TEE après 3 minutes de séjour).

En colonne 7, $A2 = 999$: dans le cas présent, il n'y a pas de second appareil à contrôler.

Si donc le contrôle de $A1$ est positif, la locomotive s'engagera dans la section 2, et les colonnes

Wij hebben in Winterslag deze laatste mogelijkheid niet gebruikt, gezien het feit dat de tijden sterk worden beïnvloed door plaatselijke omstandigheden.

Wij zullen nu met een voorbeeld aantonen hoe de tabel TAB wordt opgesteld; we zullen hiervoor een trein met 45 legen volgen die vanaf de schacht met loco n° 1 vertrekt. Ofwel beslist men reeds aan de schacht naar welke werkplaats men de legen zal sturen, ofwel beslist men onderweg, wanneer men aan een keuzewissel is gekomen.

Wij zullen de tweede oplossing kiezen, daar wij over trolleyfoons beschikken die het ons mogelijk maken een permanente verbinding te hebben tussen de dispatching, de lokomotiefmachinisten en de verschillende laadpunten.

Een lokomotief die met legen wacht aan de schacht, gereed om sectie 2 binnen te rijden, verwijst men naar lijn $Z = 1$ van de TAB. De kolom 2 « DIS » = 1 betekent dat het vertrek uitsluitend wordt bepaald door criteria die men kan terugvinden in de kolommen van 3 tot 7.

De kolom 3 : DES bevat het getal 999, een getal zonder betekenis, zodat we niet moeten kijken naar de bestemming van de andere lokomotieven. We zouden ons integendeel kunnen indenken dat om bepaalde redenen de lokomotief met de legen aan de schacht niet mag vertrekken, zolang er zich een lokomotief met vollen bevindt tussen de wissels 206 en 207, dus met $DES = 30$, namelijk bestemming schacht. In dit geval zouden we in de TAB, $Z = 1$, in de kolom 3 : $DES = 30$ schrijven. Met de kolom DES hebben we dus de mogelijkheid prioriteiten in te voeren.

Met dit doel vergelijkt het programma DISPATCH 1 het getal dat zich in kolom 3 van de TAB bevindt met al de getallen die zich in kolom 3 van de TEE bevinden, om na te gaan of er geen andere lokomotief de bestemming 30 heeft.

De kolommen 4 en 5 bevatten eveneens de getallen 999 : de aanwezigheid van andere lokomotieven in de ontdubbelde secties 2 (zelfde richting) en 102 (ander spoor) beletten geenszins het vertrek van de legen aan de schacht.

In kolom 6 lezen wij $A1 = 201$. Bij het vertalen van de schacht moet de lokomotief de wissel 201 oversteken.

Het programma zal kolom 6 van de TEE controleren, om na te gaan of er zich nog geen andere lokomotief op de wissel 201 bevindt. (N.B. Herinneren we eraan dat 201 automatisch wordt uitgewist in de TEE na een bezetting van 3 minuten).

In kolom 7, $A2 = 999$: in ons geval moet er geen tweede wissel worden gecontroleerd.

Indien dus de controle van $A1$ positief uitvalt, dan kan de lokomotief de sectie 2 binnen rijden,

9 à 17 de la première ligne de TAB doivent lui fournir la nouvelle feuille de route à insérer dans TEE. Voyons ce qu'il faut inscrire dans ces colonnes.

Col. 9 : $Z = 2$: à la fin de la section 2, c'est la ligne 2 de TAB qu'il faudra consulter.

Col. 10 : DESTination 1 : la destination provisoire est l'aiguillage 206 où un premier choix devra être fait.

Col. 11 : $S1 = 2$, Col. 12 : $S2 = 0$: la locomotive occupera la section 2; dans ce cas simple, il n'est pas nécessaire de répéter cette indication, ni de bloquer une seconde section.

Col. 13 : $A1 = 201$, Col. 14 : $A2 = 0$: seul l'aiguillage 201 sera occupé (pendant 3 minutes seulement).

Col. 15 : $TM = 4$: temps de parcours moyen de la section 2.

Col. 16 : $TL = 1$ et Col. 17 : $AT = 0$: Initialisation du temps de séjour et de l'indice « attente » au moment où la locomotive pénètre en section 2.

Dès que le dispatcher constate que l'aiguillage 201 est libre, le contenu des colonnes 9 à 17 se substitue à la ligne de TEE correspondant à la locomotive n° 1, et TL est mis à jour, minute par minute, jusqu'à ce que $TL = TS$, indiquant l'arrivée à la fin de la section 2. La colonne 2 de TEE renvoie alors à la ligne $Z = 2$ de TAB où nous devons trouver les indications ci-après :

Col. 1 : $Z = 2$.

Col. 2 : $DIS = 1$: contrôle de disponibilité pour accès dans la section suivante.

Col. 3 : $DES = 999$: pas de problème concernant la destination.

Col. 4 : $S1 = 103$: la section 3 étant à voie unique, on ne peut évidemment s'y engager si une locomotive y circule en sens contraire.

Col. 5 : $S2 = 3$: nous interdisons la présence simultanée dans la Jonction de deux locomotives circulant dans le même sens. Il faut donc contrôler la disponibilité non seulement de la section 103, mais également celle de la section 3.

Col. 6 : $A1 = 202$ et Col. 7 : $A2 = 999$: contrôle du seul aiguillage 202 donnant accès à la section 3.

Col 8 : inutilisée.

en de kolommen 9 tot 17 van de eerste lijn van de TAB zullen het nieuw reisblad van de lokomotief uitmaken, dat wordt ingeschreven in de TEE. Laten we eens nagaan wat we in deze kolommen zullen schrijven.

Kolom 9 : $Z = 2$: aan het einde van sectie 2 zal de lijn 2 van de TAB moeten geraadpleegd worden.

Kolom 10 : $DES = 1$: de voorlopige bestemming is wissel 206, waar er een eerste keuze zal moeten gebeuren.

Kolom 11 : $S1 = 2$, kolom 12 : $S2 = 0$: de lokomotief zal de sectie 2 bezet houden; in dit eenvoudig voorbeeld, is het niet nodig deze aanduiding te herhalen, of een tweede sectie af te grenzen.

Kolom 13 : $A1 = 201$, kolom 14 : $A2 = 0$: alleen de wissel 201 zal worden bezet gehouden (enkel gedurende 3 minuten).

Kolom 15 : $TM = 4$ = gemiddelde rijtijd in de sectie 2.

Kolom 16 : $TL = 1$ en kolom 17 : $AT = 0$: initialisatie van de verblijftijd en de index « wachten » op het ogenblik dat de lokomotief de sectie 2 binnenrijdt.

Zo gauw de dispatcher vaststelt dat wissel 201 vrij is, wordt de inhoud van de kolommen 9 tot 17 in de lijn van de TEE overgeschreven die overeenkomt met lokomotief 1, en TL wordt minuut per minuut bijgewerkt tot op het ogenblik dat $TL = TS$, wat aanduidt dat de lokomotief aan het einde van sectie 2 is gekomen. De kolom 2 van de TEE verwijst dan naar de lijn $Z = 2$ van de TAB, waar wij volgende aanduidingen vinden :

Kolom 1 : $Z = 2$.

Kolom 2 : $DIS = 1$; controle aangaande het beschikbaar zijn van de volgende sectie.

Kolom 3 : $DES = 999$: geen probleem met de bestemming.

Kolom 4 : $S1 = 103$: daar de sectie 3 enkel spoor is, is het duidelijk dat een lokomotief deze sectie slechts mag binnenrijden, wanneer er in deze sectie geen lokomotief aankomt uit tegengestelde richting.

Kolom 5 : $S2 = 3$: daar 2 lokomotieven zich niet gelijktijdig in deze bijzondere sectie mogen bevinden, ook wanneer zij in dezelfde richting rijden, zal men dus moeten nagaan of de twee sekties 103 en 3 allebei beschikbaar zijn.

Kolom 6 : $A1 = 202$ en kolom 7 : $A2 = 999$: controle van de enkele wissel 202 waar sectie 3 begint.

Kolom 8 : niet gebruikt.

Le reste de la ligne constitue la feuille de route de la locomotive s'engageant dans la section 3. Il s'écrit :

Colonne	9	10	11	12
Kolom	Z	DES	S1	S2
	3	1	3	3

L'occupation de la section 3, indiquée en col. 11, a été répétée en colonne 12, qui deviendra la col. 5 de TEE. En effet, une interdiction de pénétrer dans 3 a été indiquée dans la col. 5 ligne 2 de TAB (voir ci-dessus). Cette col. 5 de TAB sera comparée par l'ordinateur à la col. 5 de TEE : il était donc nécessaire de répéter l'occupation dans celle-ci.

L'aiguillage 202 sera occupé pendant 3 min. lors de l'entrée dans 3, et le temps de parcours moyen est 6 minutes.

En fin de section 3, l'indice $Z = 3$, indiqué en col. 9 de TAB et reporté en col. 2 de TEE renverra pour la suite à la 3ème ligne de TAB, les feuilles de route s'enchaînant par l'intermédiaire de TAB : ligne 1 - section 2 - ligne 2 - section 3 - ligne 3 - section 4 - ligne 4 - section 5 - ligne 5 - section 6 - ligne 10. Ici le processus se modifie.

La ligne 10, comme toutes celles pour lesquelles Z est multiple de 10, concerne un choix sur la destination, à faire au moment du passage de l'aiguillage 206. On ne fait plus appel au dispatch 1, mais au dispatch 10, qui choisira la direction à suivre en fonction de la situation des stocks de berlines aux chantiers (34). Les contrôles de disponibilité n'interviennent pas dans ce choix : les colonnes 3 à 7 sont remplies de 999, et les colonnes 8 à 17 de 0.

Le dispatcher choisira p. ex. d'envoyer nos vides au point de chargement n° 2, et nous renverra à la ligne $Z = 10 + 2 = 12$ de la matrice TAB (sortie de section 6 avec destination 2 = point de choix 222).

La section 21-121 étant à double voie, seule importe la disponibilité de l'aiguillage 206 (auquel correspondent matériellement trois aiguillages contigus). A la sortie de la section 21 nous nous trouvons à l'aiguillage de choix 222 et sommes renvoyés à la ligne $Z = 20$ de TAB, qui est identique à la ligne 10. Le dispatcher 10 interviendra de nouveau, mais comme la situation des chantiers a pu évoluer depuis le choix précédent, il se peut qu'il nous aiguille vers le point de chargement n° 4 et nous renvoie vers la ligne

Het overige gedeelte van de lijn stelt het reisblad voor van de lokomotief die zich in de sectie 3 begeeft, dat er dus als volgt uitziet :

13	14	15	16	17
A1	A2	TM	TL	AT
202	0	6	1	0

De bezetting van de sectie 3, aangeduid in kolom 11, werd herhaald in kolom 12, die kolom 5 zal worden van de TEE. Het is inderdaad zo dat in kolom 5, lijn 2, van de TAB (zie hoger) de toegang tot sectie 3 wordt verboden. Het is deze kolom 5 van de TAB die zal vergeleken worden door de computer met kolom 5 van de TEE : daarom was het noodzakelijk de bezetting in deze kolom te herhalen.

De wissel 202 zal gedurende 3 minuten worden bezet gehouden, en de gemiddelde rijtijd bedraagt 6 minuten.

Aan het einde van de sectie 3, zal de index $Z = 3$, die in kolom 9 van de TAB voorkomt en overgenomen werd in kolom 2 van de TEE, voor het verder verloop naar de 3de lijn van de TAB verwijzen, waardoor dan ook telkens de reisbladen uit deze TAB ontstaan : lijn 1 - sectie 2 - lijn 2 - sectie 3 - lijn 3 - sectie 4 - lijn 4 - sectie 5 - lijn 5 - sectie 6 - lijn 10. Hier gebeurt er een ander verloop.

De lijn 10, en dit is tevens waar voor al de lijnen met als nummer een veelvoud van 10, heeft betrekking op de keuze van bestemming die moet gebeuren op het ogenblik dat men aan wissel 206 komt. Men gaat nu geen beroep doen op dispatch 1, wel op dispatch 10, die zal uitmaken welke richting er moet genomen worden, dit in functie van de toestand van de voorraad wagens aan de laadpunten (34). De controles over de beschikbaarheid van de sekties komen voor deze keuze niet in aanmerking : de kolommen 3 tot 7 worden ingevuld met 999, en de kolommen 8 tot 17 met 0.

De dispatcher zal b.v. uitmaken dat onze legen naar laadpunt n° 2 moeten gestuurd worden, waarna hij ons naar de lijn $Z = 10 + 2 = 12$ stuurt van de matrix TAB (uitgang van sectie 6 met bestemming 2 = keuzepunt 222).

Daar de sectie 21 - 121 dubbel spoor bevat, moet er enkel worden nagegaan of wissel 206 vrij is (in feite heeft men in 206 drie wissels naast elkaar). Bij het verlaten van de sectie 21, komen wij aan de keuzewissel 222 te staan, en worden wij naar de lijn $Z = 20$ van de TAB gestuurd, die identiek is met de lijn 10.

De dispatcher 10 zal opnieuw tussenkomen, en het kan nu goed mogelijk zijn, gezien het feit dat de toestand van de laadpunten sedert de vorige keuze kan veranderd zijn, dat hij ons naar

$20 + 4 = 24$ de TAB. Celle-ci indique que, pour quitter la section 21 avec destination 14, il faut vérifier la disponibilité non seulement de 141, mais également de 142 : la section 42-142 est à voie unique, la voie latérale 45 étant réservée aux stations pleins et vides du point de chargement n° 3, et une locomotive engagée dans 142 (direction puits) n'a pas la possibilité de s'effacer pour en laisser passer une autre, sortant de 41, en direction des fronts.

La succession des sections 41 - 42 - 43 - 44 sera assurée par les lignes 24 - 26 - 27 - 28. Le temps de parcours de la section 44 représente en fait la durée des manœuvres (6 min.) au point de chargement 4. Il n'y a pas de section 144 correspondante.

Après 6 minutes de séjour en 44, la colonne 2 de TEE nous renvoie à la ligne $Z = 100$ de TAB. Dans cette ligne, identique pour tous les points de chargement, compte seule la colonne 2 qui fait intervenir le dispatcher 4. Celui-ci :

- identifie le point de chargement considéré ;
- mémorise et annule le nombre $RL = 45$ de berlines amenées par la locomotive, indiqué en colonne 11 de TEE ;
- ajoute ce nombre à celui du stock de vides du chantier, et le retranche de celui des berlines « potentielles » CV en route vers ce chantier (34) ;
- renvoie à la ligne $100 + 4$ (n° du point de chargement) = 104 de la matrice TAB.

La matrice TEE n'est pas modifiée (locomotive en fin de 44).

La colonne 2 de la ligne 104 fait intervenir le dispatcher 5. Celui-ci compare le nombre de de pleins du chantier avec la longueur de rame imposée (ici 45). Si le nombre de pleins est trop faible pour constituer une rame, la locomotive doit attendre, et les chiffres des colonnes 9 à 17 sont envoyés dans TEE.

Col. 9 (= 2 de TEE) : $Z = 104$: retour à la même ligne de TAB après un cycle d'une minute.

Col. 10 (= 3 de TEE) $DES = 31$: destination fictive, permettant de repérer les locos en attente chantier.

Col. 11 (= 4 de TEE) $S1 = 44$: la locomotive occupe toujours la même section 44.

Col. 15 et 16 (TEE 8 et 9) : $TS = TL = 98$: attente en bout de section.

Col. 17 (TEE 10) $AT = 1$: attente.

het laadpunt n° 4 stuurt, en ons verwijst naar de lijn $Z = 20 + 4 = 24$ van de TAB. Deze lijn duidt aan dat wij, vooraleer sektie 21 te verlaten met bestemming 14, de beschikbaarheid moeten nagaan niet alleen van 141, maar ook van 142 : de sektie 42 - 142 bestaat uit enkel spoor, en eens dat een lokomotief zich in sektie 142 (richting schacht) bevindt, is het voor haar niet meer mogelijk uit te wijken om een andere lokomotief door te laten die uit sektie 41 komt, op weg naar de werkplaatsen.

De opeenvolging van de sekties 41 - 42 - 43 - 44 zal geregeld worden door de lijnen 24 - 26 - 27 - 28. In feite is de reistijd van de sektie 44 gelijk aan de maneuvvertijd (6 min.) aan laadpunt 4. Er bestaat hier geen overeenstemmende sektie 144.

Na een verblijfsduur van 6 minuten in 44, worden wij door kolom 2 van de TEE naar de lijn $Z = 100$ van de TAB gestuurd.

Deze lijn geldt voor alle laadpunten en hier is enkel kolom 2 van belang, waardoor dispatcher 4 wordt opgeroepen, die volgende functies krijgt toegewezen :

- het nummer van het beschouwde laadpunt identificeren ;
- onthouden en uitwissen van het aantal wagens door de lokomotief aangebracht, wat aangeduid is in kolom 11 van de TEE ;
- het getal lege wagens optellen bij de voorraad legen van het laadpunt, en aftrekken van de « potentiële » wagens CV onder weg naar het laadpunt (34) ;
- terug verwijzen naar de lijn $100 + 4$ ($4 = N^{\circ}$ van het laadpunt) = 104 van de matrix TAB.

De matrix TEE wordt niet gewijzigd (de lokomotief bevindt zich aan het einde van sektie 44).

De kolom 2 van de lijn 104 doet de dispatcher 5 tussenkomen, die het aantal vollen aan het laadpunt vergelijkt met de opgelegde treinlengte (hier 45 wagens). Indien het aantal vollen te weinig is om een trein te vormen, moet de lokomotief wachten, en de getallen van de kolommen 9 tot 17 worden in de TEE binnengebracht.

Kolom 9 (= 2 van de TEE) : $Z = 104$: terug naar dezelfde lijn van de TAB na een cyclus van één minuut.

Kolom 10 (= 3 van de TEE) : $DES = 31$: fictieve bestemming die toelaat de lokomotieven te herkennen die aan de laadpunten wachten.

Kolom 11 (= 4 van de TEE) : $S1 = 44$: de lokomotief bezet steeds dezelfde sektie 44.

Kolom 15 en 16 (= 8 en 9 in de TEE) : $TS = TL = 98$: wachten op het einde van sektie 44.

Kolom 17 (= 10 in TEE) : $AT = 1$; wachten.

Si le nombre de pleins atteint 45, le dispatcher 5 soustrait ce nombre du stock de pleins, l'inscrit dans la colonne 11 (RL) de TEE et renvoie ensuite à la ligne $110 + 4 = 114$ de TAB, où le processus normal reprend pour pénétrer dans la section 143 après les contrôles de disponibilité normaux.

La locomotive retourne vers le puits suivant les mêmes règles que pour l'aller, mais sans problèmes de choix de direction. A la sortie de la section 101 dont le temps de parcours correspond aux manœuvres au puits, on aboutit à la ligne 199, de structure analogue aux lignes 10, 20, 30... 90, composées de 999 et de 0. Son rôle est d'introduire le dispatcher 6, homologue du dispatcher 4, qui annule RL dans TEE et rajoute au stock du puits le nombre de pleines amenées par la locomotive. Le dispatcher 6 renvoie à la ligne 200, qui introduit le dispatcher 3 (homologue du 5) et fait attendre la locomotive (bouclage sur la ligne 200) jusqu'à ce que le nombre de vides disponibles au puits atteigne 45. A ce moment, la procédure est rebranchée sur la ligne 1 de la matrice TAB.

34. Fonctionnement du Dispatch

Nous avons vu, en détaillant le tableau TAB, les interventions des différents sous-programmes du dispatch. Nous les reprenons sommairement ci-dessous.

Le dispatch n° 1 contrôle la disponibilité des destinations, des sections et des aiguillages sur lesquels une locomotive doit s'engager pour pénétrer dans une section. Ceci se fait en comparant le contenu des colonnes 3 à 7 de la ligne de TAB correspondant à la situation de la loco, à celui des colonnes correspondantes du tableau TEE relatif à toutes les autres locomotives. Toute coïncidence signifie « occupation » et impose l'attente sur place. Les colonnes 4 et 6 (S1 et A1) correspondent normalement à la section sur laquelle la loco va s'engager, et à l'aiguillage d'entrée de cette section. Si d'autres sections ou aiguillages doivent être bloqués, on se servira des colonnes 5 et 7 (S2 et A2), mais comme le contrôle se fait colonne par colonne, il faudra veiller dans ce cas à ce que les mêmes numéros de sections et d'aiguillages figurent dans les colonnes 5 et 7 de TEE, donc dans les colonnes 12 et 14 de TAB qui leur servent de modèle. C'est pour cela que certaines sections figurent en double. Les colonnes 3 et 10 (DES) servent à interdire éventuellement la circulation simultanée de plusieurs

Indien het aantal vollen gelijk is aan 45, trekt de dispatcher 5 dit getal af van de voorraad vollen, schrijft dit aantal in kolom 11 (RL) van de TEE en verwijst de lokomotief naar de lijn $110 + 4 = 114$ van de TAB, vanwaar dan de normale gang van zaken wordt hernomen om de sectie 143 te mogen binnen rijden, na controle van beschikbaarheid van deze sectie.

De lokomotief keert terug naar de schacht volgens dezelfde regels als dit het geval was bij het heengaan, met dit verschil nochtans dat er zich nu geen probleem stelt met het kiezen van een richting. Wanneer men aan het einde van sectie 101 is gekomen, met een rijtijd gelijk aan de manoevertijd aan de schacht, komt men terecht op lijn 199 die een analoge structuur heeft als dit het geval was voor de lijnen 10, 20, 30 90, bestaande uit de getallen 999 en 0. Het is hier dat dispatcher 6 optreedt, te vergelijken met dispatcher 4, die RL in de TEE doet verdwijnen, en het aantal vollen dat de lokomotief heeft aangebracht bij de voorraad vollen van de schacht telt. Dispatcher 6 verwijst naar de lijn 200, die de dispatcher 3 oproept (te vergelijken met dispatcher 5) en de lokomotief doet wachten (een kringloop langs de lijn 200) tot het aantal beschikbare legen aan de schacht 45 bedraagt, waarna men terugvalt op lijn 1 van de matrix TAB.

34. Dispatch-werking

Bij de verklaring van de TAB hebben we gezien hoe de verschillende sub-programmas van het dispatching-mecanisme tussenkomen, die wij hier nu bondig samenvatten.

Het dispatchingprogramma n° 1 controleert de beschikbaarheid van de bestemmingen, van de sekties en van de wissels langswaar een lokomotief heen moet om een sectie binnen te rijden. Dit gebeurt door de inhoud van de kolommen 3 tot 7 van de lijn van de TAB die overeenstemt met de toestand van de lokomotief, te vergelijken met de overeenkomstige kolommen van de tabel TEE voor alle andere lokomotieven. Iedere overeenkomst betekent « bezet » en geeft aanleiding tot een wachttijd op de plaats. Normaal komen de kolommen 4 en 6 (S1 en A1) overeen met de sectie die de lokomotief gaat binnenrijden en met de wissel waarmee de sectie begint. Indien andere sekties of wissels moeten vergrendeld worden, zal men hiervoor de kolommen 5 en 7 gebruiken, (S2 en A2); daar de controle kolom per kolom gebeurt, moet men er in dit geval wel voor zorgen dat dezelfde sektie- en wisselnummers voorkomen in de kolommen 5 en 7 van de TEE, dus in de kolommen 12 en 14 van de TAB die hiervoor als model dienen. De kolommen 3 en 10 (DES) worden gebruikt om te verhinderen dat verschillende

locomotives vers une même destination, pour éviter les embouteillages. Après libération du passage, le dispatch 1 assure le renouvellement de la «feuille de route» de la locomotive dans TEE et le calcul du temps de parcours aléatoire TS à partir du temps moyen TM tiré de la colonne 15 de TAB. Toutes les sections qui ne se terminent pas par un choix de direction ou un point de chargement, débouchent sur un appel à dispatch 1.

Le dispatch n° 4 est introduit par la ligne 100 de TAB à la sortie des sections aboutissant aux points de chargements : ce sont les sections 12 - 31 - 42 et 44 de l'exemple. Ce dispatch ne prend pas de décisions, mais retire de la longueur de train RL en TEE et de la réserve potentielle CVQ du chantier Q, les vides de la rame qu'il ajoute aux vides VCQ en attente devant le point de chargement. Il introduit ensuite le dispatch 5 en lui fournissant le numéro du chantier considéré par la ligne 100 + Q de TAB.

Le dispatch 5 maintient la locomotive en attente sur la section de chargement (en la renvoyant toujours à la même ligne de TAB), avec la destination 31 identifiant les locos en attente-chantier, aussi longtemps que le nombre de pleines FC au point de chargement est insuffisant pour former une rame. Lorsque la rame est complète, il renvoie à la ligne 110 + Q de TAB, et la rame se met en marche vers le puits.

Les dispatch 6 (aboutissement de la section 101, ligne 199) et 3 (ligne 200) sont au puits ce que les numéros 4 et 5 sont respectivement pour les chantiers, les pleins remplaçant les vides et vice-versa.

Le dispatch 5 peut être remplacé par le n° 7 qui, au lieu d'un nombre fixe, impose une fourchette entre un maximum et un minimum de berlines par rame. Nous avons vu (22) que cet élément de souplesse pouvait présenter des inconvénients.

Les numéros 2, 8 et 9 ont été réservés pour des programmes spéciaux (transport de personnel en début et fin de poste) mais n'ont pas encore été utilisés.

Le dispatch 10 intervient aux lignes 10 et 20 (multiples de 10) de TAB, à la sortie des sections 6 et 21 où doit se faire le choix entre les différents points de chargement qu'il est possible

lokomotieven zich gelijktijdig naar eenzelfde bestemming zouden begeven, waardoor er een opstopping zou ontstaan. Wanneer de sektie is vrijgekomen, zorgt het dispatching programma 1 er voor dat het reisblad van de lokomotief in de TEE wordt vernieuwd, en berekent de rijtijd TS die een toevalsveranderlijke is en afgeleid wordt van de gemiddelde tijd TM die uit kolom 15 van de TAB wordt gehaald. Uitgezonderd voor het kiezen van een richting of wanneer het gaat over een laadpunt, wordt er aan de uitgang van al de sekties beroep gedaan op dispatchingprogramma 1.

Het dispatchingprogramma n° 4 wordt opgeroepen in lijn 100 van de TAB, bij het einde van de sekties waarin de laadpunten zijn gelegen : in ons voorbeeld zijn dit de sekties 12 - 31 - 42 en 44. Dit dispatching programma neemt geen beslissing, maar trekt de legen af van de trein RL in TEE en van de potentiële voorraad legen CVQ van de werkplaats Q, om ze daarna bij te tellen bij de legen VCQ die aan het laadpunt wachten.

Het brengt ons daarna naar het dispatchingprogramma 5 en geeft het nummer Q van de beschouwde werkplaats aan door naar de lijn 100 + Q van de TAB te verwijzen.

Door de lokomotief steeds naar dezelfde lijn van de TAB terug te sturen, doet het dispatchingprogramma haar in de laadsektie zolang wachten tot het aantal vollen FC aan dit laadpunt voldoende is om een trein te vormen. Om de lokomotieven te kunnen identificeren die aan de laadpunten wachten, krijgen ze als bestemming 31. Wanneer er een trein is gevormd, verwijst het dispatching programma 5 naar de lijn 110 + Q van de TAB, en de trein vertrekt dan naar de schacht.

De dispatchingprogrammas 6 (bij het uitkomen uit sektie 101, lijn 199) en 3 (lijn 200) doen hetzelfde aan de schacht wat de nummers 4 en 5 doen aan de werkplaatsen, waarbij de vollen de legen vervangen, en omgekeerd.

In de plaats van het dispatchingprogramma nummer 5 kan men ook nummer 7 gebruiken; dit programma gebruikt geen vast aantal wagens per trein, maar laat een zekere speling toe tussen een maximum en een minimum aantal wagens. Wij hebben gezien (22) dat men hierdoor meer soepelheid bekomt maar dat men ook met de nadelen hiervan moet rekening houden.

De nummers 2, 8 en 9 werden voorbehouden voor speciale programmas (personeelsvervoer begin en einde post) maar zijn tot nog toe niet gebruikt geweest.

Het dispatchingprogramma 10 komt voor in de lijnen 10, 20 (veelvouden van 10) van de TAB, aan het einde van de sekties 6 en 21, waar er een keuze moet gebeuren tussen de verschillende

d'atteindre à partir du point occupé par la locomotive. Ce choix s'effectue suivant les critères définis en 1133, en utilisant les compteurs VCQ (vides au chantier) et CVQ (vides « potentielles » en route vers le chantier) relatifs à chacun des chantiers Q. Une matrice, faisant partie des données, indique à l'ordinateur quels sont les chantiers à prendre en considération à chaque point de choix. Bien entendu, le dispatch 10 modifie les compteurs CV (vides potentielles) en fonction des changements d'affectation qu'il a opérés.

Nous avons travaillé au début suivant le critère de la perte minimum de production (1133). Ceci a amené certains déboires, d'une part parce qu'il est difficile d'estimer de façon à la fois simple et valable le temps d'arrivée de la rame suivante au point de choix, d'autre part parce que ce critère n'a de sens concret que s'il y a réellement perte de production dans la plupart des cas. C'est justement ce que l'on s'efforce d'éviter, et, si le transport est efficace, le critère amène à comparer des « pertes négatives », ce qui n'a pas beaucoup de sens. Si les « manques à vides » sont rares, le critère de la « probabilité minimum d'arrêt » ou de la marge de sécurité maximum est plus simple à manier, et nous nous en sommes bien trouvés.

Le n° 10 renvoie à TAB en rajoutant le numéro du chantier choisi à celui de la ligne qui lui a servi d'entrée. Par exemple, à la ligne 20 font suite les lignes 22, 23 ou 24 suivant que la rame est aiguillée vers les chantiers 2, 3 ou 4 (1 est inaccessible à partir de l'aiguillage 222 où se fait ce choix).

35. Production des tailles et extraction du puits

La production des tailles résulte, comme cela a été expliqué au paragraphe 112, d'un tirage au sort effectué toutes les 10 minutes, suivant la formule :

$$P(Q) = CP(Q) + (2 YFL - 1) * SIG(Q)$$

dans laquelle :

Q est l'indice du chantier.

P(Q) : la production, en berlines par minute, du chantier « Q » pendant les 10 minutes suivantes.

CP(Q) : la production moyenne prévue, en berl./min. du chantier (fait partie des données).

laadpunten die vanaf dit punt door de lokomotief kunnen bereikt worden.

Deze keuze wordt bepaald volgens de criteria, vastgelegd in 1133, waarbij de tellers VCQ (leggen aan de werkplaats) en CVQ (potentiële leggen onderweg naar de werkplaats) van iedere werkplaats te pas komen. Een matrix, die deel uitmaakt van de gegevens, geeft de computer de nodige aanwijzingen welke laadpunten bij ieder keuzepunt in aanmerking komen. Het is duidelijk dat het dispatchingprogramma 10 de tellers CV wijzigt (potentiële leggen) in functie van de veranderingen die het aanbrengt in de toewijzing van de treinen.

In het begin hebben wij gewerkt volgens het criterium van het minimaal produktieverlies (1133). Deze manier van doen was te discussiëren : enerzijds is het moeilijk om volgens een eenvoudige en geldige wet de tijd te bepalen wanneer een volgende trein aan het keuzepunt toekomt, terwijl anderzijds dit criterium alleen konkrete betekenis heeft, indien in de meeste gevallen een produktieverlies werkelijk optreedt. Het is nu juist dat wat men tracht te vermijden, en, wanneer we met een efficiënt vervoer te doen hebben, gaan wij met dit criterium negatieve verliezen onderling vergelijken, wat niet veel zin heeft.

Indien « halten voor leggen » zelden voorkomen, is het criterium van de « minimale halte waarschijnlijkheid », of van de maximale veiligheidsmarge, veel handiger, wat we dan ook toegepast hebben.

Het programma n° 10 brengt ons terug in de TAB door het nummer van de gekozen werkplaats bij te tellen bij het nummer van de lijn waarvan we vertrokken zijn. Zo zullen b.v. de lijnen 22, 23 of 24 volgen achter de lijn 20, al naargelang de trein naar de laadpunten 2, 3 of 4 (1 is niet te bereiken vanaf de wissel 222 waar de keuze hier gebeurt) wordt geleid.

35. Pijlerproducties en schachtektstraktie

Zoals dit reeds in de paragraaf 112 werd uiteengezet bekomt men de pijlerproducties uit een toevalstrekking, uitgevoerd om de 10 minuten, volgens de formule :

$$P(Q) = CP(Q) + (2 YFL - 1) * SIG(Q)$$

waarin :

Q = de index van de werkplaats.

P(Q) = de produktie in wagens per minuut, van de werkplaats « Q » gedurende de 10 volgende minuten.

CP(Q) = de gemiddelde voorziene produktie van de werkplaats in wagens per minuut (is een gegeven).

SIG (Q) : la « dispersion » (donnée également) de la production par rapport à la moyenne : il ne s'agit pas de l'« écart-standard » défini en statistique, mais de l'écart maximum (range) que l'on admet comme possible pendant 10 minutes. Pour les applications à Winterslag, nous avons pris $SIG = 0,7$ à $0,8$ CP de façon à reproduire des dispersions réalistes sur l'ensemble d'un poste.

YFL est un nombre aléatoire, compris entre 0 et 1, fourni par une routine IBM appelée RANDU, consistant à multiplier entre eux des nombres élevés, en ne conservant que les chiffres de droite.

Il est clair, dans ces conditions, que la formule ci-dessus donne des résultats répartis de façon équiprobable entre $CP + SIG$ et $CP - SIG$ (il ne s'agit donc pas d'une loi normale).

Le processus au puits est analogue à celui d'un chantier, mais en inversant les vides et les pleins. Cependant, comme une installation d'encagement ou de culbutage est soumise à beaucoup moins d'aléas qu'une taille, nous appliquons au puits, toutes les minutes, un tirage au sort gaussien, suivant la formule :

$$EP = CEP - (A - 6) SIGP$$

EP : nombre de berlines engagées ou culbutées pendant la minute considérée.

CEP : capacité moyenne d'extraction du puits, en berlines par minute (donnée).

SIGP : dispersion (écart standard) de la capacité d'extraction (donnée).

A : variable aléatoire, de moyenne 6 et d'écart-standard 1, donnée par la sous-routine IBM « GAUSS », et résultant, comme au par. 31, de la sommation de 12 nombres obtenus par « RANDU ».

En dehors des chantiers et des puits, le programme prévoit des travaux préparatoires ou traçages, produisant à chaque poste une quantité définie de berlines (les pierres correspondant à un tir), mais à un moment aléatoire. Selon les cas, ces traçages seront prioritaires par rapport aux chantiers, ou inversement.

36. Ordinogramme général, déroulement du programme

La figure 8 donne les grandes lignes de l'ordinogramme.

Après la lecture des données, la simulation se déroule suivant une succession de cycles, représentant chacun une minute de temps réel.

SIG (Q) = de dispersie (eveneens een gegeven) van de produktie ten opzichte van het gemiddelde : het gaat hier niet om de standaardafwijking zoals die in de statistiekenleer wordt bepaald, maar om de maximale afwijking (range) die men mogelijk acht tijdens 10 minuten.

Voor de toepassingen te Winterslag, hebben wij $SIG = 0,7$ à $0,8$ CP genomen, met de bedoeling realistische dispersies te bekomen op het geheel van een post.

YFL is een toevalsgetal, gelegen tussen 0 en 1, bekomen door een routine IBM met name RANDU, die er in bestaat grote getallen met elkaar te vermenigvuldigen waarbij enkel de cijfers van rechts worden behouden.

Het is klaar dat, onder deze voorwaarden, de hoger aangehaalde formule resultaten zal verschaffen met evenveel kans van uitkomen tussen $CP + SIG$ en $CP - SIG$ gelegen (het gaat hier dus niet over een normaalwet).

De processus aan de schacht is analoog aan deze van een werkplaats, met dienverstande dat men legen en vollen verwisselt. Gezien het feit dat een inkooi- of kipinstallatie veel minder schommelingen vertoont dan een werkplaats, hebben we hier aan de schacht de toevalstrekking om de minuut laten gebeuren, volgens een gausiaan verloop met als formule

$$EP = CEP - (A - 6) SIGP$$

EP = aantal ingekooide of gekipte wagens tijdens de beschouwde minuut.

CEP = gemiddelde ekstraktiekapaciteit van de schacht in wagens per minuut (gegeven).

SIGP = dispersie (standaardafwijking) van de ekstraktiekapaciteit (gegeven).

A = toevalsveranderlijke, met 6 als gemiddelde en 1 als standaardafwijking, gegeven door de subroutine IBM « GAUSS », die afgeleid wordt (zie paragr. 31) van de som van 12 getallen die bekomen worden door « RANDU ».

Buiten de werkplaatsen en de schachten worden in het programma ook de voorbereidende werken of delvingen voorzien, die per post een bepaalde hoeveelheid wagens leveren (de stenen van een schieting), en dit op een toevallig ogenblik. Naargelang het geval, zullen deze delvingen voorrang krijgen of niet op de werkplaatsen.

36. Algemeen ordinogram, afwikkeling van het programma

De figuur 8 stelt in grote lijnen het ordinogram voor. Eens de gegevens ingelezen, verloopt de simulatie volgens een opeenvolging van cyclussen die ieder één minuut in de werkelijkheid voorstellen.

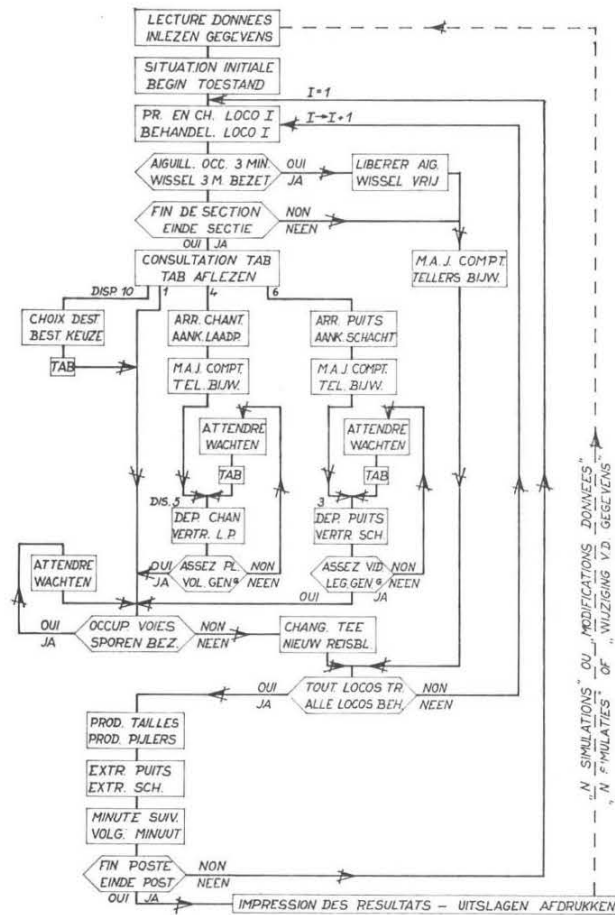


Fig. 8.

Ordinogramme général du programme.
Algemeen ordinogram van het programma.

Le cycle commence par la prise en charge des locomotives l'une après l'autre, dans l'ordre de leurs numéros, par scrutation successive des lignes de TEE, et mise à jour du temps de séjour de la locomotive dans la section qu'elle parcourt à la minute n (col. 9 de TEE). En fonction de ce temps de séjour, le programme libérera l'aiguillage d'entrée de la section, ou détectera l'arrivée en fin de section. Dans ce dernier cas, la colonne 2 de TEE renverra à une ligne de TAB, qui contient elle-même les indications nécessaires et la référence à un des dispatchers pour assurer un des processus suivants :

- A. — Contrôle de non-occupation de sections et aiguillages et passage à la section suivante (DIS 1);
 - Substitution d'une nouvelle feuille de route à l'ancienne (colonne 2 à 10 de TEE) et calcul du temps de parcours.
- B. — Arrivée à un aiguillage de choix, choix d'une nouvelle destination (DIS 10), puis comme en A.
- C. — Contrôle de la présence, à un point de chargement (DIS 5) ou au puits (DIS 3) d'un nombre de berlines (pleines ou vides)

In het begin van de cyclus worden de lokomotieven, de ene na de andere, volgens hun volgnummer behandeld, door achter elkaar de lijnen van de TEE na te gaan, waarbij de verblijfstijd van de lokomotief in de sekte die zij tijdens de minuut n berijdt telkens bijgewerkt wordt (kol. 9 van de TEE).

Het is in functie van de verblijfstijd dat het programma de ingangswissel van de sekte zal vrij maken, of de aankomst op het einde van de sekte zal vaststellen. In dit laatste geval zal de kolom 2 van de TEE naar een lijn van de TAB verwijzen, die de nodige inlichtingen bevat met de verwijzing naar een van de dispatchers om een van de volgende processen te verzekeren :

- A. — Controle van niet-bezetting van sekties en wissels en overgang naar de volgende sekte (DIS 1);
 - vervanging van het oude reisblad door een nieuw (kolom 2 tot 10 van de TEE) en berekening van de reistijd.
- B. — Keuze van een nieuwe bestemming bij aankomst aan een keuzewissel (DIS 10), en verder zoals in A.
- C. — Controle aan een laadpunt (DIS 5) of aan de schacht (DIS 3) van een aantal wagens (vullen of legen) voldoende om een trein

suffisant pour former une rame, et attente ou départ, puis comme en A.

D. — Arrivée à un point de chargement (DIS 4) ou au puits (DIS 6), mise à jour des compteurs du chantier, puis comme en C.

Après avoir considéré toutes les locomotives, le programme traite les chantiers l'un après l'autre : calcul de la production de la taille pendant la minute ($n + 1$) (ou réutilisation de la valeur obtenue au tirage précédent) et mise à jour des compteurs de vides et de pleins, éventuellement arrêt de la taille en cas de manque à vides ou de blocage par les pleins, et comptabilisation des pertes de production.

Le puits est ensuite traité comme les chantiers.

Enfin, le programme passe à la minute suivante, et le cycle recommence, à moins que la fin du poste ne soit atteinte.

Les résultats sont imprimés en fin de poste, mais la programmation peut être enchaînée pour simuler plusieurs postes sans interruption avec des données identiques, puis recommencer en faisant varier par incréments prédéterminés le nombre de berlines ou d'autres facteurs.

4. INTRODUCTION DES DONNEES

Sans entrer dans le détail de la mise en format nous nous contenterons d'énumérer ici les données à fournir à l'ordinateur, dans l'ordre de succession des cartes.

1. - une carte « commentaire » (titre);
2. - une carte indiquant le nombre de fois que la simulation doit être effectuée en augmentant chaque fois le parc de berlines d'un incrément indiqué en 3;
3. - une carte portant :
 - le « code d'impression » 1, 2 ou 3 suivant la forme plus ou moins développée sous laquelle on désire obtenir les résultats (voir chap. 5);
 - le nombre minimum de locomotives avec lequel on désire effectuer la simulation;
 - le nombre maximum de locomotives : si on ne désire tester qu'une variante, ces deux nombres doivent être égaux;
 - les longueurs minimum et maximum des rames (même remarque que ci-dessus);

te vormen, met « wachten » of « vertrekken » als gevolg, waarna weer verder volgens A.

D. — Het bijwerken van de tellers van de werkplaatsen bij aankomst aan een laadpunt (DIS 4) of aan de schacht (DIS 6), en daarna verder volgens C.

Wanneer al de lokomotieven werden in beschouwing genomen, behandelt het programma achtereenvolgens al de werkplaatsen : berekening van de pijlerproductie tijdens de minuut ($n + 1$) (of hergebruik van de waarde die door de vorige trekking werd bekomen) en bijwerken van de tellers van de legen en de vollen, met daarbij gebeurlijk wachten van de pijler ingeval van te kort aan legen of geblokkeerd met de vollen, en berekening van de produktieverliezen.

De schacht wordt vervolgens zoals de werkplaatsen behandeld.

Ten slotte gaat het programma over naar de volgende minuut, en de cyclus herbegint, tenzij men aan het einde van de post is gekomen.

Op het einde van de post worden de resultaten gedrukt, maar de programmatie kan ingesteld worden om verschillende posten met identische gegevens zonder onderbreking te simuleren, om daarna te herbeginnen, waarbij men het aantal wagens of andere factoren met vooraf bepaalde toeslagen wijzigt.

4. HET INVOEREN VAN DE GEGEVENS

We zullen hier het pensen van de kaarten niet in detail gaan beschrijven, maar ons enkel beperken tot de opsomming van de gegevens die in de computer moeten ingevoerd worden, in de volgorde zoals de kaarten achter elkaar komen.

1. - een « kommentaar »-kaart;
2. - een kaart die aangeeft hoe dikwijls de simulatie moet uitgevoerd worden, waarbij men telkens het wagenpark met een bepaalde hoeveelheid laat toenemen, zoals aangeduid in 3 hierna;
3. - een kaart met als inhoud :
 - de « drukcode » 1, 2 of 3 naargelang de min of meer uitgebreide vorm volgens dewelke men de resultaten wenst te bekomen (zie hoofdst. 5);
 - het minimum aantal lokomotieven waarmee men de simulatie wil laten verlopen;
 - het maximum aantal lokomotieven : wanneer men slechts één variante wenst te onderzoeken, zullen deze twee getallen gelijk zijn;
 - de minimum en maximum lengten van de treinen (zelfde opmerking als hoger);

- l'incrément à appliquer au parc de berlines entre chaque variante et la suivante (point 2 ci-dessus);
 - le nombre de postes à simuler pour chaque variante;
 - le nombre d'aiguillages de choix du réseau.
4. - une carte indiquant :
- le nombre de points de chargement;
 - le nombre de simulations à faire avec des parcs de berlines différents (répétition du 2);
 - l'intervalle de temps, en minutes, séparant les tirages au sort de la production des chantiers.
5. - 200 cartes matérialisant la matrice TAB décrite en 33. Pour un réseau courant, les 200 lignes ne sont pas toutes utilisées, mais le programme actuel exige la confection des 200 cartes, dont certaines cependant ne comporteront qu'un numéro d'ordre.
6. - Autant de cartes (max. 9) qu'il y a de points de chargement, indiquant :
- le n° du point de chargement (Q);
 - la production moyenne en berlines par minute : CP (Q);
 - la dispersion de cette production en berl./min : SIG (Q);
 - la capacité de la station des pleins;
 - l'heure de démarrage du chantier (0 pour une taille, quelconque pour un traçage);
 - l'heure de la fin de la production du chantier (normalement 360).
7. - une carte, indiquant :
- la capacité d'extraction du puits, en berl./min : CEP;
 - la dispersion de cette capacité en berl./min. : SIGP;
 - la capacité de stockage de berlines vides au puits.
8. - Pour chaque aiguillage de choix, autant de cartes qu'il y a de points de chargement, indiquant le n° du point de chargement, et le temps nécessaire pour y parvenir à partir de l'aiguillage de choix considéré (0 s'il n'est pas possible d'atteindre ce point de chargement à partir de l'aiguillage).
9. - Pour chaque aiguillage de choix, une carte portant :
- le n° de l'aiguillage;
 - deux nombres indiquant quels points de chargement peuvent être atteints à partir de cet aiguillage; par exemple « 2-4 » signifie que les chantiers 2 - 3 - 4 sont accessibles : il y a lieu de tenir compte de ce point dans la numérotation des chantiers.
- toe te voegen toeslag bij het wagenpark bij opeenvolgende varianten (punt 2 hierboven);
 - aantal te simuleren posten voor iedere variante;
 - aantal keuzewissels dat het spoornet bevat;
4. - een kaart met als inhoud :
- aantal laadpunten;
 - aantal uit te voeren simulaties met verschillende wagenparken (herhaling van 2);
 - het tijdsinterval, in minuten, tussen de toevalstrekkings van de produktie van de werkplaatsen;
5. - 200 kaarten om de matrix TAB voor te stellen die werd beschreven in 33. Voor een normaal net worden de 200 lijnen niet allen gebruikt, maar zoals het programma nu bestaat, moeten er 200 kaarten voorzien worden, waarvan sommigen enkel een volgnummer dragen.
6. - Zoveel kaarten (max. 9) als er laadpunten zijn, en die volgende gegevens bevatten :
- het nummer van het laadpunt (Q);
 - de gemiddelde produktie, in wagens per minuut : CP (Q);
 - de dispersie op deze produktie, in wagens per minuut : SIG (Q);
 - de capaciteit van het station van de vollen;
 - het vertrekuur van de werkplaats (0 voor een pijler, om het even wat voor een delving);
 - uur van eindigen van de produktie van een werkplaats (gewoonlijk 360).
7. - een kaart die aangeeft :
- de ekstraktiekapaciteit van de schacht in wagens per minuut : CEP;
 - de dispersie op deze capaciteit in wagens per minuut : SIGP;
 - de stockeerkapaciteit van lege wagens aan de schacht.
8. - Voor iedere keuze wissel, zoveel kaarten als er laadpunten zijn, met als aanduidingen het nummer van het laadpunt en de tijd die nodig is om het laadpunt te bereiken vanaf de beschouwde keuze wissel (0 indien het onmogelijk is het laadpunt vanaf de wissel te bereiken).
9. - Een kaart voor elke keuze wissel met als inhoud :
- het nummer van de keuze wissel;
 - twee getallen die aanduiden welke laadpunten er kunnen bereikt worden vanaf deze wissel; b.v. « 2 4 » betekent dat de werkplaatsen 2 - 3 - 4 bereikbaar zijn : men zal dus op dit punt letten bij de nummering van de werkplaatsen;

- un indice 0 ou 1, suivant que tous les chantiers sont accessibles ou non à partir de l'aiguillage considéré.
10. - un nombre de cartes égal au nombre maximum de locomotives à simuler : ces cartes matérialisent la matrice TEE, et par conséquent la situation initiale; il importe évidemment de partir d'une situation vraisemblable. Si des simulations se succèdent avec des nombres croissants de locomotives, les locomotives en surnombre seront ignorées pendant le traitement des premières variantes, et interviendront au moment voulu à l'endroit prévu au TEE initial (p. ex. attente au puits).
11. - une carte par point de chargement, indiquant le stock de vides et de pleins à ce chantier au moment initial.
12. - une carte par point de chargement, indiquant les vides « potentiels » CV en route vers ce chantier au moment initial.
13. - une carte donnant le nombre de pleins et de vides au puits au moment initial, ainsi que le parc total de berlines.
- een aanduiding 0 of 1, al naargelang al de laadpunten bereikbaar zijn of niet vanaf de beschouwde wissel.
10. - Een aantal kaarten, gelijk aan het maximum aantal te simuleren lokomotieven : deze kaarten stellen de matrix TEE voor in de begin-toestand; het is klaar dat men hiervoor van een mogelijke toestand uitgaat. Indien simulaties moeten worden uitgevoerd met een stijgend aantal lokomotieven, zullen de overtoelinge lokomotieven (die met de hoogste nummers) tijdens de uitvoering van de eerste varianten op zij gelaten worden. Die lokomotieven worden pas bij de gewenste simulatiegroep ingeschakeld, op de plaats die bij het begin in de TEE was voorzien (b.v. wachten aan de schacht).
11. - Een kaart per laadpunt, die de voorraad legen en vollen vermeldt van de werkplaats bij de vertrektoestand.
12. - Een kaart die per laadpunt de potentiële legen CV aangeeft die onderweg zijn naar de werkplaats bij de vertrektoestand.
13. - Een kaart die het aantal vollen en legen aan de schacht weergeeft bij de vertrektoestand, met tevens ook het totaal wagenpark.

On remarquera que cette énumération comporte de nombreuses redondances ou répétitions, et il y a donc un risque d'incompatibilité parmi les données.

Ce sont des points à améliorer lors d'une refonte éventuelle du programme.

Men zal opmerken dat in deze opsomming talrijke herhalingen voorkomen, met het gevaar van onverenigbaarheid tussen bepaalde gegevens.

Het zijn punten die te verbeteren zijn wanneer men het programma eventueel zou herzien.

5. SORTIE DES RESULTATS

Dans un problème de simulation comme celui-ci, on a l'embarras du choix en ce qui concerne les résultats à « sortir ». Si, dans certains cas, on a besoin d'une analyse détaillée, dans d'autres l'abondance des données masque les résultats essentiels et complique le dépouillement. Aussi a-t-on laissé ici le choix entre trois modes de présentation des résultats.

Dans le mode d'impression n° 1, l'ordinateur imprime *pour chaque minute* :

- le nombre de minutes d'utilisation de chaque locomotive;
- l'état de la matrice TEE;
- l'état des vides et des pleins, la production cumulée, les temps d'attente par manque à vides pour chaque chantier, ainsi que les attentes de locomotives par manque de pleins à ce chantier;

5. HET WEERGEVEN VAN DE RESULTATEN

Wanneer we, zoals hier, te doen hebben met een simulatieprobleem, staat men voor de keuze welke resultaten men wil laten te « voorschijn komen ». In sommige gevallen zal men de ontleding van de resultaten tot in de bijzonderheden willen kennen, terwijl in andere gevallen overvloedige gegevens het moeilijk maken om het essentiële te herkennen. Daarom heeft men hier ook de keuze tussen drie manieren om de resultaten voor te stellen.

Bij de manier van drukken n° 1, drukt de computer *voor iedere minuut* :

- benuttingstijd in minuten van iedere lokomotief;
- de toestand van de matrix TEE;
- de toestand van de legen en de vollen, de gecumuleerde produktie, de wachttijden van de lokomotieven bij gebrek aan vollen aan de werkplaats;

- le tableau des vides potentielles en route vers chaque chantier;
- l'état des pleins et des vides au puits, les attentes du puits par manque de pleins, et les attentes de locomotives au puits par manque de vides.

Ce mode de présentation, très lourd, n'a d'intérêt que pour la mise au point du programme, ou pour éclaircir une anomalie, due, par exemple, à une erreur dans les données.

La simulation d'un poste dure environ 5 minutes avec cette présentation. Elle peut être complétée par une sous-routine « PLOT », qui produit des courbes cumulatives de la production de chaque chantier en fonction du temps, avec les variations des stocks de vides et de pleins. Ces diagrammes sont très intuitifs, mais exigent de vastes capacités de mémoire.

Le mode d'impression n° 2, au contraire, est extrêmement concis. L'ordinateur totalise les résultats de toutes les simulations effectuées avec une combinaison de données, et imprime sur deux lignes les totaux et les moyennes par poste.

Une série de 15 simulations demande 5 minutes. Ceci permet d'étudier rapidement l'effet de la variation d'un paramètre.

Le mode d'impression n° 3 est intermédiaire. Il donne, à la fin de chaque poste, les chiffres ci-après (tableau IV) :

- vides « potentielles » en route vers chaque chantier;
- pour chaque chantier : stocks de vides et de pleins, nombre de berlines produites, temps d'attente du chantier par manque à vides ou blocage des pleins, attente des locos par manque de pleins;
- production totale du poste;
- total des attentes de locos par manque de pleins;
- total des arrêts de chantiers par manque de vides ou excès de pleins;
- arrêts et pertes de production par chantier et totaux;
- état des berlines et attentes au puits;
- attentes en voie, avec leur localisation par sections, ce qui suggère immédiatement les améliorations à apporter au réseau;
- matrice TEE en fin de poste;
- compteurs de marche et saturation moyenne et individuelle des locomotives.

En fin de simulation, l'ordinateur fournit le total et la moyenne des nombres de berlines

- de tabel met de potentiële legen, onder weg naar ieder laadpunt;
- de toestand van de vollen en de legen aan de schacht, de wachttijden van de schacht bij gebrek aan vollen, en de wachttijden van de lokomotieven aan de schacht bij gebrek aan legen;

Deze manier van voorstellen is zeer zwaar, en heeft slechts nut bij het op punt stellen van het programma, of om een afwijking te verduidelijken, b.v. een fout in de gegevens.

De simulatie van een post duurt ongeveer 5 minuten met deze voorstellingswijze. Ze kan vervolledigd worden door een subroutine « PLOT », die de cumulatieve krommen van de produktie van ieder laadpunt opstelt in functie van de tijd, met de schommelingen van de voorraden legen en vollen. Deze diagrammas zijn zeer sprekend, maar vragen grote geheugenkapaciteiten.

De manier van drukken n° 2 daarentegen is zeer bondig. De computer telt de resultaten van al de simulaties samen die met een bepaalde combinatie van gegevens werden uitgevoerd, en drukt op 2 lijnen de totalen en de gemiddelden per post.

Een reeks van 15 simulaties duurt 5 minuten. Hiermee kan men snel het effect vaststellen van een parameter die men wijzigt.

De manier van drukken n° 3 is een tussenweg. Bij het einde van iedere post worden volgende getallen gedrukt (tabel IV) :

- de « potentiële » legen onderweg naar ieder werkplaats;
- per werkplaats : de voorraad legen en vollen, aantal geproduceerde wagens, de wachttijd voor gebrek aan legen of geblokkeerd met de vollen, wachttijd van de lokomotieven door gebrek aan vollen;
- totale produktie van de post;
- totale wachttijd van de lokomotieven door gebrek aan vollen;
- totale wachttijd van de werkplaatsen door gebrek aan legen of te veel vollen;
- wachttijd en produktieverliezen per werkplaats en in totaal;
- toestand van de wagens en wachttijden aan de schacht;
- wachttijden op het spoornet, gegroepeerd per sekte, wat een onmiddellijke aanduiding geeft waar er aan het net veranderingen moeten aangebracht worden;
- de matrix TEE op het einde van de post;
- tellers die de looptijd en de verzadiging van iedere lokomotief aangeven.

Op het einde van de simulatie, verschaft de computer ons het totaal en het gemiddeld aantal

Tableau IV — Tabel IV
Résultats en fin de poste — Uitslagen einde post

Compteurs aux chantiers — Tellers laadpunten									
Q	CV1	CV2	CV3	VC	FC	TFC	W	WPC	WVC
1	0.	0.		57.	3.	230.	61.	0.	0.
2	45.	0.		32.	28.	256.	107.	0.	0.
3	0.	0.		55.	5.	240.	91.	0.	0.
4	0.	0.		44.	16.	251.	48.	0.	11.

La production du poste vaut 976.46 — Postproductie : 976.46.

Compteurs totalisateurs des attentes du roulage aux chantiers — Wachtijden van de locos aan de laadpunten 307.

Total des arrêts des chantiers par excès de pleins — Wachtijden laadpunten door te veel vollen 0.

Total des arrêts des chantiers par manque à vides — Wachtijden laadpunten door te kort aan legen 11.

Arrêts et pertes de production par chantier Wachtijden en productie verliezen laadpunten			Compteurs d'attentes en voie - Tellers wachtijden per sectie	
1	0.	0.	ISEC# 2	ARRET# 56
2	0.	0.	ISEC# 4	ARRET# 40
3	0.	0.	ISEC# 5	ARRET# 2
4	11.	7.	ISEC# 6	ARRET# 4
Total des arrêts et des pertes de production des chantiers			ISEC# 21	ARRET# 20
Totaal wachtijden en productie verliezen (alle laadpunten)			ISEC# 31	ARRET# 1
	11.00	7.37	ISEC# 45	ARRET# 8
			ISEC#104	ARRET#194
			ISEC#106	ARRET# 48
			ISEC#141	ARRET# 3
			ISEC#143	ARRET# 6
			Total des attentes en voie	382
			Totaal wachtijden in secties	

Compteurs au puits — Tellers aan de schacht					
VP	FP	TFP	WP	WEP	WVP
10.	45.	904.	58.	134.	0.
Le stock minimum de vides au puits a été de 4. berlines au cours du poste					
Minimum aantal legen aan de schacht tijdens de post					

COMPTEURS DES LOCOMOTIVES — TELLERS VAN DE LOCOMOTIEVEN

Matrice TEE des locomotives — TEE matrix der locomotieven

I	Z	DES	S1	S2	A1	A2	TS	TL	AT	RL
1.	121.	21.	141.	0.	241.	0.	3.	1.	0.	45.
2.	199.	30.	101.	0.	0.	0.	5.	1.	0.	45.
3.	196.	30.	103.	103.	0.	0.	7.	5.	0.	45.
4.	20.	2.	21.	0.	0.	0.	8.	5.	0.	45.
5.	192.	21.	121.	0.	222.	0.	12.	3.	0.	45.
6.	10.	1.	6.	0.	0.	0.	4.	4.	0.	45.
7.	191.	21.	111.	0.	211.	0.	5.	2.	0.	45.
8.	2.	1.	2.	0.	201.	0.	3.	1.	0.	45.
9.	195.	30.	104.	0.	0.	0.	18.	26.	1.	45.

Compteurs de marche et saturations des locomotives

Rijtijd tellers en verzadiging der locomotieven

1	305.00	0.85		
2	323.00	0.90		
3	238.00	0.66		
4	274.00	0.76		
5	262.00	0.73	Saturation moyenne	0.77
6	261.00	0.72	Gemiddelde verzadiging	
7	304.00	0.84		
8	229.00	0.64		
9	297.00	0.82		

Q; n° des chantiers — nummers van de laadpunten.

CV1-CV2-CV3: vides potentielles (en route) — Potentiële legen (onderweg).

VC-VP: vides au chantier ou au puits — legen aan het laadpunt of aan de schacht.

FC-FP: pleins au chantier ou au puits — vollen aan het laadpunt of aan de schacht.

TFC-TFP: production ou extraction du poste — productie of extractie/post.

W: attente locos chantier — wachttijd locomotieven laadpunt.

WPC: arrêt chantier trop de pleins — halte werkplaats te veel vollen.

WVC: arrêt chantier manque à vides — halte werkplaats geen legen.

WP: attente locos au puits (pas de vides) — wachttijd locos aan de schacht (geen legen).

WVP: arrêt puits trop de vides — halte schacht te veel legen.

WEP: arrêt puits manque de pleins — halte schacht geen vollen.

N.B. — Il s'agit ici d'une variante du problème fig. 7. Les attentes en section 2 et 104 d'une part, 4 et 106 d'autre part, montrent que ce sont les sections à voie unique 3 et 5 qui étranglent le trafic — Probleem fig. 7: de wachtijden in sekties 2 en 104 enerzijds, en 4 en 106 anderzijds bewijzen dat het verkeer door de enkelspoorsekties 3 en 5 gestremd wordt.

transportées. Le traitement de 15 postes demande de 6 à 7 minutes.

Cette représentation est généralement la plus pratique, et donne une bonne idée de la stabilisation progressive des moyennes en fonction du nombre de postes simulés.

6. CONCLUSIONS

Le programme présenté ci-dessus est loin d'être parfait, et nous répétons ci-après les points sur lesquels nous pensons pouvoir l'améliorer facilement :

- remise en page des données, et suppression des redondances, réduction de la matrice TAB;
- traitement plus rigoureux des aiguillages de choix et du choix des destinations;
- simulation enchaînée de postes différenciés (cycles journaliers de trois postes avec paramètres différents);
- traitement plus raffiné du processus de production aléatoire des tailles;
- trafic avec gares d'échange.

Il nous paraît plus difficile d'introduire la possibilité de faire circuler les locomotives à vide, ou d'insérer le transport de matériel dans celui des produits.

Malgré ces limitations, le programme peut être considéré comme opérationnel, et il a déjà rendu de réels services. Les applications réalisées montrent qu'il représente de façon suffisamment réaliste le déroulement du trafic dans une mine de grande extension, et, en particulier, qu'il est capable de fournir les données nécessaires pour résoudre les problèmes cités au chapitre 12, à partir de renseignements que toute entreprise possède ou peut rassembler en quelques jours.

vervoerde wagens. De behandeling van 15 posten vraagt 6 à 7 minuten.

Deze voorstellingswijze is doorgans de meest praktische, en geeft een goed idee aangaande de geleidelijke stabilisatie van de gemiddelden in functie van het aantal gesimuleerde posten.

6. BESLUITEN

Het programma dat hier werd voorgesteld is verre van volmaakt, en wij herhalen hier enkele punten waarvan wij denken dat ze gemakkelijk kunnen verbeterd worden :

- ordening van de gegevens, met uitschakeling van de herhalingen, alsook van de blanke lijnen in de matrix TAB;
- meer nauwkeurig behandelen van de keuze wissels en van de keuze van bestemmingen;
- een simulatie die over de verschillende posten verloopt (dagelijkse afwisseling van de drie posten met verschillende parameters);
- een meer verfijnde behandeling van de wisselvallige pijlerproducties;
- vervoer met gebruik van uitwisselingsstations.

Moelijker schijnt het ons de mogelijkheid in te voeren om de locomotieven zonder wagens te laten rijden, of om het materiaal vervoer te laten samengaan met het vervoer van de produkten.

Ondanks deze beperkingen, kan het programma als operationeel worden beschouwd, en het heeft reeds werkelijke diensten bewezen. De verwezenlijkte toepassingen bewijzen dat het verloop van het transport in een kolenmijn met grote uitgestrektheid op een realistische manier door het programma wordt voorgesteld : in het bijzonder geeft het programma ons de mogelijkheid de nodige gegevens te verzamelen om de problemen op te lossen die in hoofdstuk 12 werden vermeld : hierbij gaat men uit van inlichtingen die ieder bedrijf bezit of in enkele dagen bij elkaar kan krijgen.

BIBLIOGRAPHIE — BIBLIOGRAFIE

- [1] Transport par Locomotives Diesel à l'étage de 840 m aux Charbonnages de Zwartberg. M. Deltenre. Centre de Formation Post-Universitaire pour Ingénieurs de Charbonnages (Mons), Colloque Annuel, octobre 1959.
- [2] Etude du transport principal au fond à la S.A. des Charbonnages d'Helchteren-Zolder. Centre de Formation Post-Universitaire pour Ingénieurs de Charbonnages (Mons), 12ème et 13ème sessions, février 1963.
- [3] Principes et mise en œuvre des procédés de simulation (Méthode de Monte-Carlo). L. Vieilledent et E. Tincelin. Revue de l'Industrie Minière, novembre 1963.
- [4] Die Anwendung von Simulationsverfahren im Bergbau mit einem Beispiel aus der Streckenförderung unter Tage. Horst Barski. Glückauf-Forschungsheften, avril 1967.
- [5] Simulation d'un roulage sur Ordinateur. F. Engel, D. Ferry, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, octobre 1967.
- [6] The mine haulage system represents a complex network where performance cannot be predicted by analytical techniques. E.B. Wilson. Canadian Mining Journal, juin 1968.

- [7] Simulation d'un réseau de transport minier par locomotives. P. Cauwe, L. de Cordier, C. Polet. Université Catholique de Louvain, Travail de fin d'études, juillet 1968.
- [8] Etude du roulage général d'une exploitation minière par simulation sur ordinateur. R. Aurignac, F. Engel, D. Ferry. *Revue de l'Industrie Minérale*, octobre 1968.
- [9] Simulation sur Ordinateur d'un roulage minier par locomotives. J.L. De Roy. Université Catholique de Louvain, Travail de fin d'études, 1969.
- [10] Une nouvelle conception de la programmation du transport principal dans les mines. J. Saucez, *Annales des Mines de Belgique*, janvier 1970, pp. 35-55.
- [11] Mise en application d'une programmation du transport principal par dispatching à la S.A. des Charbonnages du Hasard. R. Hardenne. *Annales des Mines de Belgique*, janvier 1970, pp. 37-73.
-