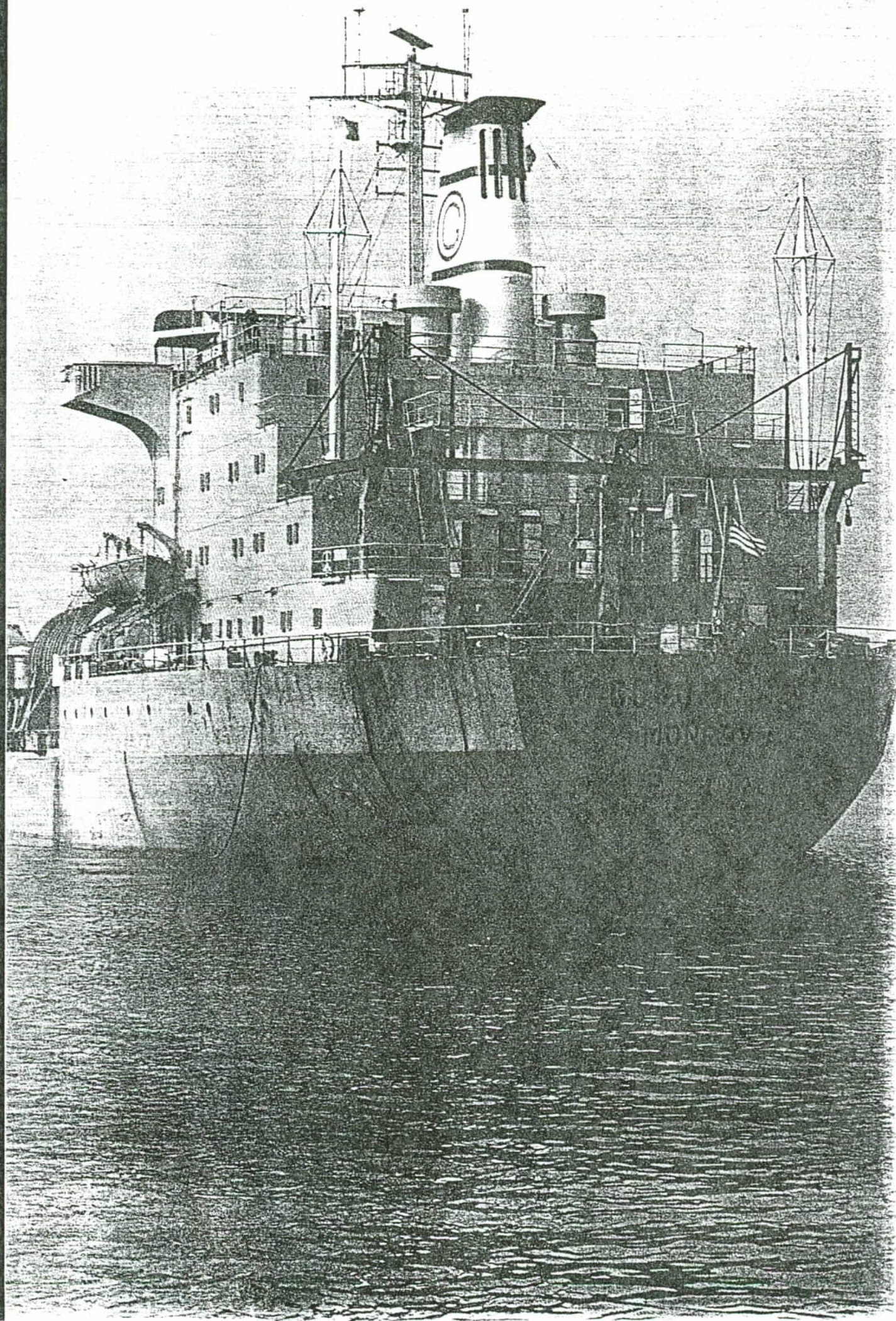




NFWO-CONTACTGROEP

RECENTE STREKKINGEN IN DISCRETE EVENT SIMULATIE

Op 27 januari 1993 werd aan de Universiteit Antwerpen (RUCA) een studiedag gehouden met als titel "Recente strekkingen in discrete event-simulatie".

Binnen de werking van de NFWO-contactgroep "Kwantitatieve Methoden en Simulatie" organiseerde prof. dr. Gerrit K. Janssens een forum om ervaring uit te wisselen rond de problemen en mogelijkheden van discrete simulatietechnieken.

Discrete event-simulaties zijn simulaties van fenomenen waarbij het bestudeerde systeem zich in een bepaalde toestand bevindt, totdat een gebeurtenis (de "event") een onmiddellijke wijziging van deze toestand als gevolg heeft. Denken we maar aan het wachtproces aan de kassa in een supermarkt: het aantal in de wachtrij blijft ongewijzigd totdat ofwel een nieuwe klant zich aanbiedt ofwel een klant de kassa verlaat. Discrete event simulaties vinden in allerlei domeinen hun toepassing: in de elektronica, optica, produktiesystemen, verkeersafwikkeling, enz.

Toch worden zij die zich specialiseren in simulatietechnieken in België niet "simulationisten" of "simulatiedeskundigen" genoemd. Simulatie hier te lande wordt dikwijls enkel gezien als een werktuig om een eigen onderzoeksdoel te bereiken. Een produktie-econoom die simulatie aanwendt blijft een produktie-ingénieur; een econoom die nationale modellen simuleert blijft een macro-econoom. Geen van hen profileert zich als simulatiedeskundige. Trekken we de vergelijking met de statistiek: daar is de persoon van statisticus wel gekend, waar statistiek toch ook wordt aangewend, zij het om bv.

in de produktie loten te aanvaarden of te verwerpen ("acceptance sampling") of in de econometrie om significantie van determinerende factoren te testen. Het is dan ook weinig verwonderlijk dat in ons land weinig systematisch onderzoek wordt uitgevoerd op het gebied van simulatiemethodiek. Daarenboven hebben onderzoeksgroepen die simu-



Prof. Fernand Broeckx

latie gebruiken weinig contact met elkaar. Teneinde die kennisuitwisseling te bevorderen werd binnen de NFWO-contactgroep "Kwantitatieve Methoden en Simulatie" een contactvergadering georganiseerd. Het wetenschappelijke programma werd samengesteld door prof. dr. Gerrit K. Janssens, verbonden aan de Universiteit Antwerpen

(RUCA). Prof. dr. Fernand Broeckx, die eind jaren zeventig de contactgroep stichtte samen met prof. ir. Ghislain Vansteenkiste (RUGent), leidde de vergadering in. Hij verwonderde zich over het uitblijven van een simulatiegemeenschap in België in tegenstelling tot wat hij op meerdere simulatiecongressen in de Verenigde Staten heeft meegemaakt. Pogingen om binnen de Belgische Vereniging voor Operationeel Onderzoek (BVWB-Sogesci) interesse voor dit domein te wekken, hebben geen vruchten afgegoepen.

De organisator hoopt met een dergelijke studiedag — en eventueel eropvolgende — een nieuwe interesse en een continu contact tussen de verschillende simulatiegebruikers in België op te bouwen. Teveel nog ziet hij dat de opbouw van een specifiek simulatiesysteem veel werk en tijd vraagt en dat de ontwerpmethoden ad hoc zijn. Toch kan men vaststellen dat grote onderdelen uit de diverse simulatiemodellen stereotiep zijn en het dus zeker de moeite loont deze elementen te abstraheren, of het nu gaat om het bestuderen van verkeersstromen op autowegen, trafiek in havens, berichtentrafiek in een communicatienetwerk, enz.

Foto hiernaast

De verkeersafwikkeling op de Schelde is een typisch voorbeeld dat discrete event-simulatie vereist om de investeringen i.f.v. de geplande infrastructuur te kunnen evalueren.

In zes voordrachten met elk een duur van veertig minuten behandelden de sprekers een facet van de simulatieproblematiek.

Simulated Annealing

In deze studie werd nagegaan hoe een combinatorisch probleem

kan opgelost worden met behulp van een nabootsing van een fysisch proces. Het probleem dat door drs. *Alex Van Breedam*, verbonden aan de faculteit TEW van het RUCA, behandeld werd is het "ritten-planningsprobleem".

De opgave bestaat erin om vanuit een centraal depot een rittenplan op te maken voor een vloot wagens, op zulke wijze dat ofwel de totale rij-afstand of rij-tijd wordt geminimaliseerd. Dit probleem staat in de combinatorische literatuur gekend als een hard probleem, d.w.z. dat de rekentijd om het probleem op te lossen op exponentiële wijze verhoogt met de grootte van het probleem. In de loop der jaren werden heuristieken ontwikkeld die geen optimale oplossing garanderen doch waarvan men hoopt dat ze een "goede" oplossing bieden. Deze heuristieken hebben de eigenschap te streven naar een lokaal minimum, naar een schijnbaar optimum van het probleem. Alex Van Breedam bestudeerde het probleem echter aan de hand van "simulated annealing" (gesimuleerde afkoeling), een methode die stamt uit de natuurkunde. Bij het fysisch proces smelt men een stof, om deze nadien traag te laten afkoelen, zodat de stof zal kristalliseren in een minimale energietoestand. Koelt men te snel af, dan zal de toestand naar een energietoestand evolueren die lokaal minimaal is, doch niet globaal: zo bekomt men kristallen waarin defecten te zien zijn. Dit proces



Drs. Alex Van Breedam



Prof. René Boel



Dr. ir. Erik Dirkx

heeft Van Breedam nagebootst om het ritten-planningsprobleem op te lossen. Wijzigingen in de te volgen routes komen overeen met atomen die zich verplaatsen, de energietoestand komt overeen met de rij-tijd of rij-afstand.

Variantiereductietechnieken

Prof. dr. ir. *René Boel*, verbonden aan het Labo voor Theoretisch Elektriciteit van de RUGent, gaf een overzicht van studiewerk naar de interpretatie van simulatie-resultaten. Daar de opeenvolging van gebeurtenissen in een discrete event computersimulatie gebeurt aan de hand van trekkingen van toevalsgetallen, zal elke simulatierun een verschillend resultaat voor de bestudeerde variabelen geven.

Het bepalen van de experimenten, het aantal replicaties en de lengte van de simulatierun zijn belangrijke factoren om zinnige conclusies uit de resultaten te kunnen trekken. Er worden op basis van de resultaten verregaande beslissingen getroffen: het benodigd aantal transporteurs in een produktiesysteem, de wijze waarop een telecom-netwerk wordt opgezet en georganiseerd (o.a. de grootte van de buffers). Om de relevantie van simulatieresultaten te kennen (gemiddelde waarde en zijn spreiding) zal men de simulatie een aantal maal herhalen. Hamvraag wordt: hoeveel maal? Soms wordt dit duizenden malen, vooral bij het nagaan van

uitzonderlijk optredende gebeurtenissen. Stel je maar voor hoe lang het zal duren voor ik weet hoe groot een buffer van een communicatiesysteem moet zijn die een verlieskans van minder dan 1 triljoenste waarborgt. Prof. R. Boel heeft technieken ontwikkeld om het aantal herhalingen drastisch te verminderen.

Hierbij ging hij in op een efficiënte schatting van de gevoeligheid van de simulatie voor de veranderingsfactoren en op het bepalen van optimale bemonsteringsmethodieken. Hij heeft met statistische methodes de waarde van deze variantiereductietechnieken berekend.

Simulatie op gedistribueerde netwerken

Vermits simulatie het versneld nabootsen is van reële processen kan men zich inbeelden dat, indien men deze simulatie op parallelle computersystemen (bv. transputer-netwerken) zou uitvoeren, dit een belangrijke snelheidsverhoging zou opleveren. Dr. ir. *Erik Dirkx*, dienst INFO aan de Vrije Universiteit Brussel (prof. J. Tiberghien) promoveerde op dit domein: de simulatie op transputers (30 processoren) van protocols voor lokale netwerken. Onlangs kreeg hij de kans om simulatietechnieken in gedistribueerde netwerken te bestuderen in een research lab van IBM in de Verenigde Staten, waar een experimentele machine staat die een

enorm groot aantal processoren bevat.

Uit zijn onderzoek blijkt echter dat deze snelheidsverhoging vrij beperkt is. Dit komt omdat de voortgang van het simulatieproces gebeurt op basis van gebeurtenissen: alle handelingen gebeuren stap per

stap en daarom zal parallel processing hiervoor geen grote versnelling kunnen bieden. In de algoritmen die hij voorstelt, worden events die elkaar niet kunnen beïnvloeden parallel gesimuleerd, zelfs indien ze op verschillende (gesimuleerde) tijdstippen optreden. Hoe groot het processing-netwerk ook is, de maximale versnelling van het proces ligt rond een factor 10 tegenover een sequentiële computersimulatie.

Problemen bij een praktische aanpak

Nu mag elk simulatiehandboek de gebruiker nog voorschrijven hoe en in welke fasen een simulatieontwerp moet plaatsvinden, toch zal de daadwerkelijke praktische aanpak nieuwe problemen ten berde brengen. Uit hun ruime simulatie-ervaring vermelden ir. *Bert Taeymans* en ir. *Wouter Tielemans* (beide van Orinoco bvba) hoe moeilijk het wel is betrouwbare voorspellingsgegevens te bemachtigen. In opdracht van de Vlaamse overheid ontwierpen zij een simulatiemodel voor de verkeersafwikkeling op de Schelde.

Deze studie gebeurde met het oog op bijkomende wachttijden die zullen optreden bij het bouwen van een tweede containerkade nabij de Nederlandse grens. Computersimulatie gebeurt bij Orinoco met behulp van het simulatiepakket SIMAN. De sprekers belichtten ook in welke mate zulke

pakketten een beperking vormen voor simulaties zoals zij verrichten. Orinoco bvba is een spin-off bedrijf van de Universiteit Antwerpen dat logistiek advies verstrekt (meestal op basis van simulatie) aan industrie en overheid.

Intelligentie voor het simulatiemodel

De Nederlandse inbreng bestond in een lezing van drs. *Tanja van Rij*, nu verbonden aan het Centrum Wiskunde Informatica te Amsterdam. Zij bracht de resultaten naar voren van een onderzoek dat zij vorig jaar verrichtte aan het RIKS (Research Institute for Knowledge Systems, Maasticht).

Zij beschreef een modellerings-, simulatie- en scheduleringssysteem voor produktie in kleine series (job shop scheduling). Het aspect simulatie wordt gebruikt om de ruimte van mogelijke schedules te onderzoeken en om de robuustheid van deze schedules te testen tegenover het falen van de bronnen (bv. mensen of machines).

De "intelligente" inbreng betreft het gebruik van "constraint programming"-technieken die de gebruiker toelaten de gevolgen van zijn wijzigingen te zien.



Ir. Bert Taeymans

Het geheel biedt tevens een visuele ondersteuning voor het scheduleringsproces. Tanja van Rij toonde een aantal praktijkvoorbeelden aan de hand van een implementatie van hun systeem in Common Lisp.

Petri-netten: op weg naar een formalisme?

De vijf voorgaande spreekbeurten handelden over het management van het simulatieproces, het gebruik van kunstmatige intelligentie in een implementatie, het versnellen van de runtijd en de interpretatie van de resultaten. Hierbij wordt steeds verondersteld dat de gebruiker het simulatiemodel op een degelijke, effectie-



Prof. dr. Gerrit K. Janssens

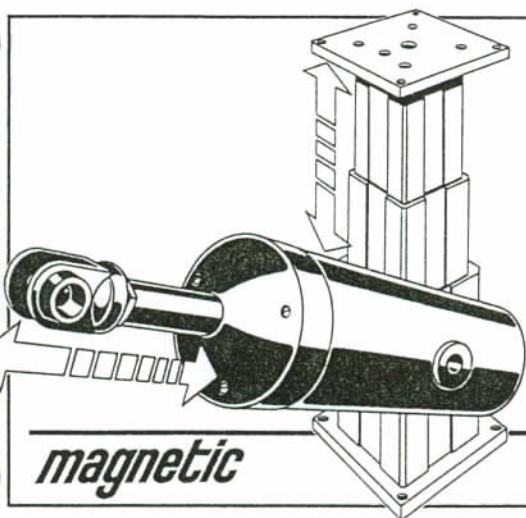
ve en efficiënte wijze heeft ontworpen. Prof. Gerrit K. Janssens, organisator en ook laatste spreker, uitte zijn teleurstelling over het nog niet verspreid gebruik van mogelijke formalismen voor het ontwerp van simulatiemodellen. Denken we maar aan het formalisme van Jackson voor gestructureerd programmeren: hierdoor is een systematische aanpak voor het schrijven van software ontstaan of aan Chen's entiteitenmodel: hierdoor is een systematisch aanpak voor het logisch ontwerp van databases ontstaan. In de simulatie van continue processen merken we dat het formalisme van differentiaalvergelijkingen toelaat modellen te specificeren en dat een ganse batterij van me-

thoden bestaan om die sets van vergelijkingen op te lossen. De discrete event-simulatie werkt op dit gebied nog zonder leidraad, ad hoc, m.a.w. de kwaliteit van het simulatiemodel hangt af van de kwaliteit van de ontwerper en geen twee ontwerpers zouden tot hetzelfde ontwerp komen. Prof. dr. Gerrit K. Janssens deed in zijn uiteenzetting een pleidooi voor het gebruik van Petri-netten bij simulatiemodelontwerp. Petri-netten vormen een grafische en wiskundig werktuig voor de bestudering van dynamische, concurrente en aan synchronisatie onderworpen systemen. Eerder werden Petri-netten gebruikt voor de specificatie van multiprogramming-systemen of flexible manufacturing systems.

De organisator van de studiedag toonde voorbeelden hoe Petri-netten kunnen helpen bij kwalitatieve simulatie, bij het genereren van mogelijke toestanden van een systeem en een equivalentie tussen SIMAN-opdrachten en Petri-net structuren. Misschien een hoopvolle stap naar een meer formele aanpak.

Prof. dr. Gerrit K. Janssens
Universiteit Antwerpen (RUCA)

CILINDERS



MAGNETIC lineaire elektro-cilinders

- Aandrijfskracht van 150 N tot 10 kN
- Slaglengthe van 10 tot 6000 mm
- Aandrijfsnelheid van 0.625 tot 200 mm/sec.
- AC of DC versie, leverbaar op klant-specificatie
- Pneumatische, elektrische of infrarood-bediening

Zwitsers fabriek, 3 jaar garantie

GROTERO

MOTORS, BLOWERS, SENSORS, POSITIONING
Tel.: (03) 233.24.32 • Fax: (03) 233.55.84