

De werkgroepen van de Agesci

door

J. M. DOPCHIE, Ir. (*)

Met het doel de verworven kennis op gebied van wetenschappelijke beheermethoden onder de leden van Agesci te verspreiden, heeft het redaktie-komitee van het Belgisch Tijdschrift voor Statistiek en Operationeel Onderzoek beslist een uitgebreid verslag van hun werken in het tijdschrift op te nemen.

Hierdoor worden de leden ook onrechtstreeks betrokken bij de werking van deze werkgroepen. Bij de vorming van deze werkgroepen stelde men zich immers tot doel de leden bewust te maken van de beheersproblemen. In plaats van gebruik te maken van « Case Studies », heeft men de voorkeur gegeven aan iedere deelnemer te vragen zijn moeilijkheden kenbaar te maken, om vervolgens onder de leiding van een bevoegd raadsman een syntese te maken die alle aspecten, waaronder de problemen zich in de onderneming kunnen stellen, bevat.

Het nut van deze werkwijze werd aangetoond in de praktijk; ze heeft daarenboven door haar theoretische uiteenzetting het voordeel de groep te homogeniseren qua kennis en terminologie.

In dit nummer beginnen wij met de groep « Beheer van het materieel »; dit is de eerste werkgroep die werd opgericht en wel in mei 1959. Onder de kundige leiding van dhr A. Kaufmann, Raadgever bij de franse « Cie des Machines Bull » heeft deze groep van in het begin volgens de hierboven beschreven werkwijze gewerkt.

(*) Vertaald door Ir. R.A. Thomas.

BEHEER VAN HET MATERIEEL

Inleiding. — Omschrijving van de problemen.

Deze rubriek bevat een zeer grote verscheidenheid van problemen: sleet — behoud — vervanging — investeringen. Daarenboven is het moeilijk al deze problemen los te maken uit hun verband, dat het « gehele » bedrijf is, en te behandelen zonder de problemen van bevoorrading, programmatie en vooruitzichten aan te raken. Daar deze laatste behoren tot de aktiviteit van andere groepen, zal men trachten ze buiten beschouwing te laten om de discussie te concentreren op het behoud dat het belangrijkste punt is in het beheer van het materieel.

In een eerste bedrijf gaat het hoofdzakelijk over de bepaling van een vervangingspolitiek. De produktieafdeling is uitgerust met een belangrijk aantal in parallel geplaatste machines met zeer hoge produktie capaciteit. Dit machinepark heeft reeds een betrekkelijk hoge ouderdom bereikt en het bestuur van deze onderneming wenste klaar en duidelijk te weten volgens welke prioriteitsorde zij deze machines zou moeten vervangen en welk de optimum reeks was waarmee zij nieuwe machines zou moeten doen vervaardigen. Van op het ogenblik van de eerste uiteenzetting was men van oordeel dat het noodzakelijk was een gemeenschappelijke taal te spreken en dat er enkele bepalingen moesten opgesteld worden.

— Door een politiek bedoelt men de keus (X_0) over een parameter (X) van een structuur $F(XYZ \dots)$, waarvan men de controle heeft. Wanneer in een beheersprobleem meerdere oplossingen op politieke richtingen mogelijk zijn, is het doel van onze opzoekingen de juiste bepaling van die politiek die een meest gunstige einduitslag zal geven, of, om een internationale term te gebruiken, de einduitslag optimaliseert; deze uitslag kan kwantitatief beschreven worden door een algebraïsche funktie — « ekono-

(1) We denken dat het Nederlandse woord « behoud » het best de betekenis van het Internationale Engelse woord « Maintenance » weergeeft, nl. het patrimonium van het bedrijf zo slagvaardig mogelijk behouden.

mische funktie » genaamd; deze funktie is enig. Deze economische funktie omvat in het behandelde geval: investeringen, bestellingsonkosten en onkosten in produktieverlies.

— In een tweede onderneming beschouwt men de machines in serie waar de stilstand van de ene de stilstand van al de andere meebrengt. Het gestelde probleem is dit van de bepaling van een onderhoudspolitiek. Het onderhoud is het geheel van bewerkingen die moeten uitgevoerd worden om het materiaal in zulkdanige toestand te behouden dat een bepaalde hoeveelheid van een bepaalde hoedanigheid kan voortgebracht worden.

— Wij hebben te doen met « goed onderhoud » als we juist die bewerkingen en uitgaven doen die toelaten voormelde voortbrengstkapaciteit te behouden, zoniet onderhouden we teveel wat veilig maar duur is ofwel te weinig wat zonder meer slecht is; de zaak is het middel te vinden om het « goed onderhoud » zo dicht mogelijk te benaderen, liefst vertrekkend van teveel aan onderhoud.

— De derde onderneming beschikt over een zeer uitgebreid park autovoertuigen. Meerdere problemen werden te berde gebracht: toevallig onderhoud — systematisch onderhoud — het omwerken van voertuigen, de vervanging, de plaatsing en de belangrijkheid van de herstellingswerkplaatsen, het aantal voertuigen in dienst geplaatst.

— Het was onmogelijk alle opgegeven aspecten te onderzoeken. Het zijn vooral het onderhoud en de vervanging die zullen beschouwd worden in de loop van de volgende uiteenzettingen.

— In het vierde bedrijf bestaat ten eerste een stockeerprobleem. Het beschouwde materiaal bevat ongeveer 150.000 artikelen. Terzelfdertijd vindt men er ook een investeringsprobleem voor een materieel waarvan de veroudering zeer snel verloopt.

— Bij de omschrijving van dit geval is het gebleken hoe moeilijk het is keuzecriteria op te stellen vooral als er zich dan nog psychologische moeilijkheden bijvoegen, die de beslissing nogal dikwijls van het economisch optimum verwijderen.

— De vijfde onderneming beschikt over een uitgebreid aantal gegevens. Het doel is de kostprijs omlaag te drukken zonder de kansen op schade te verhogen. Daar de revisie van het materieel meer dan 50 % van de materieelonkosten bedraagt is het te begrijpen dat deze onderneming een nadere studie maakt van preventief onderhoud en vernieuwing van oude apparaten.

— In de zesde onderneming is het probleem nog eens: het terug in konditie brengen. In tegenstelling met het voorgaande geval is het materieel van weinig waarde; de onkosten om het terug in orde brengen bereiken slechts 12 % van de eenheidswaarde, maar deze bewerking bewijst renderend te zijn voor een uitrusting van ongeveer 625.000 apparaten. Hier gaat het erom de te volgen rekonditioneringspolitiek juist te bepalen.

— De zevende en laatste onderneming zit daarentegen met een investeringsprobleem. Deze onderneming heeft een machinepark van 120 eenheden die gegroepeerd zijn in reeksen van ieder 3 tot 5 machines. Het probleem dat zich stelt is nu: « Moeten wij bepaalde machines vervangen door nieuwe of is het economisch deze machines in een nieuw kleedje te steken? »

Par. 1. — Teoretische Aspecten.

Al deze beheerproblemen van het materieel zijn gebonden aan het behoud. Het produktiematerieel (in een vervoermaatschappij produceert het materieel Ton-km of reizigers-km) kan buiten dienst vallen door sleet of beschadiging en het veroudert, dit betekent dat zijn economisch rendement vermindert, zowel t.o.v. van zichzelf toen het nog nieuw was als t.o.v. moderner en efficiënter materieel.

— Beschouwen we eerst het buiten dienst vallen door sleet of schade. Hier is het interessant de « overlevingskromme » uit te zetten zowel van de machines in hun geheel als van bepaalde onderdelen ervan; de overlevingskromme geeft de verandering weer in funktie van de tijd van het aantal uitrustingseenheden in dienst. Indien men op het tijdstip 0 vertrekt met een materieel bestaande uit n_0 eenheden, dan zal men op het tijdstip t maar n eenheden in werking hebben. De waarschijnlijkheid opdat eenzelfde machine of machineonderdeel de ouderdom t zou bereiken is dan de verhouding

$$\frac{n}{n_0}$$

De aard van de overlevingskromme verraaft onmiddellijk de graad van homogeniteit van het materieel. De kromme 1_a vertegenwoordigt een onverslijtbaar en homogeen uitrustingsgeheel. De kromme 1_b vertegenwoordigt een homogeen uitrustingsgeheel, dat zijn volle waarde behoudt in de tijd en dan plotseling uitvalt. De kromme 1_c behoort toe aan een homogeen uitrustingsgeheel, terwijl de kurve 1_d er een is van een weinig homogeen materieel.

Om de overlevingskromme op te kunnen stellen, moet men noodzakelijkerwijze de geschiedenis kennen van een zo groot mogelijk aantal eenheden en dit gedurende een zolang mogelijke tijd (volwaardig statistisch monster).

Daar men slechts de laatste tijd het nut begint in te zien dat er schuilt achter het verzamelen van ogenschijnlijk dorre gegevens, zal men veelal verplicht zijn — na onderzoek van enkele gevallen die men heeft kunnen terugvinden — een hypotese op te bouwen. Naarmate er meerdere gevallen bekend geraken, wordt deze hypotese aan de werkelijkheid getoetst en zo nodig bijgewerkt.

— In een studie gepubliceerd in de « Revue Française de Recherche Opérationnelle » (1959 — 1^{ste} trimester), onderzoekt Jacques Kelly de verrechtvaardiging van het preventief onderhoud. Volgens uitgevoerde proeven schijnt het dat, met verschillende parameters, door een lognormale verdeling de levensduur van de stukken, zoals lampen, riemen, kogellagers, goed wordt weergegeven.

— Herinneren we eraan dat bij de lognormale verdeling ook « Verdeling van Gibrat » genaamd, het *logarithme* van de willekeurige veranderlijke beantwoordt aan een normale verdelingswet.

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$

waar x een hulpveranderlijke gelijk is aan $\text{Ln} \frac{(t/\nu)}{\lambda}$ en Ln = Neperiaans Logaritme.

Dit wil zeggen dat de overlevingskromme bepaald is door twee parameters: V de gemiddelde levensduur van een stuk en λ een dispersiecoëfficiënt. De gemiddelde levensduur t is die levensduur waarvoor in het « overlevingsdiagramma » de verticale, gebouwd op de absis die de gemiddelde levensduur weergeeft, het oppervlak tussen de overlevingskromme en de tijd (t) of absis-as, in twee gelijke delen deelt; zijn waarde is gelijk aan:

$$t = V e^{\frac{\lambda^2}{2}}$$

Wanneer de dispersiecoëfficiënt λ klein is, benadert de lognormale verdeling de normale of Gausse verdeling en λ benadert de relatieve standaardafwijking $\frac{\sigma}{V}$; voor

grotere λ 's benadert men de Poisson'se verdeling. Bij ondervinding heeft Kelly vastgesteld dat een $\lambda = 0,3$ kan worden gebruikt bij statistische berekeningen op stukken die door sleet buiten dienst vallen, terwijl een $\lambda = 0,9$ beter past bij berekeningen die betrekking hebben op stukken die verdwijnen door veroudering; voor deze laatste stukken gebruikt men ook veel de verdeling van Poisson daar $\lambda = 0,9$ groot is.

De breuk van een stuk, van welk type ook, brengt twee soorten onkosten met zich: de herstellingsonkosten d en de kosten van de gevolgen D (verlies in produktie, enz...).

In een eerste politiek waar men niet aan preventief onderhoud doet, zijn de onkosten per uur als gevolg van breuk:

$$C_1 = \frac{d_1 + D_1}{t}$$

In een tweede politiek waar men het stuk op de ouderdom θ vervangt, zijn de onkosten per uur:

$$C_2 = \frac{d_2 + [1 - p(\theta)] D_2}{\theta}$$

waarin $p(\theta)$ de waarschijnlijkheid is waarmee het stuk de levensduur θ bereikt, of beter waarmee het niet breekt voor θ ; $[1 - p(\theta)]$, zijn komplement, is dan de waarschijnlijkheid waarmee het stuk breekt voor θ . Het preventief onderhoud zal zich verrechtvaardigen als $C_2 < C_1$ of $C_2/C_1 < 1$. In dit geval zal men de ouderdom θ zoeken die overeenkomt met het minimum van C_2/C_1 .

Nemen we de reparatiekosten d en de onkosten D die een gevolg zijn van de breuk in de 2 politieken gelijk, dan bepaalt Kelly een praktische grens aan het preventief onderhoud die verrechtvaardigd wordt in een diagramma: $[d/D, \lambda]$ (fig. 1.5). Men doet het preventief onderhoud voor de stukken onderworpen aan sleet, wanneer voor een λ variërend van 0,3 tot 0,6 de verhouding d/D respectievelijk de waarden 0,8 en 0,2, niet overschrijdt. Voor stukken onderworpen aan vermoeienis (1) die doorgaans zeer duur zijn, zal het preventief onderhoud slechts verrechtvaardigd zijn voor waarden van $d/D < 0,05$ en dit komt zelden voor. Tenandere, indien men een overlevingskromme zou aannemen, die aan de verdelingswet van Poisson gehoorzaamt, dan zou de kans op breuk in de periode volgend op de vervanging voor het nieuwe stuk dezelfde zijn als voor een stuk dat een zekere ouderdom heeft. In de konstruktie van een machine waar meerdere stukken aan sleet onderworpen zijn, heeft men er voordeel bij zulkdanige maatregelen te treffen dat men analoge overlevingskarakteristieken bekomt teneinde een zekere periodiciteit in de revisies te bekomen.

Meestal zijn de herstellingsonkosten en de onkosten als gevolg van stilstand in de twee politieken niet gelijk.

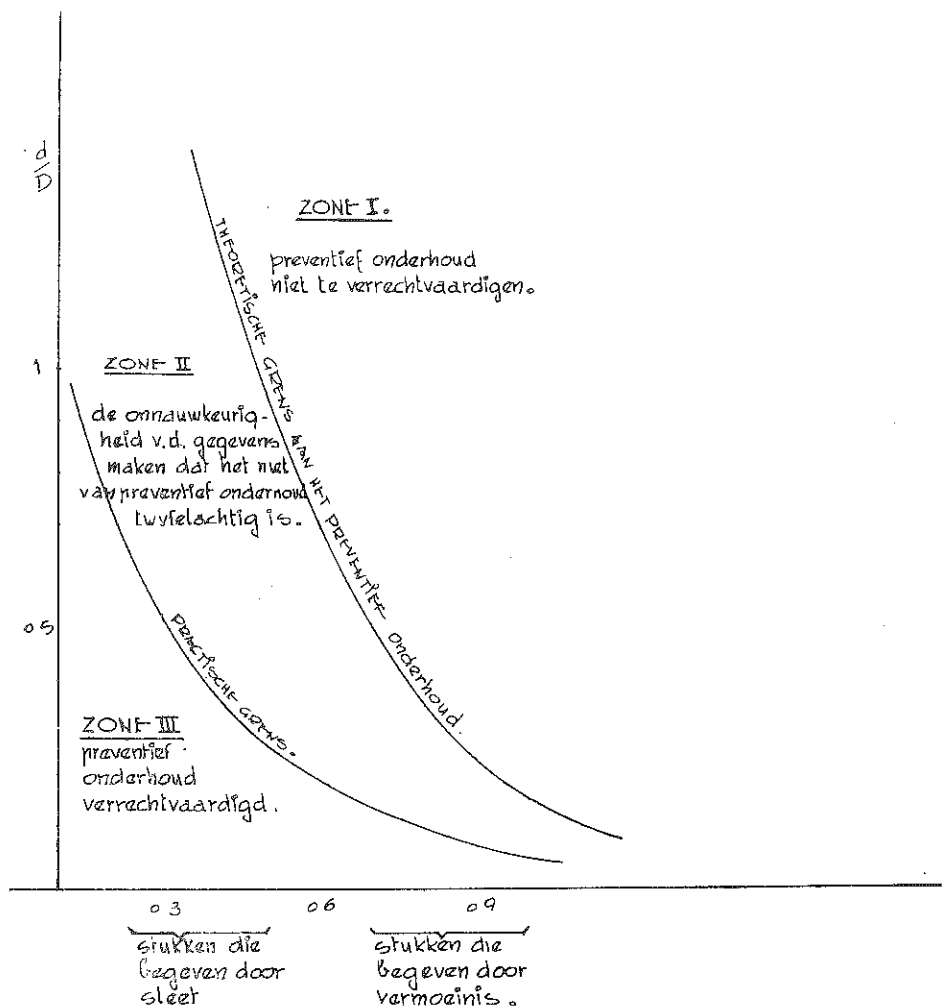
Het volstaat de waarde van het produktieverlies te beschouwen. Het produktieverlies voortkomend door breuk is over het algemeen veel groter dan het produktieverlies door het preventief onderhoud. De juiste waarde die men aan dit produktieverlies moet toekennen wordt dikwijls betwist; als basis voor deze waarde gaat men dikwijls uit, hetzij van de winstmarges, hetzij van de vervangingswaarde van de afgewerkte produkten, hetzij van de waarde van de grondstoffen; in bepaalde gevallen wordt de waarde van het zo bepaalde produktieverlies vermenigvuldigd met een schaarste koëfficiënt; deze bepaalde gevallen worden verrechtvaardigd door redenen van burgerlijke of militaire veiligheid, buitengewone commerciële toestanden, e.a. Er bestaan dus meerdere waarden en het is daarom ook aan te raden de schaarste koëfficiënt door de « algemene Direktie » te laten vaststellen of door een gemeenschappelijke overeenkomst tussen de deelnemers aan de studie. Daar deze dikwijls tot een verschillende discipline behoren kan men de methode van de gepondeerde stemming toepassen. Iedere deelnemer geeft een zekere waarde aan elke parameter die in het probleem voorkomt en men neemt dan de gemiddelde waarde als evenwichtige vertegenwoordiging van alle strekkingen. Deze parameterstudies komen dikwijls voor. De begrippen waardevermindering en veroudering van het materieel, alhoewel ze klaar en duidelijk zijn, laten zich toch niet gemakkelijk becijferen. Volgens J. Lesourne in zijn boek « Technique économique et Gestion industrielle » en P. Massé in zijn boek « Le choix des investissements », kan men de algemene principes van de theorie der investeringen in hun gevolgtrekkingen op het bijzonder geval van het materieel zonder meer toepassen. Men vindt er het begrip terug van het materieel dat er in bestaat een opeenvolging van inkomsten (of uitgaven) $R_0, R_1, R_2 \dots R_n$ gedurende de n toekomstende jaren gelijk te stellen met de huidige waarde die zij vertegenwoordigen.

$$B = R_0 + \frac{R_1}{1 + i_1} + \frac{R_2}{(1 + i_1)(1 + i_2)} + \dots + \frac{R_n}{(1 + i_1)(1 + i_2) \dots (1 + i_n)}.$$

(1) Hier in de betekenis van breuk door vermoeienis op een willekeurig tijdstip en door willekeurige oorzaken, in tegenstelling met breuk door vermoeienis op statistisch te voorziene tijdstippen en door gekende oorzaken: trillingen e.a. lijkt dit het geval is voor meerdere vliegtuigonderdelen die wel degelijk preventief vervangen worden.

De waarde van een materieel is de som van de geaktualiseerde waarden van zijn toekomstige netto inkomsten.

De « juiste » waardevermindering is hetgeen bij deze aktuele waarde moet gevoegd worden om de waarde van het nieuw materiaal te vinden. Ongelukkiglijk is deze aktuele waarde of marktwaarde slechts in enkele partikuliere gevallen gekend, zoals bv. deze



van de auto, waarvan de « Moniteur de l'automobile » de gewenste waarden geeft. De heer Kaufmann heeft dit probleem ten andere behandeld in zijn boek : « Méthodes et Modèles de la Recherche Opérationnelle ». Dikwijls moet men ze schatten i.p.v. ze vast te stellen. Om praktische redenen gebruikt men meestal als finantiële last van een jaar, de som van het n de deel van de beginwaarde plus de intrest van de nog niet afgeschreven waarde van het materieel. De veroudering kan uitgedrukt worden onder vorm van een risico, d.w.z. van de waarschijnlijkheid dat een meer geperfectioneerde machine op de markt zou verschijnen. Deze waarschijnlijkheid groeit met de tijd en de kurve lijkt op een Gausskurve. In het syntetisch model neemt men aan dat het een Gausskurve is, waarvan de dispersie een parameter is van het model. Vooraleer aan te vangen met het uitwerken van het model heeft men als nuttig geoordeeld een kommentaar te geven over zekere wetten van de probaliteit, verdelingswetten en betekenis-testen.

Het is in feite zeer belangrijk, hypotesen die gesteld worden bij de studie van een probleem te kunnen kontroleren.

Werden behandeld : De kettingreeksen van Markov — De vergelijkingen van Chapman — Kolmogorov — Stochastische kettingreeksen buiten deze van Markov — De processus van Poisson — De verdeling van Erlang — De hyperexponentiële verdeling of verdeling van Morse — de χ^2 test van Poisson, de t -test van Student — de F-test van Fisher.

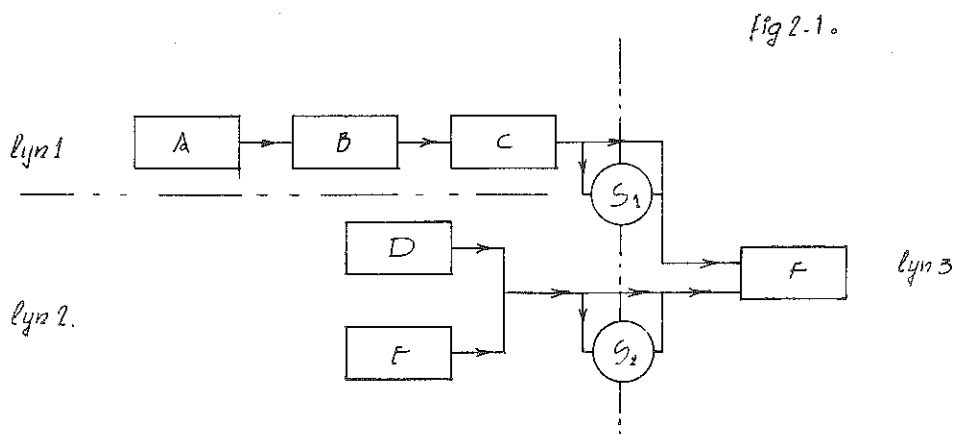
Par. 2. — Instelling van het model.

Het vooropgesteld model is geen omnibus model dat de rechtstreekse studie van werkelijk interessante problemen aan de leden van de groep toelaat, maar het wordt verondersteld een verzameling van de meest voorkomende moeilijkheden te bevatten, waarvan men duidelijk getracht heeft ze te laten uitkomen. Het moet eenvoudig zijn om de vergaderingen niet te overlasten met lange of talrijke uiteenzettingen, maar men moet vermijden van karikaturaal te zijn; zijn bestaansreden is pedagogisch: in feite zou het moeten een geheel van praktische werken aangaande beheerswetenschap zijn, zoals de fysische werken in een fakulteit van wetenschappen.

2.1. — Opgaven van het model.

Nemen we als model een vervaardigingsproces dat bestaat uit drie fabriekslijnen, genummerd: 1, 2 en 3 (zie fig. 2 — 1).

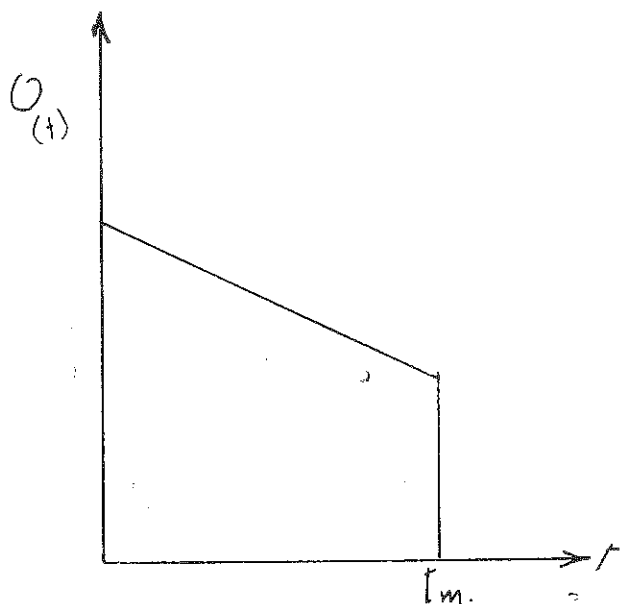
Lijn 1 bevat drie achter elkaar geschakelde machines A, B en C, zodat de stilstand van een machine de stilstand van de andere meebrengt. De 2^{de} lijn omvat 2 in parallel geschakelde machines D en E die eenzelfde voorwerp voortbrengen. De stilstand van D



is onafhankelijk van de stilstand van E en omgekeerd, maar de stilstand van een machine vermindert de produktie per tijdseenheid van lijn 2 tot de helft. De produkten (1) en (2) worden samengevoegd tot een geheel in de lijn (3) die slechts uit 1 machine F bestaat; lijn 3 is niet star verbonden met lijnen 1 en 2 daar men vóór machine F (lijn 3) stockageruimten S(1) en S(2) heeft voorzien voor de halfprodukten die voortkomen van lijnen 1 en 2. De machines A, B en C zijn verschillend; D en E zijn gelijk.

2.2. — Algemene hypotese.

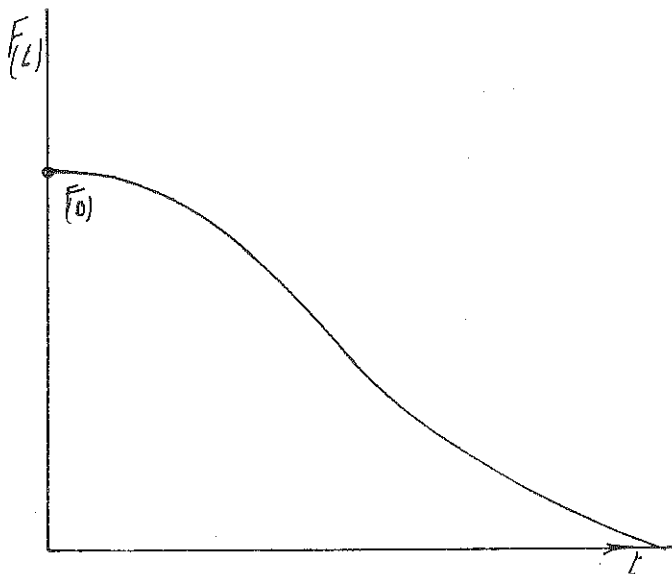
2.2.1. — Men veronderstelt dat iedere storing onafhankelijk is van de andere. De machines bevatten verschillende stukken waarvan de ene onderhevig zijn aan vermoeienis, de andere aan sleet. Men neemt aan dat deze stukken een overlevingskromme hebben volgens een lognormale wet met een dispersieparameter gelijk aan λ .



Verouderingskrommen.

fig. 2.2.

2.2.3. — Voor elke machine tracht men de ontwaarding in functie van de tijd vast te stellen; de grafische voorstelling van het verschil $F(t)$ tussen de aankoopwaarde $F(0)$ en de ontwaarding heet ontwaardingskromme (fig. 2.3.).



Ontwaardingskrommen

fig. 2.3.

$\lambda = 0,3$ voor de stukken onderworpen aan sleet en $\lambda = 0,9$ voor deze onderworpen aan vermoeienis.

Naast deze voornaamste storingen bestaan er voor elke machine een grote hoeveelheid kleinere storingen, waarvan de verdeling gehoorzaamt aan de wet van Poisson met parameter a .

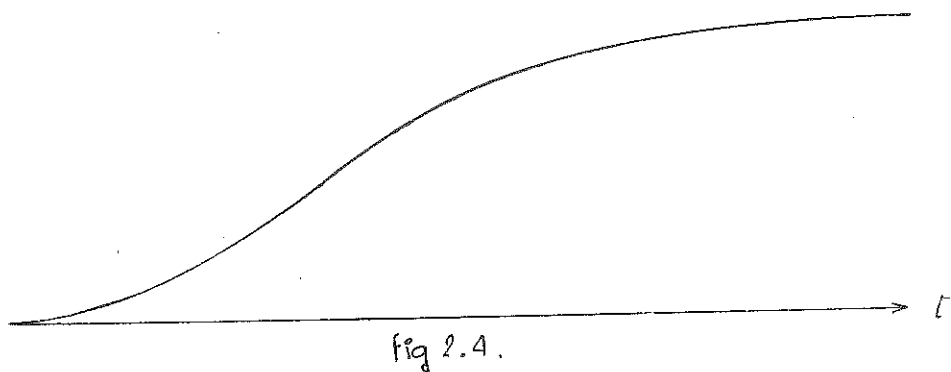
2.2.2. — Men neemt aan dat de storingen aan de machines veroorzaakt door vermoeienis of sleet zich zeer ongelijkmatig voordoen.

Indien $V_m(0)$ de gemiddelde te verwachten levensduur is op $t = 0$, dan is dezelfde te verwachten levensduur op het ogenblik t gelijk aan $V_m(t) = \varphi(t) V_m(0)$.

— $\varphi(t)$ geeft de veroudering van de machine weer; haar grafische weergave heet « verouderingskromme » — fig. 2.2.

Men neemt aan dat op een tijdstip t_m de machine moet vervangen worden.

Men neemt aan dat de wederverkoopprijs een exponentiële of een lognormale aard zal hebben. Wil men nu de werkelijke wederverkoopwaarde $F'(t)$ kennen op het ogenblik (t) dan moet men niet alleen rekening houden met de ontwaarding door afschrijving



maar ook met het feit dat er nieuwe machine-typen op de markt kunnen komen; om hiermee rekening te houden, voert men een koëfficiënt α in zodanig dat $F'(t) = \alpha F(t)$. Nieuwe machines worden nu niet alle dagen uitgevonden en op de markt gebracht; integendeel! Daarenboven gebeurt dit volledig willekeurig, zodat we slechts kunnen bepalen door loting uitgaande van een kromme die de kans op nieuwe machine-typen weergeeft (fig. 24); de funktie die deze kromme weergeeft neemt toe met de tijd en benadert dicht de Gaussfunktie; de dispersie ervan kan volgens het type-machines ruw geschat worden en vormt dan ook een van de parameters van het model.

2.2.5. — Alle kosten worden geaktualiseerd met een rentevoet r ; r wordt konstant verondersteld voor het geheel van de beschouwde perioden. Men aktualiseert op het einde van het jaar. Indien men zich een beschrijvingsinterval geeft van n perioden en indien men de uitgaven voor werking en onderhoud $f(r)$ noemt voor het jaar n . dan spelen deze uitgaven met hun aktuele waarde:

$$\frac{f(r)}{(1+r)^n}$$

2.3. — De simulatie.

Het werkprogramma wordt opgesteld met op het einde een simulatie door middel van een elektronische rekenmachine gebruikt voor het testen van verscheidene politieken (simulatie-machines M.). Indien eventueel tussenliggende beslissingen in de opeenvolgende stappen van een politiek moeten tussenkomen, zal men verschillende personen moeten tussenschakelen in het machineprocédé (simulatie: personen — machines HM) om zo getrouw mogelijk de verschillende beslissingstrappen met de geest, eigen aan de onderneming, weer te geven. De rol van deze « simulerende personen » wordt zoveel mogelijk gehouden door de persoon die daadwerkelijk in de onderneming die funktie uitoefent; de andere leden van de werkgroep kijken alleen toe en kunnen dus het gehele verloop van het gesimuleerde model volgen.

2.3.1. — De tijd: Men zal het resultaat van elke politiek na 5 jaar aktiviteit onderzoeken. Vijf jaar is tegenwoordig de normale grens of « ekononmische horizont » waarover het moeilijk wordt ekonomische vooruitzichten juist te becijferen. Als tijds-eenheid noemt men het uur; de week bevat 5 werkdagen van 2×8 uur: overuren zijn mogelijk. De simulatie van een jaar zal een zeker aantal maal herhaald worden om te vergelijken of de bekomen bilan geen te grote spreiding vertoont. Om de kunstmatige monsters van alle overlevingskurven, de herstellingsduur, en andere waarden die wisselvallig zijn te verwezenlijken kan de trekking gedaan worden uitgaande van een tabel van wisselvallige getallen van gelijke waarschijnlijkheid of die rechtstreeks voortgebracht worden door de elektronische rekenmachine onder de vorm van een hulpprogramma. Men bekomt aldus een wisselvallig gevolg van storingsintervallen, of van tijden volgens de overlevingswet (fig. 3.1.).

— De reparatie-weken worden gerekend in uren. Wanneer het totaal meer dan 40 uur is, dan zal men de werkloze tijd op de volgende week plaatsen, waar deze tijd zich voegt bij de uren van deze nieuwe week.

— De produktie gebeurt in 2 ploegen van 8 uur of 16 uur ononderbroken arbeid. Wanneer een machine storing heeft, dan zal men de herstelling in de volgende 8 uur verrichten, maar men moet de kostprijs per uur van de arbeider verdubbelen wanneer hij overuren doet.

— De stocks zullen elke week geschat worden, terwijl men rekening zal houden met de produktie, dit is natuurlijk wisselvallig, ter oorzaak van storingen.

2.3.2. — Afkortingen.

Wij gebruiken de volgende afkortingen :

- λ dispersieindex van de lognormale wet.
- V_m duur van de gemiddelde levensduur voor een lognormale wet.
- r duur van het onbeschikbaar zijn als gevolg van storing.
- $\wedge$ aantal storingen aan kleine stukken per eenheid van tijd (deze volgen een exponentiële wet).
- k produktiepeil van een lijn of geproduceerde kwantiteit per tijdseenheid.
- j_1 kosten van het te vervangen stuk (vaste grootte).
- j_2 kosten van het demonteren, hermonteren en regelen (wisselvallige grootte volgens Gausskurve met kleine standaard afwijking).
- n gemiddeld aantal.
- $s'(r)$ ingangsstock van de lijn op datum (r).

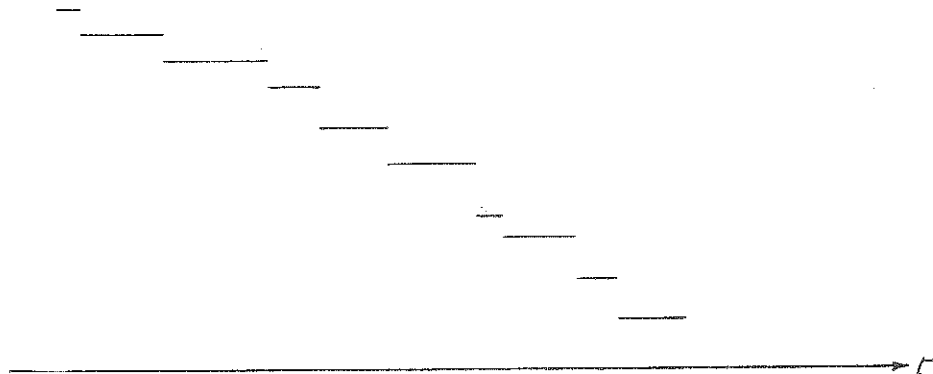
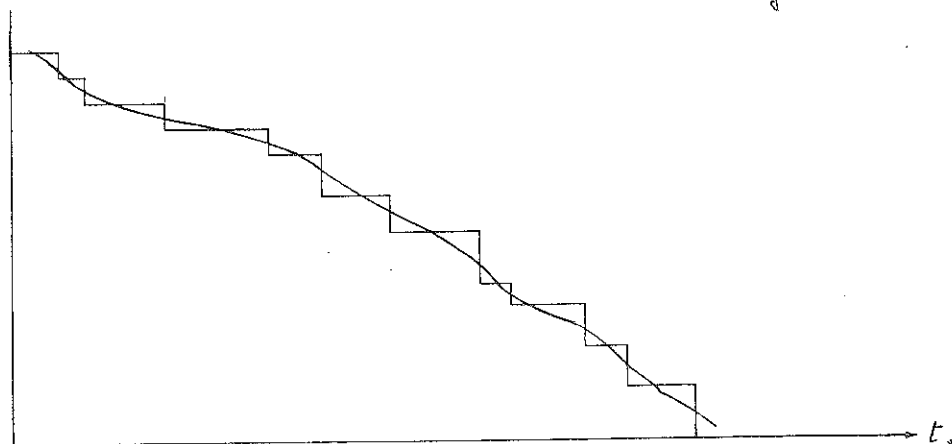


fig 3.1.



- j_s kosten van stockering van de grondstoffen, tussenprodukt of eindprodukt per stuk en eenheid van tijd.
- j_s kosten van schaarste van het eindprodukt per stuk en per tijdseenheid.
- α kenmerkende koëfficiënt voor de algemene sleet zoals $V_m(t) = (1 - \alpha)^n \cdot V_m(0)$. Voor de berekening zal men de formule aannemen $V_m(t) = C \cdot \alpha^t \cdot V_m(0)$.
- α volgt uit de voorgaande formule door voor $V_m(t)$ de waarde te zetten die men proefondervindelijk heeft vastgesteld na 1 jaar.

Al deze veranderlijken hebben voor elke machine een bijkomende indicatie.

Voorbeeld: De gemiddelde levensduur voor het sleetstuk van de machine

A: $V_m(A)$.

2.3.3. — Inventaris van de storingsoorzaken.

De machine A-B-C-D-E en F bezitten als storingsoorzaken volgende stukken :

Machine	Aantal stukken	Aantal stukken
	aan sleet onderworpen	aan vermoeienis onderworpen
A.	1	1
B.	1	2 (verschillende)
C.	2 (verschillende)	1
D.	1	0
E.	1	0
F.	1	3 (verschillende)

Technisch Dossier. — Zie tabel.

2.3.4. — Produktie.

Lijn (1) heeft een maximum opbrengst van $k_1 = 550$ stuks per uur ; iedere machine van lijn (2) produceert de stukken P_2 op een maximum hoeveelheid per uur van $k_2 = 275$.

De machine F stelt de stukken P_1 en P_2 samen tot P_3 met een max. hoeveelheid van 550 stuks per uur.

Om een stuk P_1 te maken moet men hebben :

- 48 F grondstof MPI
- × 2 F artikel AM1 (1)
- × 6 F verwerkt artikels AM2 (3)
- × 15 F verwerkt artikels AM3 (1).

Om een stuk P_2 te maken moet men hebben :

- 25 F grondstof MP2
- 3 F grondstof MP3
- × 2 F verwerkt artikel AM4
- × 5 F verwerkt artikel AM5

× = afgewerkt onderdeel.

Om een stuk P_3 te maken moet men hebben :

- 11 F AM6
- 6 F AM7

2.3.5. — Kosten.

De evenredige eenheidskosten buiten de grondstoffen en de verwerkte produkten zijn voor :

$$P_1 - 9 F, \quad P_2 - 16 F, \quad P_3 - 21 F.$$

De vaste kosten zijn voor lijn :

$$(1) - 220 F, \quad (2) - 212 F, \quad (3) - 115 F.$$

De rentevoet van het geld is 6 %, konstant genomen gedurende de gans beschouwde periode.

De machines hebben een zekere ouderdom op $t = 0$. De waarden zijn gegeven in de volgende tabel.

TECHNISCH DOSSIER

Kenmerken v./d. machine-onderdelen	Vm(0) in uren	I in uren	j _i in F	n	$\frac{1}{e} \frac{1}{t}$ voor t = 1 jaar	$\wedge$	λ
A.							
1. sleetstuk bv. bronzen ring	1.000	20	50	2	0,9	—	0,3
2. vermoeienisstuk bv. as	600	2	2.000	3	0,9	—	0,9
3. diverse kleine stukken	—	1	5	2	0,85	1/50	—
B.							
1. sleetstuk (nok)	800	4	600	2	0,9	—	0,3
2. vermoeienisstuk (motorsteun)	600	2	110	2	1 ($\alpha=0$)	—	0,9
3. vermoeienisstuk (motorsteun)	750	13	200	3	1	—	0,9
4. diverse kleine stukken	—	2	10	2	0,8	1/79	—
C.							
1. sleetstuk (kogellager)	2.000	4	400	2	0,05	—	0,3
2. sleetstuk. (tandwiel aandrijving)	3.800	8	4.500	3	1	—	0,3
3. vermoeienisstuk (drijfstaag)	5.400	20	400	3	1	—	0,9
4. diverse kleine stukken	—	2	90	2	0,85	1/90	—
D/E.							
1. sleetstuk (elektr. app.)	1.200	18	300	1	0,80	—	0,3
2. diverse kleine stukken	—	0,3	5	2	0,85	1/55	—
F.							
1. sleetstuk (koppeling)	800	12	500	3	0,9	—	0,3
2. sleetstuk (vork)	1.000	21	10.000	5	1	—	0,9
3. vermoeienisstuk (schakelaar)	400	0,3	30	1	1	—	0,9
4. vermoeienisstuk (schakelaar)	1.700	6	150	1	1	—	0,9
5. diverse kleine stukken	—	1	15	2	0,75	1/68	—

Machine	Beginwaarde in miljoen F.	Ouderdom op $t = 0$	Waarde op tijd $t = 0$ in miljoen F.
A	2,5	2	2
B	2	1	1,8
C	3,5	2	2,8
D	1,5	1	1,35
E	1,5	1	1,35
F	4	3	2,9

Een arbeider, belast met onderhoudswerken, kost gemiddeld 60 F per uur, vaste kosten mee ingerekend; zo hij overuren maakt kost hij het dubbel. Het aantal werklieden belast met de herstellingswerken is beperkt tot 7.

Aan elke vervanging of herstelling van een stuk werkt er gemiddeld n man; de verdeling van deze n werklui is binominaal. De stocks zijn geschat op hun fabricagekosten (vervangingswaarde). De kosten van stockage zelf worden geschat op de intrest van het geïnvesteerde kapitaal.

De uitgaven voor het opslaan in het magazijn moeten niet in rekening gebracht worden, daar men oordeelt dat deze uitgaven onafhankelijk zijn van het volume. De stock zelf moet echter wel degelijk tussenkomen; de druk die hij door zijn kapitaal-kosten uitoefent op de algehele kosten, dient vastgesteld te worden zoals ook de grenzen waarbinnen hij mag schommelen.

2.3.6. — *Kommerciële vraag.*

De vraag wordt in dit geval als konstant beschouwd.

2.3.7. — *Economische functie.*

Zoals in de inleiding werd uiteengezet moeten we nu de economische functie optimaliseren, d.i. in dit geval van kosten er de minima van zoeken; deze minima dient om onze algemene beheerspolitiek te bepalen of minstens toch als leidraad bij het bepalen van die politiek. Deze economische functie houdt rekening met volgende geaktualiseerde factoren: produktieverlies, onderhoudskosten, afschrijving, verouderingskosten, opslagkosten.

2.3.8. — *Te testen politieken.*

De verschillende politieken hebben betrekking op het preventieve onderhoud. De eerste politiek is deze waar men geen preventief onderhoud doet. Het preventieve onderhoud is enkel te beschouwen voor stukken onderhevig aan sleet.

Men kan systematisch een machinestuk afzetten op $0,8 V_m(2)$, waar $V_m(2)$ de gemiddelde levensduur is in het begin van het jaar (r), dan wordt τ veranderd in $a\tau$ met een zekere waarde voor a .

Men kan eveneens de preventieve vervanging niet toepassen tenzij voor de stukken die $r\tau > h$ uur hebben.

Voor de machines D en E mag men de vervanging per groep aannemen.

Indien een van de stukken van deze machines een ouderdom $0,7 V_m(2)$ bereiken, terwijl de andere een ouderdom hebben begrepen tussen $0,7 V_m(2)$ en $V_m(2)$, dan zal men de 2 stukken vervangen; de totale tijden τ_D en τ_E zijn dan gereduceerd met 40 %.

Men neemt in dit geval aan dat bij een preventieve vervanging de tijden τ niet meer wisselvallig zijn maar een waarde τ hebben.

Par. 3. — *Het in machine brengen van een simulatie.*

Om een syntetisch beheerprobleem op te lossen, waarvan de gewilde komplikaties nogal groot zijn, moet men gebruik maken van simulatie. Dit is nogal kostelijk gezien de tijd die men nodig heeft tot voorbereiding van het machineprogramma — de organigrammen niet te nagesproken werd dit programma dan ook niet uitgewerkt. Het syntetisch model werd gekonstrueerd met het doel de gegeven principes die tussenkomen in dit soort problemen te doen uitkomen, en de bijkomende verwikkelingen te begrijpen. Een tweede fase van de werkgroepsactiviteiten betreffende het onderhoud en het beheer van het materiaal bestaat in de studie van een of meer verschillende werkelijke gevallen, die zullen worden uitgewerkt tot en met de volledige simulatie inbegrepen. Een verslag van de groepsactiviteiten in deze 2^{de} fase zal later gepubliceerd worden.