

# Praktijktraining met simulaties

*Karel van den Bosch*

*Johan B.J. Riemersma*

## INHOUD

1	Inleiding	2
2	Het klassieke opleidingsmodel en de moderne wereld	3
3	Simulatie en simulator	3
4	Soorten simulaties	4
4.1	Games	5
5	Wanneer is simulatietraining geschikt?	9
6	Leeroverdracht en natuurgetrouwheid	9
6.1	Fysieke en functionele natuurgetrouwheid	10
7	Bepalen van benodigde natuurgetrouwheid	11
7.1	Natuurgetrouwheid en type taak	11
7.2	Natuurgetrouwheid en niveau doelgroep	12
7.3	Natuurgetrouwheid en wijze van inzet van de simulatietraining	12
8	Scenario's voor simulatietraining	13
9	Augmented terugkoppeling en cueing	15
10	Prestatiemeting	16
10.1	Geautomatiseerde prestatiemetingen	17
11	Evaluatie van simulatietrainingen	18
12	Samenvatting	19
	Referenties	20

Bosch, K. van den and Riemersma, J. B. J. Praktijktraining met simulaties. In: P.W.J. Schramade and Thijssen, J. G. L., Eds. Handboek Effectief Opleiden. Den Haag, the Netherlands: Elsevier; 2000; 23(7.4-6): pp. 107-132.

## 1 Inleiding

IT-ers hebben de banen voor het uitzoeken. Bedrijven proberen geïnteresseerden te paaien met een hoog salaris en uitstekende secundaire arbeidsvoorwaarden. Er is zoveel behoefte aan personeel omdat de samenleving bruist van initiatieven om mogelijke toepassingen van de stormachtige ontwikkelingen in de informatietechnologie te realiseren. Ook de opleidingswereld heeft oog voor nieuwe mogelijkheden die de informatietechnologie biedt, zoals het gebruik van computers, multimedia en simulaties. Het is steeds vaker mogelijk om taken en de omgevingen waarin ze worden uitgevoerd, geheel of gedeeltelijk, zo realistisch na te bootsen dat leerlingen daarmee de benodigde vaardigheden kunnen leren.

Beschikbaarheid van technologie is één ding, toepassing ervan in opleidingen is een andere kwestie. Voor een zinvol gebruik van simulatietechnologie moet een breed scala van vragen worden beantwoord, zoals “wat kan en wil ik met simulatie trainen?”, “hoe integreer ik simulatietraining met de overige componenten van training?”, “hoe natuurgetrouw moet de simulatie zijn?”, “hoe bereik ik goede leeroverdracht naar de echte praktijk?”, “welke prestatiecriteria selecteer ik?”. Dit is nog maar een greep uit de onderwerpen. De uitgebreide literatuur over simulatietraining is niet altijd van nut voor opleidingsontwikkelaars of systeemontwikkelaars die een simulatietrainingsprogramma willen opzetten. Een manco is dat de onderwerpen in de literatuur vaak afzonderlijk worden behandeld, waardoor de samenhang met de overige componenten van simulatietraining niet goed duidelijk wordt. Een tweede probleem is dat veel artikelen zijn geschreven vanuit bevindingen die zijn opgedaan met één specifieke simulator zonder dat goed duidelijk wordt hoe die kennis gebruikt kan worden voor de inrichting van andere simulatietraining. Tenslotte is er het probleem dat de onderwerpen vaak op een hoog niveau van abstractie worden beschouwd. Om de relevantie ervan voor een actueel trainingsprobleem te onderkennen is veel specifieke domeinkennis nodig. Geconcludeerd kan worden dat de literatuur niet altijd goed aansluit bij de wensen en behoeften van opleidingsontwikkelaars.

In dit artikel wordt een geïntegreerd overzicht gegeven van de vraagstukken die bij de keuze en inrichting van simulatietraining aan de orde komen. In de eerste plaats is het nodig om te bepalen of simulatie echt de beste oplossing is. Daarvoor is inzicht nodig in de wijze waarop leerdoelen het meest effectief kunnen worden bereikt, door middel van: klassikale instructie, vaardigheidsonderwijs met behulp van part-task of full task simulatoren, of de echte praktijk. Ook de vraag welk type simulatie het meest geschikt is, is niet eenvoudig te beantwoorden. Het is namelijk niet zo dat de toepassing van simulaties vanzelfsprekend leidt tot effectievere en efficiëntere opleidingen. Als gekozen is voor simulatietraining, hoe natuurgetrouw moet de simulatie zijn en hoe bereik je een goede leeroverdracht? Duidelijk zal worden gemaakt dat de benodigde natuurgetrouwheid geen vast gegeven is, maar afhankelijk is van type taak, doelgroep en functie van simulatietraining in het gehele opleidingsprogramma. Simulatie is een vereenvoudigde nabootsing van de werkelijkheid, en biedt op zichzelf weinig mogelijkheden voor training. Voor effectief leren is het nodig dat de simulaties worden uitgerust met instructiefaciliteiten waarmee tailor-made trainingsscenario's kunnen worden ontworpen, en waarmee door prestatie metingen het leerproces kan worden gevolgd en gestuurd. Tenslotte wordt aandacht besteed aan fine-tuning en optimalisatie van simulatortrainingen door tussentijdse evaluaties.

## 2 Het klassieke opleidingsmodel en de moderne wereld

Voor elke organisatie is het belangrijk dat personeelsleden de vaardigheden voor het verrichten van hun taken effectief kunnen leren en up-to-date houden. Dat is een steeds grotere uitdaging omdat het karakter van professionele functies sterk verandert door automatisering en de invoering van nieuwe technologie. De inbedding van individuele taakuitvoering in grotere werkeenheden is sterker, en ook het voortdurend actueel houden van vaardigheden is steeds meer noodzakelijk.

Volgens het klassieke opleidingsmodel wordt eerst theoretische kennis aangeleerd, gevolgd door instructie en oefening 'on the job' (OJT) onder supervisie van een expert die als 'tutor' optreedt. Dit - model is voor veel functiegerichte bedrijfsopleidingen niet langer optimaal vanwege praktische, economische en didactische nadelen. Een *praktisch* nadeel van OJT is dat het vaak moeilijk is, of soms zelfs onmogelijk, om het werkelijke systeem voor trainingsdoeleinden in te zetten (bijv. in volcontinu bedrijven, zoals (atoom)krachtcentrales). Een *economisch* nadeel van OJT is dat het werkelijke systeem niet altijd tegelijkertijd operationeel kan zijn (de trein die wordt gebruikt voor oefening van machinisten, vervoert op dat moment geen passagiers of vracht). Tenslotte zijn er ook *didactische* nadelen. Ten eerste blijft de leerstrategie vaak impliciet: leerdoelen, instructiemethode en evaluatie zijn geconcentreerd in het hoofd van één persoon. Ten tweede is de expert-tutor voor het aanbieden van leersituaties afhankelijk van wat er zich toevallig voordoet tijdens de normale gang van zaken in het bedrijf. Leersituaties kunnen dus niet in een voor het leerproces optimale volgorde en frequentie worden aangeboden. Een derde beperking is dat het vanwege veiligheidsoverwegingen vaak niet mogelijk is om de herkenning en afhandeling van systeemstoringen te oefenen, en noodprocedures te trainen in een werkelijk systeem.

Het klassieke opleidingsmodel voldoet dus niet in termen van beschikbaarheid, volledigheid en efficiëntie. Er is behoefte aan een leeromgeving die representatief is voor de taakomgeving en die geen, of weinig, belemmeringen oplevert voor de normale bedrijfsvoering. Simulaties bieden in veel gevallen de mogelijkheid om de (dynamische) taakomgeving van een individuele leerling of een team zo na te bootsen dat de relevante informatie op een adequate manier wordt weergegeven, en om daarmee een gestructureerde volgorde van realistische oefensituaties aan te bieden.

## 3 Simulatie en simulator

In de literatuur bestaat geen algemene overeenstemming over de definitie van de term "simulatie", maar Barton geeft een goed bruikbare:

Simulation is simply the dynamic execution or manipulation of a model of an object system [something to be studied] for some purpose" (Barton, 1970, p.6).

Een simulatie is de nabootsing van een systeem op basis van een model dat het gedrag berekent als functie van systeemkenmerken, de omgeving en inputs van de gebruiker. Bijvoorbeeld, een simulatie van een verkeersvliegtuig is een beschrijving van de uitvoering van manoeuvres als functie van voertuigeigenschappen (bijv. motorvermogen, snelheid, gewicht, lading), de omgeving (bijv. tegen- of meewind, vlieghoogte, turbulentie), en inputs van de piloot (bijv. stand van vleugelkleppen, ingezet motorvermogen, roer).

Een simulatie is dus de uitvoering van een model dat meestal een mathematische beschrijving is van oorzaak-gevolg relaties die geldig zijn binnen een systeem. Maar voor training is zo'n model niet

voldoende. De leerling moet in-line interactie hebben met het model (“man-in-the-loop simulation”) door het geven van inputs (bijvoorbeeld door drukken op knoppen, indrukken van pedalen, intoetsen van commando's), en moet realistische, real-time, informatie krijgen over de (veranderende) toestand van het systeem (bijvoorbeeld door lampjes, meters, geluid, beweging). Die interactie gebeurt via een bedieningsomgeving of interface. Het geheel van simulatiemodel en fysieke interface wordt “*simulator*” genoemd.

Er zijn trainingssimulatoren waarbij de bedieningsomgeving zeer realistisch is. Vliegsimulatoren die gebruikt worden voor de opleiding tot verkeersvliegers zijn daarvan een voorbeeld. Leerlingen bevinden zich in een cabine (mock-up) die een natuurgetrouwe kopie is van de cockpit. De gebruiker geeft inputs aan de simulatie door middel van authentieke bedieningsmiddelen. De effecten van de handelingen worden natuurgetrouw teruggekoppeld door middel van indicaties op het instrumentpaneel, bewegingen van de mock-up, geluid en het gesimuleerde buitenbeeld. Niet voor alle trainingen is een volledig natuurgetrouwe bedieningsomgeving noodzakelijk. Vaak kan worden volstaan met een symbolische weergave van de bedieningsmiddelen en informatiedisplays op een computerscherm. In plaats van een echt rempedaal in te drukken kan ook een “rem”knop op het scherm met een muis worden “ingedrukt” (Grimsley, 1969; Lintern, Taylor, Koonce, Kaiser, & Morrison, 1997; Prophet, & Boyd, 1970). In de sectie over *leeroverdracht en natuurgetrouwheid* wordt daar nader op ingegaan.

#### **4 Soorten simulaties**

Doel van simulatie voor opleidingsdoeleinden is het zodanig nabootsen van de taakomgeving dat mensen de benodigde vaardigheden effectief kunnen leren. Daarvoor kunnen verschillende platformen worden gebruikt. Bekend zijn *full-task* simulatoren waarin alle taakvaardigheden op geïntegreerde wijze kunnen worden geoefend. Een voorbeeld hiervan zijn de KLM-vliegsimulatoren. Op die simulatoren kunnen alle leerdoelen worden gehaald. Zonder verdere training op het werkelijke systeem sluiten leerlingen de simulatortrainingen af als gecertificeerd verkeersvlieger.

Een heel ander voorbeeld van de waarde van simulatortraining komt uit de Golfoorlog. "73 Easting" is een label voor een beroemd geworden tankslag tijdens die oorlog. Een kleine Amerikaanse taakgroep, ter grootte van een compagnie tanks, versloeg een veel grotere Iraakse tankeenheid (bataljon) door de kansen tengevolge van verrassing ten volle uit te buiten. Het verrassingseffect was op zich wederzijds: op geen enkele kaart stond de glooiing van het terrein aangegeven die het mogelijk maakte om, op de top ervan aangekomen, een heel bataljon ingegraven Iraakse tanks in het vizier te krijgen. Het succes van de actie werd toegeschreven aan de uitgebreide trainingen op een simulator netwerk (SIMNET) (Alluisi, 1991), waardoor communicatie- en coördinatieprocedures goed waren ingeslepen. Na afloop is deze tankslag zo minutieus gereconstrueerd dat van elke tank precies bekend was wanneer het welk doel bevuurd had, en met welk effect. Ook de geografie van het terrein werd zeer nauwkeurig in databases vastgelegd. Het werd daardoor mogelijk de veldslag "als een film" opnieuw te vertonen, maar ook: om de film op elk moment te stoppen en een nieuwe groep trainees hun eigen vervolg aan de slag te laten geven. Hiermee kunnen de gevolgen van alternatieve beslissingen worden duidelijk gemaakt.

Met *part-task* trainers is het mogelijk om training te geven in zelfstandig uitvoerbare deeltaken, zoals bijvoorbeeld het bedienen van communicatieapparatuur en het oefenen van communicatieprocedures. Part-task simulatoren kunnen ook gebruikt worden om training te concentreren op kritische aspecten

van de taak. Wightman en Lintern (1985) bijvoorbeeld toonden aan dat kritische taken voor het vliegen (*tracking* en *manual control*) effectief met een part-task trainer getraind kunnen worden.

Simulaties hoeven dus niet noodzakelijkerwijs op een high-fidelity full-task simulator te worden geïmplementeerd om effectief training te kunnen verzorgen. Een toepassing die door de snelle ontwikkelingen van PC's steeds populairder wordt is *desktop simulatie*. In die vorm zijn simulatiemodellen van systemen, apparaten en processen geïmplementeerd in een PC, en worden de functionaliteiten door de gebruiker bediend door middel van muis, toetsenbord, of eventueel, een aanraakscherm.

Een succesvolle toepassing van desktop simulatietraining wordt gerapporteerd door Roessingh en Chlapowski (1994). Zij onderzochten de effectiviteit van desktop simulatietraining voor het aanleren van geavanceerde vliegmanoeuvres (bijv. "loop", "slow roll", "inverted flight"). De controlegroep kreeg de normale lessen in het echte vliegtuig. De experimentele groep kreeg die lessen ook, maar kreeg vooraf oefening in de manoeuvres op het desktop simulatieprogramma. Het bleek dat de vliegprestaties van de experimentele groep aanmerkelijk beter waren dan die van de controlegroep. Dit positieve effect van de voorafgaande training trad al in de eerste lessen op en bleef aanwezig gedurende het gehele trainingsprogramma. De auteurs suggereren dat trainees door desktop training beter de visuele cues kunnen herkennen en gebruiken die nodig zijn om de tijd-kritische elementen van de manoeuvreertaken te kunnen uitvoeren

#### 4.1 Games

Een oude toepassing van gaming is het *bordspel*. Bordspelen hebben een element van competitie waarin spelers de effecten van verschillende strategieën op hun winstkansen kunnen ondervinden. Vooral in de krijgskunde hebben wargames in de vorm van bordspelen toepassing gevonden om officieren te trainen in commandovoering. Een probleem is dat de uitkomsten in dat soort spelen voor een belangrijk deel door het lot worden bepaald. Het is daardoor niet duidelijk of de principes en strategieën die iemand leert door het spelen van zulke spelen wel geldig zijn in de echte operationele praktijk (Gredler, 1992).

Als de termen: "spel" en "simulatie" worden gecombineerd, krijg je "spelsimulatie". Dat maakt het nog verwarrender om te achterhalen waar het eigenlijk om gaat. Het is daarom goed onderscheid te maken tussen: A spelen waar het louter gaat om interacties tussen de spelers, B spelen waar het gaat om de interactie van een speler of een groep van spelers met een (simulatie van een) situatie, een crisis, een opgave, en AB de combinatie hiervan zoals een wargame. Dit onderscheid kan nog nader worden uitgewerkt door ook te beschrijven welke "opbrengst" met de spelactiviteiten wordt beoogd of mogelijk is. Dit geeft de volgende classificatie:

- A1- opbrengst: amusement; voorbeelden zijn bordspelen waarbij de dobbelsteen of een random bepaalde (ongelijke) uitgangspositie bepaalt wie uiteindelijk zal winnen; halma, maar ook klaverjassen.
- A2-opbrengst: bepaling spelerssterkte; voorbeelden zijn "eerlijke" (bord)spelen, waarin verschillen in spelvaardigheden in hoge mate bepalend zijn voor de kans om te winnen; schaken, bridge, voetballen. In competities wordt uiteindelijk een rangorde van de deelnemers vastgesteld.
- A3-opbrengst: geleerde (sociale) vaardigheden of attitudes; voorbeelden zijn rollenspelen, debating clubs.
- B1- opbrengst: verdiepte kennis van een bepaald domein; voorbeelden zijn micro werelden zoals simcity, quadrablock. In simcity wordt als het ware de besturing van een complete stad

gesimuleerd. Wat speelt allemaal mee in de besluitvorming over ruimtelijke ordening maar ook in het aantrekken van nieuwe bedrijven ten behoeve van de werkgelegenheid. Het doel is duidelijk het aanbrenge van meer inzicht in de complexe keuzes die stadsbestuurders moeten maken. Quadrablock is een eenvoudig bordspel. Het bord is 6x6 vierkanten groot. Elke speler heeft vijf stukken, bestaande uit de vijf mogelijke manieren om vier vierkanten ‘aan elkaar te plakken’. De spelers kunnen om de beurt een eigen stuk neerleggen, als daar nog een open plaats voor is. Je wint als je meer stukken hebt geplaatst dan je tegenstander. Het doel is het aanleren van ruimtelijk inzicht en leren vooruitdenken.

B2-opbrengst: geleerde vaardigheden om het verloop van gebeurtenissen in een gesimuleerde realiteit in een gewenste richting te beïnvloeden; voorbeelden zijn management games, crisis games.

AB1- opbrengst: geleerde kennis, vaardigheden en attitudes om te kunnen opereren in een gesimuleerde realiteit waartoe ook een (al dan niet gesimuleerde) tegenspeler behoort; voorbeelden zijn management games met tegenspelers, (valide) wargames en crisismanagement spelen waarin gijzelingen of dreiging van terroristische aanslagen centraal staan.

Behalve bij A1 en A2 is de pretentie van de beschreven spelen dat ze leiden tot toegenomen kennis, vaardigheden of attitudes die een leeroverdracht hebben naar echte situaties en taken. Hoe goed ze daarin (kunnen) slagen hangt af van de validiteit van de gesimuleerde werkelijkheid, maar ook van de scenario's die worden gebruikt, de wijze waarop de uitkomst wordt bepaald en de manier waarop feedback wordt gegeven door bijvoorbeeld een oefenleiding.

Van Breemen (1997) bespreekt management games en bedrijfssimulaties en concludeert dat deze in het algemeen de belofte van het aanleren van breder toepasbare vaardigheden niet waar kunnen maken. Hij geeft als redenen dat de games vaak te “gesloten” zijn (een beperkt aantal keuzes bieden), de aangeboden problemen te veel zijn voorgestructureerd en de spelsituatie vaak te weinig gelegenheid biedt voor realistische sociale interacties in de groep van spelers. Hij observeert dat de spelers vaak meer bezig zijn te achterhalen welk achterliggend rekenmodel door de ontwerper is gebruikt om de “werkelijkheid” te simuleren en op welke wijze in dit spel de “score” wordt bepaald. Ze ontwikkelen hierdoor weliswaar kennis over de constructie van het spel en specifieke spelvaardigheden, maar geen generaliseerbare kennis en vaardigheden voor het handelen in de meer complexe en meer open werkelijke situatie. Nog verder weg van de realiteit is het leren gebruik maken van bepaalde zwaktes van de spelconstructie om bij dreigend eigen verlies ook de tegenstander niet echt te laten winnen. Dit kan door bijvoorbeeld het systeem voortijdig te laten crashen.

Een zelfde constatering kan gedaan worden bij veel rollenspelen. Deze kunnen gemakkelijk ontaarden in “amusement” in plaats van het bijbrengen van beoogde vaardigheden of houdingen. Het hangt af van de gepercipieerde authenticiteit van de situatie en de gespeelde rollen of het feitelijke doel kan worden bereikt. Teambuilding krijgt onbedoeld vaak het karakter van een rollenspel door enerzijds de buitenissige situatie (kano varen, rafting, bergbeklimmen) en anderzijds de door die situatie uitgelokte verdeling van rolposities die anders is dan in de werkelijke situatie. Zo kan de jongste bediende door zijn fysieke kracht bijvoorbeeld een leiderspositie in gaan nemen. Na terugkeer zullen de oude verhoudingen waarschijnlijk snel worden hersteld.

Ook de meer complexe AB1 spelen hoeven niet te leiden tot de beoogde (leer)opbrengst. Een hypothetisch voorbeeld: als er begin jaren veertig wargames waren gespeeld door de staf van het

Pentagon, waarin als een optie voor de Japanse legerleiding naar voren zou zijn gekomen het bombarderen van de USA vloot in de thuishaven Pearl Harbor, dan zou deze optie waarschijnlijk als te “academisch” terzijde zijn geschoven en niet geleid hebben tot preventieve maatregelen. We weten dat dit zich in werkelijkheid in Nazi-Duitsland ook actueel heeft voorgedaan: opties die in Kriegsspiele als niet optimaal naar voren kwamen werden door de ideologische directieven van Hitler juist wel gekozen, bijvoorbeeld de operatie Barbarossa.. Maar weer even terug naar het dagelijks niveau.

Wat steeds als een verwarrende factor kan gelden als voor een spelvorm wordt gekozen, is het idee dat het dan ook om winnen of verliezen gaat: dus een soort competentie rangordening. Dat brengt de eis met zich mee dat het een “eerlijk” spel moet zijn. De idee van “fair play”. Dat beperkt natuurlijk in hoge mate de scenario’s die dan gebruikt kunnen worden. Diepergaand is dit een gevolg van elk spel te willen beëindigen met een winnaar en een verliezer. Maar zo zit de wereld niet altijd in elkaar. Het is wel duidelijk dat dan ook prestatie-maten die alleen bestaan uit: gewonnen-verloren, niet voldoende zijn. In asymmetrische situaties is een meerzeggende prestatie-maat of je het je voldoende realiseerde dat de krachtsverhoudingen ongelijk waren, of dat je, gegeven die situatie, je verliezen hebt geminimaliseerd of je missie nog zolang mogelijk hebt uitgevoerd. Dit geldt zowel voor een situatie van een “vijandige” overname in het bedrijfsleven als voor het vertragend gevecht in een militaire situatie.

### **Team games**

Veel games worden gespeeld door een spelersgroep, waarvan de leden samen een opdracht krijgen. In managementgames is dat vaak het geval, alleen al omdat je een hele klas hebt bezig te houden. Vaak gaat het dan om een ongedifferentieerde groep met officieel maar één gezamenlijk doel: het spel samen te winnen. Dat je vervolgens vaak kunt waarnemen dat er binnen de groep toch competitie ontstaat om het leiderschap of de slimste oplossing, doet er in zekere zin niet toe: daar was het spel niet expliciet voor bedoeld. (Misschien doet het er juist wél toe; de onbedoeld ontketende processen geven het spel een andere wending waardoor de beoogde leeropbrengst juist niét wordt gehaald!). Een heel andere situatie ontstaat wanneer een werkelijk bestaand team, waarvan de leden eigen rollen en verantwoordelijkheden hebben, aantreedt, en met een bepaalde situatie of scenario wordt geconfronteerd. Voor bepaling van de inhoud en de vorm van de simulatie is het van groot belang wat je als gewenste leeropbrengst ziet. De keuzes zijn: het team meer kennis bij te brengen over een bepaald domein; het aanleren van vaardigheden om te kunnen opereren in bepaalde situaties; het leren samen te werken als team. Uit een oogpunt van effectiviteit lijkt het overigens gewenst teams als zodanig pas te oefenen als elk individueel teamlid tenminste voldoende kennis en vaardigheden heeft om zijn eigen taken te kunnen uitvoeren. Dan kan de training zich effectiever richten op het leren samenwerken: leren informatie uit te wisselen en soepel te coördineren. Dit laatste klinkt nogal simpel. Maar wat zijn in feite de voorwaarden om veilig te stellen dat een teamlid essentiële informatie op het juiste tijdstip doorgeeft aan een ander teamlid, en zijn acties coördineert met de acties van andere teamleden? Dat zijn er nogal wat en die overstijgen de individuele kennis en kunde. Wil het taakgedrag gecoördineerd en soepel kunnen verlopen dan eist dit een zekere mate van voorkennis bij de teamleden in de vorm van op elkaar afgestemde (mentale) modellen. Onderscheiden kunnen worden:

- gemeenschappelijk situatie-model (model van de operationele omgeving, indien van toepassing inclusief model van bedoelingen, resources, gewoonten van de opponent); *ondersteunt de informatie-uitwisseling*

- gemeenschappelijk teamtaakmodel, model taakstructuur, hoe grijpen de taken in de tijd in elkaar; *ondersteunt synchronisatie, wederzijdse aanpassing van de taakuitvoering*
- model andere teamlid(leden), wat zijn diens sterktes en zwaktes; model van de taak van een ander teamlid, wat houdt diens taak in en op welke tijdstippen verwacht je activiteiten; *ondersteunt monitoring en feedback, bijspringen en corrigeren.*

Deze komen dus “bovenop” het:

- model van de eigen taak en uit te voeren procedures; *ondersteunt individuele taakuitvoering, zelf-monitoring.* Dit model is bij voorkeur reeds aangeleerd en effectief voordat in teamverband aan de ontwikkeling van de gemeenschappelijke modellen wordt gewerkt.

Communicatie en wederzijdse monitoring zorgen voor de informatieuitwisseling maar ook voor de overige cues die nodig zijn voor gecoördineerd gedrag. Omdat communicatie tijdens het uitvoeren van taken ook kan storen, en in ieder geval aandacht opeist (resources 'bezet'), moet de noodzakelijke communicatie zo duidelijk en kort mogelijk zijn. Dit wordt bevorderd door een gemeenschappelijk 'communicatie-model'. Een dergelijk model ondersteunt de contextgevoelige interpretatie van wat gezegd wordt, door wie en op welk moment. Dit aanpassen van de wijze van communicatie binnen een team is vrijwel niet onderzocht, maar heeft te maken met de calibratie van betekenis en contextgevoelige interpretatie en is dus teamtaakspecifiek.

Uit monitoring van elkaars taakuitvoering volgen ook niet verbale cues voor de coördinatie en synchronisatie. Daardoor is dan expliciete communicatie niet nodig. Operationalisatie van de kwaliteit van (covert) mentale modellen in meetbare termen is niet meteen gegeven. Eerste aanzetten voor een wijze van expliciteren van een situatiemodel zijn te vinden in Cohen, Thompson, Adelman & Bresnick (1995). Meerdere auteurs (Koedinger & Anderson, 1993; Cohen, Freeman, Wolf, Millitello, & Klein, 1994) stellen dat training effectiever kan zijn als deze toegespitst wordt op het ondersteunen van de ontwikkeling van mentale modellen tot deze een expertkwaliteit bereikt hebben. Regelmatige diagnose van de momentane kwaliteit en status is dan wel een voorwaarde.

Men grijpt al gauw naar de spelvorm omdat het zo'n aantrekkelijke, activerende werkvorm lijkt. In bovenstaande analyse komt echter naar voren dat dit niet zonder risico is. Vrij gemakkelijk verschuiven leerdoelen, worden eerder “spelvaardigheden” aangeleerd dan authentieke, en ontaarden de activiteiten in amusement. Dat laat onverlet dat simulaties, en ook games aan een krachtige leeromgeving kunnen bijdragen. Maar dus niet zonder meer. Bovenop de game moet een weldoordachte instructieschil worden gelegd, die duidelijk maakt wat het leerdoel is, die adequate prestatie maten bijhoudt en effectieve feedback geeft over de uitgevoerde activiteiten. Dat kan alleen als de scenario's (uitgangspositie, omgevingskenmerken, opdracht, gebeurtenissen) voor specifieke leeropbrengsten zijn ontworpen. Scenario's dienen te reflecteren of de beoogde leereffecten zijn gericht op kennisontwikkeling, vorming, betere coördinatie of effectieve informatie-uitwisseling. Nu worden te vaak puur operationele scenario's gebruikt waarvan niet duidelijk is welk doel ze dienen anders dan een globaal doel als “oefenen” met het gevaar te verworden tot amusement.



## 5 Wanneer is simulatietraining geschikt?

De ontwikkeling of aanschaf van simulaties voor training vereist doorgaans veel inspanning en geld. De vraag of de investering voor een bepaalde toepassing lonend is, hangt af van de eigenschappen van de te leren taken en de omstandigheden waaronder ze moet worden uitgevoerd (De Jong, 1991; Kearsley & Hillelsohn, 1982; Stanton, 1996). In het algemeen is simulatietraining nuttig als:

- *De taak in de werkelijkheid traag, of juist extreem snel, verloopt.* Een goed voorbeeld hiervan is de procesindustrie. Soms lopen productieprocessen buitengewoon traag. Training in de *real-time* werkelijkheid bestaat dan voor een groot deel uit wachten totdat een bepaalde fase in het proces voltooid is. In een gesimuleerde taakomgeving kan de snelheid van het proces naar wens worden ingesteld op een tempo dat meer geschikt is voor een efficiënte verwerving van vaardigheden. Omgekeerd kunnen processen zó snel verlopen dat het voor de opleiding zinvol is deze processen in de simulatie te vertragen. Een voorbeeld is een simulatie van een chemische reactie die in werkelijkheid onnavolgbaar snel verloopt, waardoor geen goed beeld van de determinanten van de uitkomsten kan worden opgebouwd.
- *De taak in werkelijkheid uitgevoerd wordt op een bijzonder, zelden beschikbaar, of duur systeem.* Daarvan zijn vele voorbeelden bekend, zoals vliegen van straaljagers, navigeren van schepen, rijden op een tank, een krachtcentrale bedienen, enzovoort.
- *De taak moeilijk is,* waardoor er frequent fouten gemaakt worden en er dus vaak terugkoppeling en aanwijzingen gegeven moeten worden. In het werkelijke systeem is het maken van fouten vaak ongewenst omwille van de veiligheid of operationele bedrijfszekerheid. Training met simulatie heeft die beperkingen niet.
- *De taak gevaarlijk is om uit te voeren.* Brandweermannen bijvoorbeeld moeten getraind worden in taken die erg gevaarlijk kunnen zijn als die onder realistische praktijkomstandigheden geoefend zouden moeten worden. Dit gevaar kan worden ondervangen als die taken op een goede manier getraind kunnen worden in een gesimuleerde omgeving.
- *De taak in werkelijkheid veel infrastructurele en logistieke ondersteuning vereist.* Praktijktraining van luchtverkeersleiders bijvoorbeeld zou onmogelijk zijn vanwege de enorme infrastructurele en logistieke ondersteuning. Daarom is het goed dat hiervoor goede simulatoren en simulatietrainingen beschikbaar zijn.

## 6 Leeroverdracht en natuurgetrouwheid

Bij trainings simulatoren wordt tegenwoordig bijna standaard de vraag gesteld naar de natuurgetrouwheid (fidelity) en naar de leeroverdracht (validiteit). Een simulatie is valide als de vaardigheden verworven tijdens training ook toegepast kunnen worden in de werkelijke taak. Om vast te kunnen stellen welke mate van natuurgetrouwheid nodig is om dat te bereiken, is inzicht nodig in de onderliggende factoren van leeroverdracht (Reder & Klatzky, 1994). De voor leeroverdracht benodigde natuurgetrouwheid kan betrekking hebben op de modellering van het systeemgedrag, de interface (bedieningsomgeving) en de taakomgeving (de wereld waarin het systeem functioneert). Die eisen zijn niet voor iedere trainingstoepassing hetzelfde. Stel bijvoorbeeld dat, na analyse van een ongeluk, besloten wordt om verkeersvliegtuigen uit te rusten met een nieuw semi-automatisch systeem dat de piloot ondersteunt bij het uitvoeren van landingen waarbij valwinden kunnen optreden. De piloot moet de taakuitvoering door het systeem bewaken en, indien nodig, overnemen. Voor bijscholing van piloten is simulatietraining de beste, en waarschijnlijk de enig aanvaardbare,

oplossing, maar die kan uitsluitend effectief zijn als alle variabelen die betrekking hebben op de (daal)snelheid van het vliegtuig juist en compleet in het simulatiemodel zijn gespecificeerd. Met andere woorden, het systeemgedrag moet met een hoge mate van natuurgetrouwheid worden gemodelleerd. Een heel ander voorbeeld betreft de training van scheepsofficieren in de uitwijkregels op zee (van den Bosch, Barnard, & Boot, 1998). Hierbij moeten trainees potentiële conflictsituaties op zee leren herkennen en zich bekwamen in de toepassing van de juiste gedragsregel. Hiervoor is het niet nodig om het gedrag van het schip natuurgetrouw te modelleren (bijvoorbeeld als functie van wind, stroom en golfslag). Ook de bedieningsinterface (de brug) en de buitenwereld (zee, golfslag, schuim, wolken) hoeven niet bijzonder natuurgetrouw te worden gepresenteerd om toch deze cognitieve vaardigheden te kunnen leren.

## 6.1 Fysieke en functionele natuurgetrouwheid

Het is nuttig onderscheid te maken tussen fysieke en functionele natuurgetrouwheid. De term *fysieke natuurgetrouwheid* betreft de gelijkheid tussen de simulatie en de werkelijkheid met betrekking tot het systeem (bijv. worden bewegingen correct nagebootst? is de reactie van het systeem op inputs van de gebruiker conform de werkelijkheid?), de interface (bijv. zien de knoppen er hetzelfde uit? is het geluid waarheidsgetrouw?) en de taakomgeving (bijv. wordt de buitenwereld realistisch of juist schematisch weergegeven?). *Functionele natuurgetrouwheid* geeft aan in hoeverre de taak in de simulatie op dezelfde wijze kan worden uitgevoerd als in de werkelijkheid. Een functioneel natuurgetrouwe simulator verstrekt alle relevante taakinformatie (doorgaans 'cues' genoemd) die ook in de werkelijkheid aanwezig zijn. Een functioneel natuurgetrouwe rijnsimulator bijvoorbeeld geeft de gebruiker de relevante cues uit de omgeving (bijv. verkeersborden, belijning, ander verkeer) en de cues afkomstig van het systeem zelf (bijv. snelheidsmeter, richtingaanwijzer, voertuigbewegingen als gevolg van bestuurdersgedrag).

Niet alle cues uit de werkelijkheid zijn even belangrijk (Warren & Riccio, 1985). De cues die het meest relevant zijn voor het (leren) uitvoeren van de taak worden 'critical cues' genoemd (Korteling, Van den Bosch, & Emmerik, 1997). Die moeten in een simulatie voor training zeker worden gepresenteerd. Wat er mis kan gaan als een kritische cue tijdens training ontbreekt, blijkt uit een anecdoten gerapporteerd door Rolfe (1998):

Een jongeman ambiëerde een carrière als toneelspeler, maar in zijn afgelegen woonplaats in noord-oost Engeland was een theater noch een toneelgroep. Om zich toch vertrouwd te maken met de wereld van het toneel leende hij boeken van de plaatselijke bibliotheek. Op een dag belde een toneelgezelschap op tournee hem op met de vraag of hij voor een zieke acteur kon invallen in een stuk van Shakespeare. Zijn rol bestond slechts uit één regel, die luidde: "**Hark I hear a cannon!**", maar het was een begin. Onderweg, in de trein naar de naburige stad, memoriseerde hij de regel. Hij arriveerde juist op tijd, trok snel zijn kostuum aan en werd het podium op geleid. Hij liep naar het midden waar de koning zat. Plotseling hoorde hij een geweldige klap, waarop de jongeman uitroept: "**Good heavens, what was that?**".

Vaak wordt gedacht dat de validiteit direct samenhangt met de fysieke natuurgetrouwheid. Als de leeromgeving (in de simulator) zoveel mogelijk identiek is aan de werkelijke taakomgeving, dan zou automatisch de leeroverdracht automatisch hoog zijn. Sanders (1991) geeft een voorbeeld waaruit

blijkt dat dit een te simpele voorstelling van zaken is. De oliemaatschappij Esso had een zeer natuurgetrouw schaalmodel (1:25) van de voor deze maatschappij gebruikte supertankers laten ontwikkelen en gebruikte deze realistische modelvaartuigen op een echt meer voor training in het manoeuvreren. Door de schaling voltrokken de effecten van stuurcommando's zich echter 5 keer sneller dan in het geval de echte supertankers zouden zijn gebruikt. Trainees pasten daarna de op deze wijze geleerde kennis van de tijdsrelaties tussen stuurcommando's en de daaropvolgende manoeuvres van het schip daarna wel toe bij het manoeuvreren met de echte supertankers, wat leidde tot belangrijke fouten in taakuitvoering.

## **7 Bepalen van benodigde natuurgetrouwheid**

Naar de vraag welke elementen in trainings simulaties moeten worden opgenomen, en hoe natuurgetrouw deze moeten worden nagebootst (het *fidelity*-vraagstuk), is veel onderzoek verricht (bijv. Grimsley, 1969; Alessi, 1988, Adduchio, 1997). Het simuleren van systeem- en omgevingskenmerken die irrelevant zijn voor het leren van de taakvaardigheden is namelijk verspilling, maar ten onrechte weglaten van essentiële kenmerken leidt tot inadequate training.

De uitdaging voor de specificatie van simulatietraining is gelegen in het selecteren van precies die taakaanwijzingen ('cues') die essentieel zijn om de taakvaardigheden te kunnen verwerven. Voor het koersvast rijden van flauwe bochten in een auto bijvoorbeeld, is de markeringsstreep aan de binnenzijde van de bocht een essentiële cue (Bengler, Bernasch, & Löwenau, 1997; Riemersma, 1988). Om die rijtaak te kunnen leren in een rij simulator is de presentatie van die cue essentieel.

Een functioneel natuurgetrouwe simulatie bevat alle taakrelevante cues, maar de wijze waarop deze informatie wordt verstrekt hoeft niet noodzakelijkerwijze identiek te zijn aan die in de werkelijkheid. Prophet & Boyd (1970) gebruikten de echte cockpit om personeel te trainen in de procedures voor het starten en uitschakelen van de motoren, en vergeleken de prestatie met een andere groep die de procedures leerden in een eenvoudige cockpit-mockup, gemaakt van spaanplaat die beplakt werd met foto's van het bedieningspaneel. Beide groepen leerden de taak even snel, presteerden even goed op het werkelijke systeem, en behielden de vaardigheden even goed gedurende een lange periode zonder oefening. Deze bevindingen worden bevestigd in ander onderzoek (bijv. Grimsley, 1969; Johnson, 1981; Lintern, Sheppard, Parker, Yates, & Nolan, 1989).

Deze voorbeelden illustreren dat een effectieve trainingsimulator in ieder geval de cues bevat die voor het leren van de taak werkelijk van belang zijn. Voor de bepaling van de fysieke natuurgetrouwheid waarmee die cues in de simulatie moeten worden gepresenteerd is inzicht nodig in de onderliggende factoren die de uiteindelijke leeroverdracht naar de werksituatie bepalen (Reder & Klatzky, 1994). Van belang daarbij is onder meer: het type taak, het beoogde begin- en eindniveau van trainees waarvoor de trainings simulatie bedoeld is (beginners, experts) en de functie van simulatie in het totale trainingstraject.

### **7.1 Natuurgetrouwheid en type taak**

In het algemeen is voor het leren van perceptief-motorische taken (bijv. hijskraan besturen, autorijden, vliegen) in een gesimuleerde omgeving een hoge mate van fysieke natuurgetrouwheid nodig (Alessi, 1988; Baum, Riedel, Hays & Mirabella, 1982). Proceduretaken (bijv. bediening- en assemblagetaken) en cognitieve taken (bijv. storingzoeken, management) kunnen daarentegen goed geleerd worden met *low-fidelity* simulaties (Crawford & Crawford, 1978; Grimsley, 1969; Prophet &

Boyd, 1970). Als de taak erg complex is (management, militaire besluitvorming), dan kan een natuurgetrouwe representatie van de taakomgeving het leren voor beginners zelfs bemoeilijken omdat de overdaad van details het verkrijgen van overzicht op de situatie belemmert (Andrews, 1988; Patrick, 1992).

## 7.2 Natuurgetrouwheid en niveau doelgroep

De natuurgetrouwheid van de trainings simulatie moet worden afgestemd op het beoogde vaardigheidsniveau van de doelgroep. De cognitieve psychologie onderscheidt meestal drie fasen in de ontwikkeling van vaardigheden: de kennis-fase, de procedure-fase en de autonome fase (vgl. Anderson, 1983; Fitts & Posner, 1967). In de *kennis-fase* gaat het om het aanleren van de informatie die nodig is voor taakuitvoering; een beschrijving van de handelingen en het vertrouwd raken met de bedieningsomgeving en de terminologie. In deze fase kan de taakomgeving voldoende worden gerepresenteerd met plaatjes, diagrammen en simpele (deel)simulaties. Hoge eisen aan natuurgetrouwheid zijn niet nodig. In de *procedure-fase* staat niet zozeer kennis over de taakverrichting centraal, maar meer het leren toepassen ervan. Het geleerde moet door toepassing meer taakuitvoeringsgericht worden. Daarvoor moeten de effecten van taakhandelingen op een functioneel juiste en geloofwaardige manier worden gesimuleerd, maar een complete en in alle opzichten waarheidsgetrouwe simulatie is daarvoor niet wezenlijk. In de *autonome fase* tenslotte wordt (deel)taakuitvoering door veelvuldig oefenen geautomatiseerd. Dat betekent dat uitvoering van de betreffende deeltaak snel is, weinig verwerkingscapaciteit kost en geen bewuste aandacht vraagt zodat tegelijkertijd andere, meer gecompliceerde, deeltaken kunnen worden verricht. Om dit niveau van beheersing door training te bereiken is een leeromgeving met een hoge mate van natuurgetrouwheid nodig. Een belangrijke reden hiervoor is dat de controle op de taakuitvoering vrijwel niet meer bewust wordt uitgevoerd, maar berust op intrinsieke cues in de taak. Bijvoorbeeld, een leerling-chauffeur zal bij het schakelen aanvankelijk nog bewust kijken naar het icoon met het schakelschema op zijn versnellingspook, later schakelt hij gedachteloos, en uiteindelijk vooral op gevoel.

## 7.3 Natuurgetrouwheid en wijze van inzet van de simulatietraining

In sommige gevallen is het technisch niet mogelijk, of budgettair niet haalbaar, om bepaalde delen van de taak te simuleren (bijv simulatie van vliegtuigbewegingen leidend tot hoge g-krachten is technisch (nog) niet mogelijk). Vaardigheden die hierop betrekking hebben zullen in een praktijktraining met het werkelijke systeem moeten worden geleerd. Polzella, Hubbard, Brown & McLean (1987) onderscheiden drie verschillende mogelijkheden voor de inzet van simulatie in een trainingstraject en de daaruit volgende implicaties voor de benodigde natuurgetrouwheid:

- Simulatie vervangt alle praktijktraining. Dit is vooral van toepassing als het werkelijke systeem niet voor training kan, of mag, worden ingezet. Dit vereist meestal een hoge natuurgetrouwheid.
- Simulatie vervangt een deel van de praktijktraining. Dit is de meest gebruikte optie. Een bescheiden natuurgetrouwheid volstaat meestal omdat de fijn afstemming van vaardigheden plaats kan vinden tijdens praktijktraining op het werkelijke systeem.
- Simulatie wordt ingezet ter voorbereiding op praktijktraining. Dit heeft vaak als doel mensen bekend te maken met de interface en met elementaire functies, zodat training op het werkelijke systeem (of een meer geavanceerde trainingsimulator) efficiënter kan verlopen. Ook hier volstaat een laag niveau van fysieke natuurgetrouwheid.

## 8 Scenario's voor simulatietraining

Bij de aanschaf of ontwikkeling van een trainingsimulator kijkt men vaak vooral naar fysieke representatie van het systeem (de mock up) en naar de volledigheid en natuurgetrouwheid van het gedrag van het systeem. Deze componenten zijn natuurlijk belangrijk, maar met alleen een mockup en gedragsmodel is uitsluitend een "free play" vorm van training mogelijk. Hoewel free-play training bevorderlijk kan zijn voor de motivatie (Oser, Gualteri & Dwyer, 1998), voegt deze vorm van training weinig toe aan de klassieke "on the job" training. De voordelen die in principe met simulatie behaald kunnen worden, worden met free-play niet volledig benut vanwege de volgende bezwaren (Cannon-Bowers & Salas, 1997; Oser et al., 1998; Zachary, Gwynedd, Bilazarian, Burns & Cannon-Bowers, 1997):

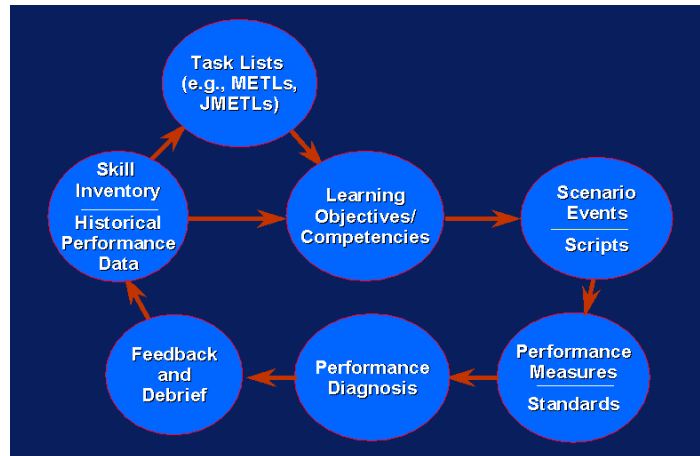
- Het gedrag van het systeem als functie van gebruiker-inputs is de belangrijkste vorm van terugkoppeling aan de trainee. Dit is echter niet altijd de meest geschikte feedback omdat bijvoorbeeld de gevolgen van sommige foutieve acties pas na enige tijd in het systeem zichtbaar worden, zodat de kans bestaat dat de trainee geen, of onjuiste, conclusies over oorzaak-gevolg relaties trekt.
- 'Free-play' lokt uit tot toepassing van ongewenste ad-hoc en informele taakstrategieën.
- Met ongericht oefenen is er geen sturing van het leerproces mogelijk. Systematische aanbieding van oefensituaties is niet mogelijk, waardoor het leerproces moeilijk of niet kan worden gevolgd. Evenmin kan met free-play een volledig doorlopen trainingstraject worden gegarandeerd.
- 'Free-play' leidt tot een inefficiënte inzet van instructeurscapaciteit. De instructeur is voor de prestatiebeoordeling aangewezen op de toevallige situaties die de leerling tijdens de taakuitvoering heeft doen ontstaan. Vanwege het onvoorspelbare en soms ongerichte gedrag van leerlingen, is prestatiebeoordeling daardoor vaak ad hoc, subjectief en, door incompleetheid van het trainingsprogramma, slechts gedeeltelijk valide.

Voor training tot competente taakuitvoerders is vrij oefenen op een simulator, al dan niet onder supervisie van een instructeur, niet voldoende. Het vereist een traject van oefenscenario's die zo zijn gekozen en ingericht dat zij een gericht beroep doen op de verwerving en toepassing van kritische vaardigheden (Stretton & Johnston, 1997; Cannon-Bowers, Burns, Salas, & Pruitt, 1998).

Echter, in veel opleidingen waar simulatietrainingen worden gegeven komen de scenario's voor training doorgaans op een ad-hoc wijze tot stand, waarbij vooral overwegingen gelden zoals: "wat is technisch mogelijk?", "wat zijn de huidige procedures voor training on-the-job?", "hoe kan ik de huidige praktijkoefeningen in de simulator krijgen?". Deze aanpak leidt tot een vorm van simulatietraining die grote gelijkens heeft met training on-the-job, en kent daarmee dezelfde nadelen en beperkingen.

Praktische vragen zijn hoe voor een bepaalde opleiding wel goede scenario's ontworpen kunnen worden en met welke trainingsmaatregelen het leerproces kan worden bevorderd. De literatuur geeft daar wel algemene aanwijzingen en richtlijnen. (Burns, 1999; Campbell & Deter, 1997; Oser, Gualteri, & Dwyer, 1998; Prince, Oser, & Salas, 1993; Stretton & Johnston, 1997).

Gemeenschappelijk daarin is de systematische inbreng van "gebeurtenissen" (*events*) in de scenario's die gedrag van de trainee vereisen dat correspondeert met de leerdoelen, en de formulering van prestatiecriteria waarmee objectief kan worden vastgesteld of de trainee het leerdoel beheerst. Dat is grafisch weergegeven in Figuur 1 (Cannon-Bowers et al., 1998):



**Figuur 1: Componenten van scenario-gebaseerde training**

Allereerst moeten voor scenario-gebaseerde training de kritische vaardigheden worden geïdentificeerd (component 1). Dat gebeurt in het algemeen door analyse van expert-gedrag. Vervolgens kunnen door een trainingsanalyse de leerdoelen worden vastgesteld (component 2). Er bestaan globale richtlijnen (Fowlkes, Dwyer, Oser, & Salas, 1998) voor de specificatie van scenario's waarmee de leerdoelen gehaald kunnen worden (component 3), maar succesvolle toepassing daarvan vereist altijd gedegen kennis van de taak en van didactische principes. De ontwikkelaar kan ervoor kiezen om de te leren taak te simplificeren, of op te delen in afzonderlijke deeltaken (*part-task training*), stressors te introduceren (bijv. gelijktijdige en meervoudige conflictsituaties) enzovoort. Prestatiemetingen (component 4) zijn van belang om te bepalen of de trainee het leerdoel heeft gehaald; prestatiediagnose (component 5) is nodig om de oorzaak van foutief gedrag te achterhalen, zodat terugkoppeling (component 6) en de selectie van nieuwe oefenscenario's (component 3) daarop kan worden afgestemd.

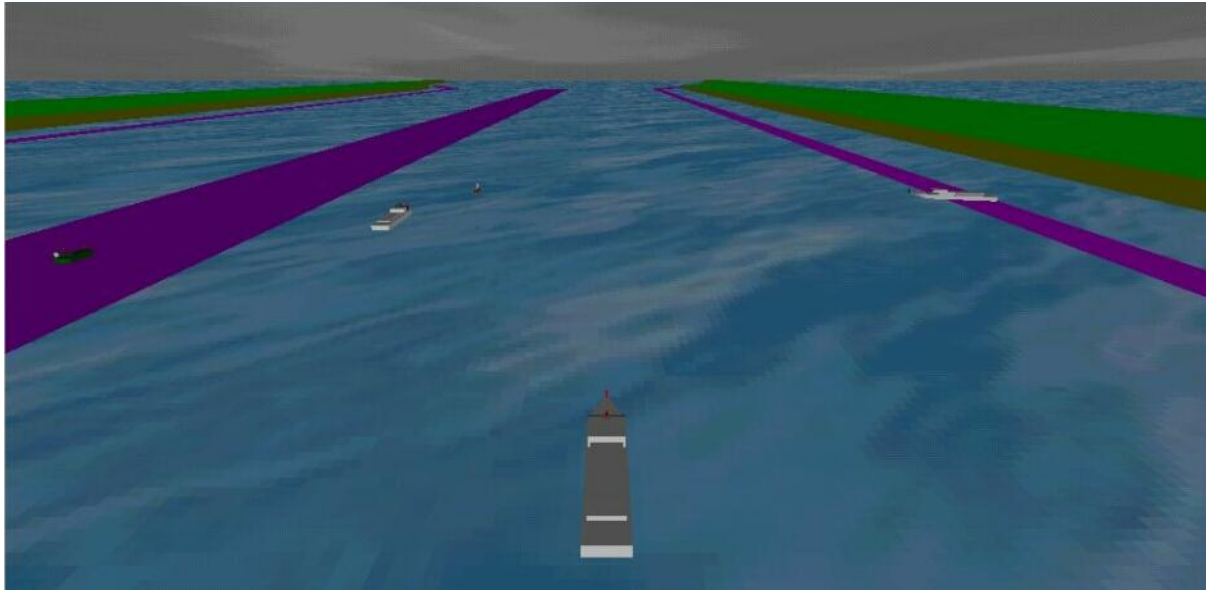
Het ontwerp en beheer van trainingsscenario's wordt doorgaans overgelaten aan de instructeur. Dit kost echter veel tijd en moeite, en wordt in de praktijk daarom onvoldoende systematisch uitgevoerd. Er is dan ook veel belangstelling voor tools voor het ontwerpen, beheren en gebruiken van trainingsscenario's. (Fowlkes et al., 1998). In de meeste gevallen bieden deze systemen de instructeur ondersteuning. Voor sterk geproceduraliseerde taakomgevingen kunnen zulke tools zelfs semi-automatisch de taken uitvoeren. Voor de (opfris)training van piloten in noodprocedures bijvoorbeeld, is in opdracht van grote luchtvaartmaatschappijen een *tool* ontwikkeld die op basis van enkele parameters (bijv. leerdoel, vaardigheidsniveau, domeinspecifieke gegevens) automatisch probleemsituaties voor training genereert (Bowers, Jentsch, Baker, Prince & Salas, 1997). Bijvoorbeeld, voor oefening van het leerdoel "uitwijken naar alternatief vliegveld bij ontoelaatbare weersomstandigheden op bestemming", moet het scenario aan een aantal criteria voldoen (bijv. vliegtuig is reeds onderweg en niet op de luchthaven; er zijn bereikbare alternatieve luchthavens, alternatieve luchthavens hebben wel goede weerscondities, etc). Op basis van enkele parameters, die door de instructeur worden ingevoerd, genereert het systeem automatisch scenario's waarmee het leerdoel kan worden bereikt.

## 9 Augmented terugkoppeling en cueing

Het vaardigheidsniveau van trainees aan het eind van een trainingsprogramma wordt in belangrijke mate bepaald door de hoeveelheid oefening. Oefening alleen is echter onvoldoende. Om fouten te kunnen detecteren en corrigeren hebben trainees terugkoppeling nodig over de relatie tussen hun acties en de uitkomsten ervan (Hurlock & Montague, 1982). Vaak wordt een onderscheid gemaakt tussen *taak-intrinsieke* terugkoppeling en *augmented* terugkoppeling. Taak-intrinsieke terugkoppeling is ook aanwezig in de echte taakomgeving. Voorbeelden van taakintrinsieke terugkoppeling in een bedieningstaak zijn de indicaties op meterklokken, waarschuwingsgeluiden of -lampjes. In een rijnsimulator is bewegingsinformatie als gevolg van stuuracties (remmen, maken van bochten) een belangrijke vorm van taakintrinsieke terugkoppeling. Ervaren taakuitvoerders gebruiken soms zeer subtiele taakintrinsieke terugkoppeling om hun taakuitvoering te controleren en eventuele fouten te detecteren. Loodsen bijvoorbeeld gebruiken bij het manoeuvreren van grote zeeschepen ruimtelijke verhoudingen tussen verschillende oriëntatiepunten in de haven (boeien, gebouwen aan wal, kranen) en op het schip (steven, spiegel) om te bepalen wanneer zij een bepaalde manoeuvre in moeten zetten (Schraagen, 1993). Vanzelfsprekend vereist het veel ervaring voordat die cues uit de omgeving op een betrouwbare manier kunnen worden toegepast. Beginners daarentegen worden in zulke complexe taakomgevingen snel overstelpt met informatie waarvan zij niet weten welke zij moeten gebruiken en welke niet.

Om trainees te ondersteunen in de selectie en interpretatie van taakinformatie wordt er in de training vaak extra (*augmented*) terugkoppeling gegeven. Dit is vooral nodig voor taken waarbij de relatie tussen uitvoering en terugkoppeling niet direct duidelijk is. Bijvoorbeeld, het management van een bedrijf voert het mechanisme van prestatiebeloning in teneinde de productiviteit van medewerkers te vergroten. De invoering van zo'n maatregel kan andere, gewenste of minder gewenste, effecten in het bedrijf teweegbrengen, maar het is niet altijd duidelijk of, en hoe, die neveneffecten daarvan een gevolg zijn. Augmented terugkoppeling, bijvoorbeeld in de vorm van toelichting door een expert-instructeur, is nodig om trainees inzicht te geven in de oorzaak-gevolg relaties tussen acties en uitkomsten. Augmented terugkoppeling is ook nodig als er in de taak een lang tijdsinterval bestaat tussen uitvoering en terugkoppeling, zoals bijvoorbeeld in bedrijfsmanagement, politieke besluitvorming en commandovoering.

Maatregelen tijdens de training om beginners te ondersteunen kunnen gericht zijn op extra terugkoppeling (dus *nà* taakacties), maar kunnen ook bestaan uit hulp bij het benutten van de juiste informatie uit de omgeving (dus voor of tijdens de uitvoering van de taak). Dit laatste wordt *augmented cueing* genoemd. Hierbij wordt de leerling expliciet gewezen op taak-kritische informatie. Bij het leren aansturen van een chemisch proces kan dat bijvoorbeeld gebeuren door een indicatielampje te laten knipperen bij een meter die essentiële informatie geeft voor de verdere taakuitvoering. Figuur 2 geeft een ander voorbeeld van augmented cueing.



**Figuur 2: voorbeeld van augmented cueing in het leren van verkeersregels op zee**

Voor het leren van de verkeersregels op zee is in de simulatie van de zee met scheepvaartverkeer een *overlay* op het scherm geprojecteerd die het verkeersscheidingsstelsel beter zichtbaar maakt dan de moeilijk waarneembare beboeing in de werkelijkheid (Barnard & van den Bosch, 1998). Deze ondersteuning is in de echte taakomgeving natuurlijk niet zichtbaar, maar kan vooral beginnende leerlingen alert maken op de context van eigen manoeuvres, en van die van andere schepen.

Augmented cueing en terugkoppeling is een effectieve methode als de taak-intrinsieke informatie te complex of te schaars is voor beginners. Echter, een gevaar van deze methode is dat trainees de extra informatie gaan beschouwen als onderdeel van de taak zelf, en er daardoor in de taakuitvoering afhankelijk van worden. Dit kan de leeroverdracht nadelig beïnvloeden (Lintern et al., 1989; Schmidt & Wulf, 1997). Aanbevolen wordt daarom augmented cueing en terugkoppeling uitsluitend te gebruiken in de beginfase van de training en deze ondersteuning gaandeweg de training te verminderen.

## 10 Prestatiemeting

Het meten van prestaties tijdens de training is nodig om te kunnen vaststellen welke leerdoelen bereikt zijn en welke niet, en om een diagnose te kunnen stellen over eventuele hiaten in kennis en vaardigheden van individuele trainees en daarover terugkoppeling te geven aan trainee en instructeur. Helaas zijn trainings simulatoren zelden uitgerust met een goed systeem voor prestatiemetingen (Vreuls & Obermayer, 1985). Sanders (1991) suggereert dat dit komt omdat simulator-ingenieurs doorgaans weinig belangstelling hebben voor menselijk gedrag, en hun energie vooral steken in het bereiken van een hoge fysieke natuurgetrouwheid. Sanders onderscheidt drie factoren die van belang zijn voor het specificeren van prestatiemetingen:

- *de aard van de vaardigheid.* Perceptief-motorische taken (bijv. rijden, varen, vliegen) hebben een goed observeerbare stimulus-response relatie en zijn daardoor eenvoudiger te meten dan cognitieve taken (bijv. storingzoeken, management, commandovoering) waarbij belangrijke vaardigheden (zoals redeneren en beslissen) niet observeerbaar en meetbaar zijn.



- *de tijdsrelatie tussen stimuli en response*. In complexe taken is het niet altijd eenvoudig om observeerbaar gedrag te interpreteren in relatie tot voorafgaande gebeurtenissen.
- *definiëring van optimale prestatie*. Open cognitieve taken (zoals management en commandovoering) kenmerken zich door onzekerheid over informatie in de probleemsituatie, waardoor prestatienormen niet of moeilijk geformuleerd kunnen worden.

Met simulatoren is het, technisch gezien, vaak eenvoudig om allerlei gegevens over taakprestaties te registreren. Het probleem is echter te bepalen welke gegevens werkelijk van belang zijn, en hoe die gegevens te gebruiken voor terugkoppeling aan trainee en instructeur. Relevante gegevens moeten worden afgeleid uit gedetailleerde taak- en traininganalyses. Een voorbeeld van een trainingsimulator waarin aanvankelijk de selectie van prestatiematen niet goed was geregeld is de rijnsimulator die de Koninklijke Landmacht (KL) gebruikt voor de opleiding tot bestuurder op een gevechtstank. Deze simulator registreert indrukwekkende hoeveelheden gegevens over systeem- en taakgedrag, zoals stuuruitslag, snelheid, versnelling/vertraging, dwarspositie, kracht op pedalen, instelling van instrumenten. Vroeger werden al deze gegevens in vrijwel onbewerkte vorm teruggekoppeld aan de instructeur. Die zag zich geconfronteerd met een enorme berg aan informatie waarvan de relatie met het te beoordelen taakgedrag niet te doorgronden was. Daardoor negeerden instructeurs de door de simulator gegenereerde informatie, en beoordeelden zij de trainees louter op hun subjectieve waarneming. De KL onderkende deze ongewenste gang van zaken en zocht naar een oplossing. Een goede selectie en een goed gebruik van prestatiematen was nodig. Bijvoorbeeld, voor het vloeiend rijden van een bocht zijn andere prestatiematen van belang dan voor het tijdig remmen voor een object. Het is belangrijk dat een simulator alleen die prestatiegegevens verschaft aan de instructeur die op dat moment van belang zijn voor het beoordelen van de specifieke taak, en in een vorm die begrijpelijk is voor instructeur en trainee. Nadat vuistregels voor prestatiemeting (Korteling & Van den Bosch, 1996) waren geïmplementeerd in het trainingsprogramma, bleek het Performance Measurement and Feedback (PMF) systeem effectiever en beter te worden gebruikt.

### 10.1 Geautomatiseerde prestatiemetingen

Prestatiemetingen zijn niet alleen nodig om vast te stellen of trainees de leerdoelen halen, maar ook om na te gaan wat de oorzaak is van eventuele fouten. De diagnose over hiaten in competenties is nodig voor adequate terugkoppeling. Uit de literatuur is bekend dat het leereffect het grootst is als terugkoppeling snel na het uitvoeren van een actie wordt gegeven (Kluger & DeNisi, 1996). Soms is het mogelijk dat instructeurs *on-line* de prestatiemeting en terugkoppeling verzorgen, maar als dit automatisch zou kunnen worden uitgevoerd, dan zou dat het rendement van trainings simulatoren natuurlijk vergroten. Vreuls & Obermayer (1985) concluderen echter dat de meeste systemen voor geautomatiseerde prestatiemetingen (nog) ongeschikt zijn voor toepassing in trainings simulatoren vanwege aan aantal fundamentele problemen. Ten eerste is er het eerdergenoemde probleem dat kennis, vaardigheden en redeneerprocessen vaak niet direct zijn af te leiden uit observeerbaar taakgedrag. Een operator kan druk bezig zijn de status van een krachtcentrale te beoordelen zonder dat dit waarneembaar is in observeerbaar taakgedrag. Een tweede probleem is dat er geen formele theorieën en modellen zijn die aangeven welke prestaties gemeten moeten worden, wat hun relatieve belang is, en hoe ze interacteren met andere maten (zie ook Riemersma, 1999). Bijvoorbeeld, een chauffeur kan tijdelijk het leerdoel om passagiervriendelijk te rijden opofferen om een dreigende botsing te vermijden. Zo'n verandering in taakbenadering heeft consequenties voor de taakuitvoering, maar hoe dit op grond van taakgedrag moet worden herkend en beoordeeld is niet bekend.

Prestatiemeting is een essentieel onderdeel van simulatietraining. De selectie van prestatie-maten moet zijn gebaseerd op taak- en trainingsanalyses. Voor sommige (deel)taken is het onmogelijk om de relevante aspecten automatisch te registreren (bijv. het kijkgedrag van de chauffeurs bij het oversteken van kruisingen), maar voor taken waar dat wel mogelijk is (bijv. laterale positie bij het rijden door bochten), kan geautomatiseerde prestatie-metingen het rendement van training verhogen.

## 11 Evaluatie van simulatietrainingen

Een belangrijke indicatie voor de kwaliteit van een trainingsimulator in een leertraject is de effectiviteit en efficiëntie waarmee de leerdoelen worden gehaald. Deze indicatie is alleen voldoende als de kwaliteit en volledigheid van de geformuleerde leerdoelen onbetwistbaar zijn, en het halen ervan dus een goed criterium is voor de evaluatie van de opleiding. Gegeven de beperkte middelen die meestal voor taakanalyse beschikbaar zijn is het vooralsnog niet verstandig daarvan uit te gaan. De wezenlijke criteria voor evaluatie zijn overdracht van het geleerde naar de praktijk (Reder & Klatzky, 1994), en de mate waarin de aangeleerde kennis en vaardigheden beklijven (Van den Bosch & Verstegen, 1996). Onderzoek naar de vraag of leerlingen door simulatortraining de taak in de praktijk beter kunnen uitvoeren, of sneller een vooraf gespecificeerde prestatienorm halen, heet *validatie*onderzoek. Validatieonderzoek wordt echter in de praktijk zelden uitgevoerd (Korteling & Sluimer, 1999). Een reden daarvoor is dat zulke studies veel tijd kosten, vooral bij lange trainingsprogramma's. Goede validatiestudies vereisen controlegroep(en) en dat is soms moeilijk te verenigen met de opleidingsverplichting van een organisatie. Ten derde zijn er eenduidig interpreteerbare prestatienormen nodig, en die zijn lang niet altijd beschikbaar.

Vanwege de praktische bezwaren van validatieonderzoek wenden organisaties zich soms tot alternatieve, maar discutabele, methoden om een indruk te verkrijgen van de waarde van simulatortraining voor de opleiding (Rolfe & Caro, 1982). Een bekende methode is te vragen naar gebruikersoordelen. Die aanpak is aanvechtbaar omdat in het oordeel van leerlingen allerlei zaken meespelen die niet direct samengaan met de effectiviteit van de training. Leren kost bijvoorbeeld moeite en vereist vaak herziening van gewoontes en visies. De investeringen die dit vraagt van leerlingen, en die zij wellicht liever vermijden, kunnen doorwerken in hun oordeel. Dat neemt natuurlijk niet weg dat raadpleging van leerlingen verstandig is voor het verder vormgeven van opleiding en training, maar als indicator voor de kwaliteit van training is het onvoldoende. Een tweede methode is de kwaliteit van simulatortraining af te meten aan de fysieke natuurgetrouwheid. Experts hebben de neiging om simulatoren met een waarheidsgetrouwe interface hoger in te schatten dan simulatoren waarin de taak op een symbolische manier wordt gerepresenteerd. Volledige natuurgetrouwheid is voor training echter niet altijd nodig is, en kan zelfs contraproductief werken (zie paragraaf 7).

Een derde methode is om het rendement van een trainingsimulator af te leiden uit de intensiteit waarmee die wordt gebruikt. Ook dat is een dubieuze maat. Vaak zijn er met de aanschaf en het onderhoud van een simulator hoge kosten gemoeid, en dit kan een organisatie motiveren de bezettingsgraad zo hoog mogelijk te houden, zonder dat dit iets zegt over de kwaliteit van simulatortraining.

In de literatuur zijn verschillende manieren bekend om onderzoek te verrichten naar de leeroverdracht van simulatortrainingen (Rolfe & Caro, 1982; Korteling & Sluimer, 1999). De verschillende methoden variëren in de manier waarop controlegroepen worden samengesteld en de criteria om

leeroverdracht te bepalen. Elk van de methoden heeft zijn voordelen en beperkingen. Om die situatie effectief het hoofd te bieden suggereren Korteling en Sluimer (1999) om in validatieonderzoek verschillende methoden te combineren om zo het risico van foutieve conclusies te beperken.

Validatieonderzoek is noodzakelijk om echt te weten wat de waarde is van simulatortraining; tegelijkertijd is de weg naar zulk onderzoek bezaaid met voetangels en klemmen. Rolfe en Caro (1982) adviseren daarom de les van Aesop (6de eeuw voor de jaartelling) ter harte te nemen: "Pas op dat je de substantie niet mist bij het grijpen naar zijn schaduw".

## **12 Samenvatting**

Door automatisering en de invoering van nieuwe technologie verandert het karakter van professionele functies. Taken worden in grotere werkeenheden uitgevoerd en het voortdurend actueel houden van vaardigheden is steeds meer noodzakelijk. Vanwege praktische, economische en didactische beperkingen is het klassieke opleidingsmodel vaak niet meer geschikt. De technologische vooruitgang die medeverantwoordelijk is voor de verhoogde eisen aan opleiding en training, is tegelijkertijd de sleutel tot een oplossing. Door toepassing van computers en multimedia is het namelijk steeds vaker mogelijk om leeromgevingen te ontwikkelen met simulaties van systeem en taakomgeving. Voor effectief leren is het nodig dat de simulaties worden uitgerust met instructiefaciliteiten waarmee tailor-made trainingsscenario's kunnen worden ontworpen, en waarmee door prestatie metingen het leerproces kan worden gevolgd en gestuurd.

De mogelijkheden van simulatortraining worden vaak niet ten volle benut omdat er aan de specificatie van trainingsscenario's onvoldoende aandacht wordt besteed. Effectieve training vereist dat oefen-scenario's zo worden gekozen en ingericht dat zij een gericht beroep doen op de systematische toepassing van kritische vaardigheden. Een goede afstemming tussen leerdoelen, scenario's, prestatie meting en terugkoppeling is daarvoor essentieel.

De ontwikkeling en toepassing van simulaties voor opleidingsdoeleinden is een tijdrovende en kostbare aangelegenheid, en zal daarom niet altijd een (kosten)effectieve oplossing zijn. Vooral voor taken die onder een van de drie D's vallen (dangerous, dull, or dirty), is simulatietraining een goede oplossing. Simulatortrainingen zijn er in allerlei categorieën. Tot de verbeelding sprekende voorbeelden zijn de geavanceerde full-mission simulatoren, waarin alle, of bijna alle, leerdoelen kunnen worden getraind. Maar dat is niet altijd nodig. Vaak kunnen goede resultaten behaald worden met part-task simulatoren en desktop simulatietrainingen.

Centrale begrippen voor trainings simulaties zijn natuurgetrouwheid (fidelity) en leeroverdracht (validiteit). Fysieke natuurgetrouwheid kan belangrijk zijn voor de acceptatie van het systeem als trainingsmiddel bij docenten en trainees, maar om effectief te kunnen leren moet een simulator allereerst functioneel natuurgetrouw zijn. De mate van natuurgetrouwheid die een simulator moet hebben om trainees effectief de taakkritische vaardigheden te leren wordt vooral beïnvloed door de eigenschappen van de te leren taak, het te behalen vaardigheidsniveau bij de doelgroep, en de functie die de simulatietraining in het gehele trainingstraject vervult.

Tenslotte moet helaas worden geconstateerd dat er soms veel inspanning, tijd en geld wordt gestoken in de aanschaf en ontwikkeling van een simulator, maar dat er vaak weinig animo is om de effecten van simulatortraining goed in kaart te brengen. Dat is jammer, omdat resultaten van evaluatie niet alleen inzicht kunnen verschaffen in het eindresultaat van training, maar ook aanwijzingen kunnen

opleveren over hoe door aanpassingen van de simulator en de oefenscenario's, de kwaliteit van training kan worden verbeterd.

## Referenties

- Adduchio, M.T. (1997). Lessons learned in the development of high-fidelity maintenance trainers. *Proceedings of the 19th Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference*.
- Alessi, S. M. (1988). Fidelity in the Design of Instructional Simulations. *Journal of Computer-Based Instruction*, 15 (2), p. 40.
- Alluisi, E. A. (1991). The development of technology for collective training: SIMNET A case history. *Human Factors*, 33 (3), p. 343-362.
- Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Andrews, D. H. (1988). Relationships among simulators, training devices, and learning: a behavioral view. *Educational Technology*, (January), p. 48-54.
- Barnard, Y. F., & K. van den Bosch. (1998). *Ontwerp en demonstratie van Computer Ondersteund Onderwijs in het vak "bepalingen ter voorkoming van aanvaringen op zee*. (Rapport No. TM-98-A063). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Barton, R. E. (1970). *A Primer on Simulation and Gaming*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Baum, D. R., S. Riedel, R.T. Hays, & A. Mirabella. (1982). *Training effectiveness as a function of training device effectiveness*. (Report No. Technical Report 593). Alexandria, VA: US Army Research Institute.
- Bengler, K., J.H. Bernasch, & J.P. Löwenau. (1997). Comparison of eye-movement behaviour during negotiation of curves on a test-site and in a driving simulator. In: *Simulators and traffic psychology: proceedings of the Human Factors Ergonomics Society, Europe Chapter* (pp. 41-48). Held at: Haren, the Netherlands, on: November 7-8, 1996. Groningen, the Netherlands: University of Groningen.
- Bosch, K. van den. (1999). Assessing performance in open cognitive tasks: modelling. *Paper presented at: "Scaled Worlds: current issues in simulation-based performance research" conference*. Held at: Athens, Georgia, on: 24-27 June 1999.
- Bosch, K. van den, Y.F. Barnard, & E.W. Boot. (1998). *Computer Ondersteund Onderwijs in het vak "bepalingen ter voorkoming van aanvaringen op zee"*. (Rapport No. TM-98-A027). Soesterberg : TNO Technische Menskunde.
- Bosch, K. van den, & D.M.L. Verstegen (1996). *Effects of task and training design on skill retention: a literature review*. (Report No. TM-96-C056). Soesterberg, the Netherlands: TNO-TM .
- Bowers, C., F. Jentsch, D. Baker, C. Prince & E. Salas. (1997). Rapidly reconfigurable event-set based line operational evaluation scenarios. In: *Proceedings of the human factors and ergonomics society, 41th annual meeting*.
- Breemen, A. van., (1997). Management games en bedrijfssimulaties. In: M. Mirande, J. Riemersma, & W. Veen (Eds.), *De digitale leeromgeving* . Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Burns, C. (1999). Scenario Technology for Planning C2 Exercises. In: *Command and Control Research & Technology symposium*.
- Campbell, C. H., & D. E. Deter, (1997). Guide to development of structured simulation-based training. HumRRO - Cannon-Bowers, J. A., & E. Salas. (1997). A framework for developing team performance measures in training. In: M. T. Brannick, E. Salas, & C. Prince (Eds.), *Team performance assessemnet and measurement: theory, methods, and applications* (pp. 45-62). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Cannon-Bowers, J. A., J. J. Burns, E. Salas, & J.S. Pruitt (1998). Advanced technology in scenario-based training. In: J. A. Cannon-Bowers, & E. Salas (Eds.), *Making decisions under stress: implications for individual and team training* (pp. 365-374). Washington, DC: APA.
- Cohen, M. S., J. Freeman, S.P. Wolf, L. Millitello & G.A. Klein. (1994). *Recognizing, critiquing and correcting: A cognitive basis for training anti-air warfare decisions*. Arlington, VA: Cognitive Technologies, Inc.
- Cohen, M. S, B.B. Thompson, L. Adelman, T.A. Bresnick, M.A. Talcott & F.M. Freeman, (1995). *Rapid capturing of battlefield mental models*. (Report No. 95-3). Arlington, VA: Cognitive Technologies Inc.

- Crawford, A. M., & K.S. Crawford, (1978). Simulation of Operational Equipment with Computer-Based Instructional System: A Low Cost Technology. *Human Factors*, 22 (2), p. 215-224.
- Fitts, P. M. & M.I. Posner, (1967). *Human Performance*. Belmont, CA: Brooks Cole.
- Fowlkes, J., D.J. Dwyer, R.L. Oser, & E. Salas, (1998). Event-based approach to training (EBAT). *The International Journal of Aviation Psychology*, 8(3), 209-222.
- Gredler, A. (1992). *Designing and evaluating games and simulations*. London: Kogan Page Ltd.
- Grimsley, D. L. (1969). *Acquisition, retention, and retraining: effects of high and low fidelity in training devices*. (Report No. Technical Report: 69-1). HumRRO.
- Hurlock, R. E. & W.E. Montague, (1982). *Skill Retention and its Implications for Navy Tasks: An Analytical Review*. (Report No. Technical Report: NPRDC SR 82-21). San Diego, CA: Navy Research and Development Center.
- Johnson, S. L. (1981). Effect of training device on retention and transfer of a procedural task. *Human Factors*, 23 (3), p. 257-272.
- Jong, T. de, (1991). Learning and Instruction with Computer Simulations. *Education & Computing*, 6, p. 217-229.
- Kearsley, G. P. & M.J. Hillelsohn, (1982). Human Factors Considerations for Computer Based Training. *Journal of Computer-Based Instruction*, 8 (4), p. 74-84.
- Kluger, A. N., & A. DeNisi (1996). The effects of feedback interventions on performance: a historical review, a meta-analysis, and a preliminary feedback intervention theory. *Psychological Bulletin*, 199 (2), p. 254-284.
- Koedinger, K. R., & J.R. Anderson, (1993). *Reifying implicit planning in geometry: Guidelines for model-based intelligent tutoring systems design*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Korteling, J. E., & K. van den Bosch, (1996). Performance measurement in driving simulators. In: K. A. Brookhuis, C. Weikert, & C. R. Cavonius (Eds.), *Proceedings of the Europe Chapter of the Human Factors Society 1994 Annual Meeting in Dortmund* (pp. 91-104). Groningen, the Netherlands: Traffic Research Centre.
- Korteling, J. E., K. van den Bosch & M.L. van Emmerik, (1997). *Low-cost simulators 1a: Literature review, analysis of military training and selection of task domains*. (Report No. TM-97-A035). Soesterberg, the Netherlands: TNO-TM.
- Korteling, J. E., & R.R. Sluimer, (1999). *A critical review of validation methods for man-in-the-loop simulators*. (Report No. TM-99-A023). Soesterberg, the Netherlands: TNO-TM.
- Lintern, G., D.J. Sheppard, D.L. Parker, K.E. Yates & M.D. Nolan, (1989). Simulator design and instructional features for air-to-ground attack: a transfer study. *Human Factors*, 31 (1), p. 87-99.
- Lintern, G., H.L. Taylor, J.M. Koonce, R.H. Kaiser & G.A. Morrison, (1997). Transfer and Quasi-Transfer Effects of Scene Detail and Visual Augmentation in Landing Training. *International Journal of Aviation Psychology*, 7 (2), p. 149-169.
- Oser, R. L., J.W. Gulateri & D.J. Dwyer, (1998). Guidelines for assessing exercise design: implications for scenario-based training. In: *Proceedings of the 20th Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference* (pp. 509-518). Held at: Orlando, FL, : November 30-December 13, 1998.
- Patrick, J., (1992). *Training: research and practice*. London: Academic Press.
- Polzella, D. J., D.C. Hubbard, J.E. Brown & H.C. McLean, (1987). *Aircrew training devices: utility and utilization of advanced instructional facilities: Phase IV: Summary Report*. (Report No. Rpt-87-21). Brooks, AFB, TX: Air Force Human Resource Laboratory.
- Prince, C., R. Oser, & E. Salas, (1993). Increasing hits and reducing misses in CRM/LOS scenarios: guidelines for simulator scenario development. *International Journal of Aviation Psychology*, 3(1), 69-82.
- Prophet, W. W. & H.A. Boyd, (1970). *Device-Task Fidelity and Transfer of Training: Aircraft Cockpit Procedures Training*. (Report No. Technical Report 70-10). Alexandria, VA: HumRRO.
- Reder, L.M. & R. Klatzky, (1994). Transfer: Training for Performance. In: D. E. Druckman, & R. A. Bjork (Eds.), *Learning, Remembering, Believing* (pp. 25-56). Washington, D.C.: National Academy Press.
- Riemersma, J. B. J., (1988). *De waarneming van boogkenmerken*. (Rapport No. IZF 1988-C8). Soesterberg: TNO-TM.

- Riemersma, J. B. J. (1999). Teamprestatie-maten. In: *Proceedings van de 26-ste Onderwijs Research dagen* (p. 295-297). Nijmegen: KU.
- Roessingh, J. J. M. & S.F. Chlapowski, (1997). Advanced manoeuvre flight training on PCs and transfer to the real aircraft. In: *Advances in multimedia and simulation human-machine interface implications*. Proceedings of the Human Factors Ergonomics Society, Europe Chapter Bochum, Germany.
- Rolfe, J. M. (1998). Flights of fancy and the legacy of Zeuxis and the grapes. After-dinner speech held at the *MASTER symposium*. Held at: Soesterberg, the Netherlands, on: 8 december 1998. Soesterberg, the Netherlands: TNO.
- Rolfe, J. M., & P.W. Caro, (1982). Determining the training effectiveness of flight simulators: some basic issues and practical developments. *Applied Ergonomics*, 13 (4), p. 243-250.
- Sanders, A. F. (1991). Simulation as a tool in the measurement of human performance. *Ergonomics*, 34 (8), 995-1025.
- Schmidt, R. A., & G. Wulf, (1997). Continuous concurrent feedback degrades skill learning: implications for training and simulation. *Human Factors*, 39(4), 509-525.
- Schraagen, J. M. C. (1993). What information do river pilots use? *Proceedings MARSIM*(p. 509-517).
- Stanton, N. (1996). Simulators: a review of research and practice. *Human Factors in Nuclear Safety*, p. 117-140.
- Stretton, M. L., & J.H. Johnston, (1997). Scenario-based training: an architecture for intelligent event selection. In: *Proceedings of the 19th Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference*(pp. 108-117). Held at: Orlando, FL, on: December 1-4, 1997.
- Vreuls, D., & R.W. Obermayer, (1985). Human-system performance measurement in training simulators. *Human Factors*, 27 (3), p. 241-250.
- Warren, R., & G.E. Riccio, (1985). Visual cue dominance hierarchies: implications for simulator design. *Aerospace Technology Conference & Exposition*(Paper 851946). Held at: Long Beach, CA, 1985. Society of automotive engineers SAE.
- Wightman, D. C. & G. Lintern, (1985). Part-task training for tracking and manual control. *Human Factors*, 27 (3), 267-283.
- Zachary, W., P. Bilazarian, J. Burns & J.A. Cannon-Bowers, (1997). Advanced embedded training concepts for shipboard systems. In: *Proceedings of the 19th Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference* (p. 670-679). Held at: Orlando, FL, December 1-4, 1997.