



## **Hvorfor opdagede Lalande ikke Neptun i 1795? Og hvad betyder det for menneske-maskin samspillet i dag?**

**Rasmussen, Jens**

*Published in:*  
Nat. Verden

*Publication date:*  
1987

*Document Version*  
Peer reviewed version

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Rasmussen, J. (1987). Hvorfor opdagede Lalande ikke Neptun i 1795? Og hvad betyder det for menneske-maskin samspillet i dag? *Nat. Verden*, 7, 233-239.

---

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# HVORFOR OPDAGEDE LALANDE IKKE NEPTUN I 1795?

Jens Rasmussen<sup>1</sup>

## **OG HVAD BETYDER DET FOR MENNESKE-MASKIN SAMSPILLET IDAG?**

En aften i 1795 var den Franske astronom Lalande ifærd med at kortlægge stjernehimlen. Hver aften observerede han stjernerne og optegnede deres position, som han derefter kontrollerede ved en ny observation den følgende dag. Denne aften konstaterede han at en stjerne havde skiftet position i forhold til sine naboer. Da Lalande var en erfaren astronom, vidste han at det var urimeligt, og at han derfor nok havde begået en eller anden fejl. Han satte derfor et spørgsmålstegn ved observationen og lod sagen ligge. Havde han forfulgt sagen, havde han opdaget planeten Neptun et halvt århundrede før det faktisk skete. Hvad viser dette eksempel? Det viser at selv højt kvalificerede mennesker ikke er rationelle i deres arbejdsgang, forstået således at de til stadighed har deres mål i sigte og træffer beslutninger på grundlag af analyser af den information, de har til rådighed. I betragtning af at planeten Uranus var opdaget blot ni år tidligere, burde Lalande være forberedt på den store betydning, hans observation ville have, i fald den var korrekt. Som den effektive observatør, han var, var han imidlertid optaget af rutinemæssig observation og registrering af data. Han var ikke i det pågældende øjeblik optaget af at studere den sfæriske mekanik. Ingen mennesker kan omhyggeligt analysere alle betingelser for deres handlinger i rutine situationer og samtidigt få arbejdet effektivt fra hånden. Man udvikler "know-how" og tommelfingerregler der er effektive det meste af tiden. I moderne "ekspert systemer" er det netop denne viden hos højt specialiserede personer, man forsøger at lagre i datamaskiner og derved stille til rådighed for de mindre erfarne. Som eksemplet med Lalande viser, kan dette i de sjældne særtilfælde få uønsket virkning; men har dette en praktisk betydning for anvendelse af moderne informationsteknologi? For at illustrere, at dette er tilfældet vil vi se på en ulykke i Texas City.

## **ULYKKEN I TEXAS CITY**

En stor explosionsulykke i Texas City i 1969 var forårsaget af en lækage i en olieledning. Efter ulykken fandt undersøgelseskommissionen ud af, at en strømningsmåler faktisk havde indikeret en strøm af olie i ledningen, selvom en lukket ventil skulle gøre dette umuligt. Operatøren indrømmede, at han

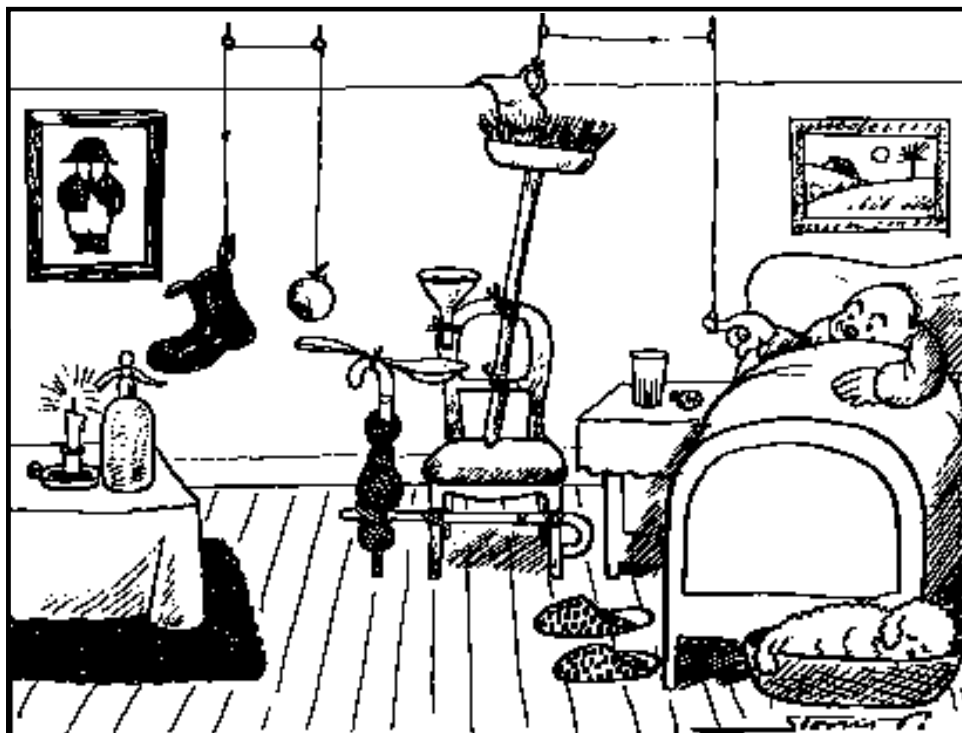
---

<sup>1</sup>Bidrag til Naturens Verden, Juli 1987, Vol. 7, side 233-239.

havde observeret det, men at hans erfaring viste, at måleudstyret var ustabil, og at en sådan indikering normalt skyldtes, at en justering var påkrævet. Da han havde travlt, havde han denne gang udsat yderligere kontrol til senere - med det katastrofale resultat, at en læk ikke blev fundet i tide. Igen viser det sig, at en effektiv arbejdsrutine er baseret på tommelfingerregler, der er meget effektive - for det meste.

Eksemplet viser klart, at anvendelsen af ekspertsystemer, der udnytter eksperters tommelfingerregler skal ske med omtanke i forbindelse med moderne, centraliserede anlæg, hvadenten det drejer sig om store dataanlæg eller kemiske processanlæg. Sådanne anlæg er ofte så store, at betjeningsfejl kan have alvorlige konsekvenser. Det vil i så fald være nødvendigt at sikre, at ekspertsystemerne har evnen til at se grænsen af deres ekspertise og søge assistance hos mennesker.

Et andet problem ved at definere eksperters "know-how" er, at den information, en trænet person anvender, ikke nødvendigvis er logisk forbundet til den pågældendes handlinger, men kan være stereotype tegn eller stikord. Tænk på lyssignalerne i et kryds. Man reagerer på lyset, uden at analysere trafikken, og i mange tilfælde vil man starte, når naboen gør det, uanset om lyset er skiftet.



Figur 1. Er man fortrolig med Storm-P konstruktioner vil man umiddelbart fatte, hvad formålet med dette arrangement er, og hvordan det virker. Læg mærke til at man umiddelbart kan se, hvad der sker, såfremt snoren knækker. Det er denne egenskab ved visuelle fremstillinger, man nu forsøger at udnytte i moderne computerstyret informationspræsentation.

## STORM P'S TEGNING

Et andet forhold komplicerer en hensigtsmæssig udnyttelse af moderne informationsteknologi. Det skyldes at system konstruktørerne og brugerne ofte tænker forskelligt og har helt forskellige forestillinger om hvordan et system fungerer.

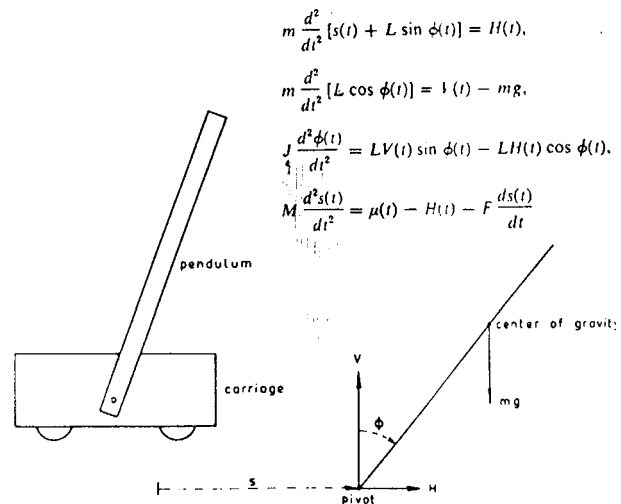
Når lægmand forklarer hvordan teknik virker, eller når specialister begrunder udformningen af deres konstruktioner, taler de om forløb af begivenheder i et system af fysiske genstande der påvirker hinanden eller bliver brugt til forskellige formål. Det kan bedst illustreres ved den måde man opfatter og beskriver, hvad der foregår i Storm-Petersens tegninger, se figur 1. Det er typisk for denne udtryksform, at man med et blik kan opfatte hvad der foregår, og meget let vil kunne vurdere hvad en fejl, for eksempel en knækket snor, vil betyde. Billedet viser kun nogle forbundne fysiske genstande, betragteren lægger selv en masse information ind i fortolkningen. Man vil lægge mærke til, at man for at begribe hvad der foregår, ser efter arrangementets formål for derfra at undersøge hvordan det fungerer. For at forstå hvad der foregår, betragter man altså systemet fra tre forskellige synsvinkler: dets formål, dets funktion, og dets fysiske anatomi.



Figur 2. Traditionelle kontrolrum er baseret på ingeniørernes fremstilling i form af ligninger mellem variable. Hver måling er vist på sit eget instrument, derfor de mange instrumenter. Hvor er det overblik vi havde i figur 1?

På den anden side er denne form ikke nyttig, såfremt opgaven er at optimere et kompliceret teknisk system. Som eksempel kan vi tage problemet at analysere hvordan man kan balancere en kost på håndfladen - eller i den mere seriøse form - holde en måneraket på ret kurs fra afskydningsrampen. Begge tilfælde kan beskrives som et omvendt pendul, der balancerer ved at underlaget, en vogn, bevæges, se figur 2. Når vi er kommet så langt med en verbal forklaring af figuren, er det for yderligere

analyse nødvendigt at skifte til en beskrivelse i form af relationer mellem kvantitative, målelige variable i form af matematiske ligninger, som kan løses for forskellige formål. Denne form har den fordel, at nøjagtig forudsigelse af opførsel af et system er mulig. På den anden side vil man se, at den umiddelbare indsigt, når systemet ændrer sig, ikke længere er mulig. I ligningerne er de enkelte genstande repræsenteret ved en række faktorer, og såfremt ligningerne skal rettes, fordi en komponent ændrer sig, kræver det en kompliceret tilpasning af disse faktorer.



### MÅLINGER ELLER TRAFIKTEGN?

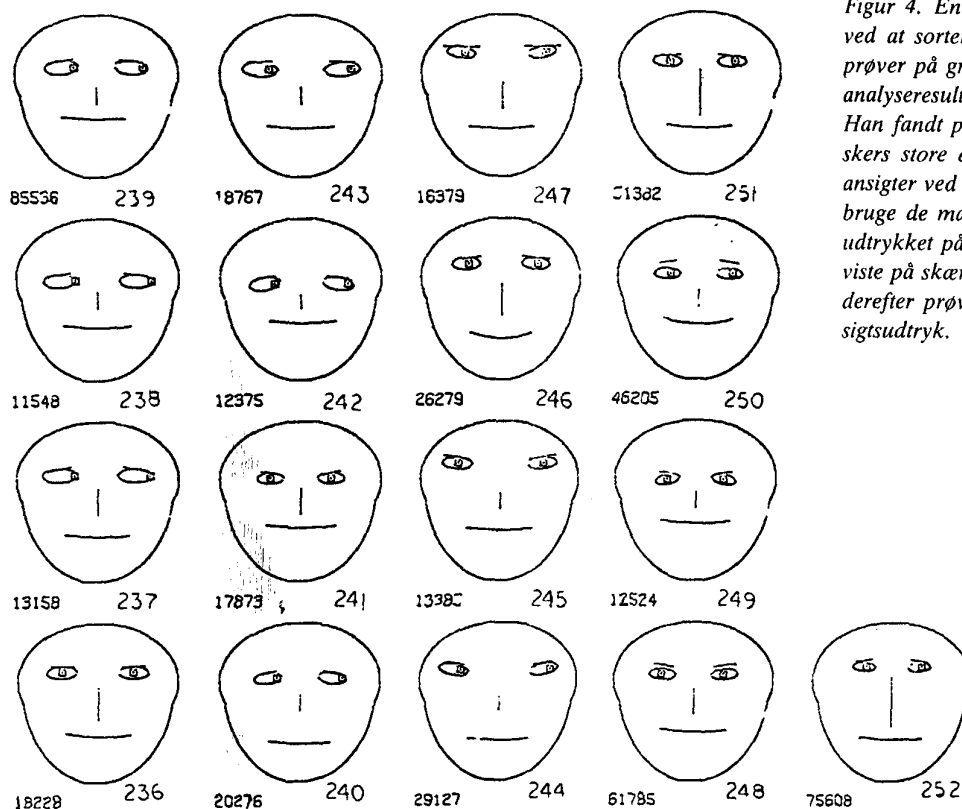
Denne beskrivelse i form af relationer mellem målelige variable er ingeniørens værktøj når et teknisk anlæg konstrueres, og senere når dets drift skal optimeres. Som følge heraf måles en lang række fysiske variable i et industrielt anlæg og præsenteres i dets kontrolrum. I den traditionelle teknologi var det stort set nødvendigt at anvende et viserinstrument for hver måling, og resultatet blev store kontrolrum med hundredevis af instrumenter som vist på figure 3. Denne form for datapræsentation er velegnet til præcis justering og optimering af anlægsdrift under normale forhold, men i tilfælde af fejl og forstyrrelser er formen uhensigtsmæssig af den grund vi diskuterede ovenfor. I dette tilfælde vil operatørerne være henvist til en form for ræsonnement, der svarer direkte til den vi brugte for figur 1; der vil ikke være muligheder for at løse de matematiske ligninger. Instrumentvisninger vil derfor blive taget som tegn på de fysiske komponenters tilstand, som derfor kan indgå i en slutningsrække, der søger at følge et forløb af hændelser.

Lad os se lidt nærmere på dette forhold. I et industrielt kontrolrum med mange viserinstrumenter kan man ikke direkte se de processer, man skal kontrollere. Man må derfor slutte sig til den ved ret komplicerede ræsonnementer. I rutinemæssige situationer vil man kunne undgå dette ved at opfatte udvalgte visninger som en slags trafiksignaler der styrer den normale aktivitet. Nogle visninger betyder "alt normalt", andre "giv agt", og

Figur 3. Ingeniører er vant til at bruge matematiske beskrivelse af et systems funktion, men også de har svært ved at håndtere fejl i systemer ud fra en sådan beskrivelse. Figuren viser de ligninger, man skal løse for at analysere, hvordan man balancerer en kost på hånden. Læg mærke til hvor mange ændringer, der skal foretages i ligningerne, hvis kosten forkortes (knækker). Hvad er virkningen?

atter andre vil udløse kendte handlingsrutiner som for eksempel instrumentjusteringen i eksemplet ovenfor. Som ved et trafikfyrtår er dette meget effektivt, så længe anlægget er normalt. Det kan imidlertid være katastrofalt at stole på det grønne lys, såfremt andre trafikanter bryder færdselsloven. På samme måde kan operatøren komme i problemer såfremt anlægget "bryder loven", det vil sige ændrer opførsel på grund af fejl, som det skete i Texas City.

For at undgå den slags fejl ved betjening af tekniske anlæg, har der gennem tiderne været stor interesse for at finde måder at komponere og præsentere data i en form der mere anskueligt viser funktionstilstanden af et teknisk anlæg. Ved eksemplet i figure 1 er det muligt for betragteren selv at tilføje den nødvendige information om funktionen, blandt andet fordi det drejer sig om en fysisk mekanisme hvor funktionen direkte kan observeres. For mange systemer er dette ikke tilfældet, for eksempel ved kemiske, elektriske, og termodynamiske processer, og præsentation af information også på det funktionelle niveau kan blive nødvendig. Allerede Charles Babbage, opfinderen af den første mekaniske regnemaskine, havde indset, at en visuel fremstilling af funktionen af maskiner var væsentlig for forståelsen og overblikket. Han holdt i 1826 for Royal Society i London et foredrag om "Metoder til at udtrykke funktionen af maskineri ved hjælp af tegn".



Figur 4. En geolog havde svært ved at sortere alle sine mineralprøver på grundlag af de mange analyseresultater for hver prøve. Han fandt på at udnytte menneskers store evne til at genkende ansigter ved at lade sin computer bruge de mange data til at styre udtrykket på nogle ansigter, den viste på skærmen. Han sorterede derefter prøverne efter deres ansigtsudtryk.

Også i forbindelse med drift af dampmaskiner indså man at separat

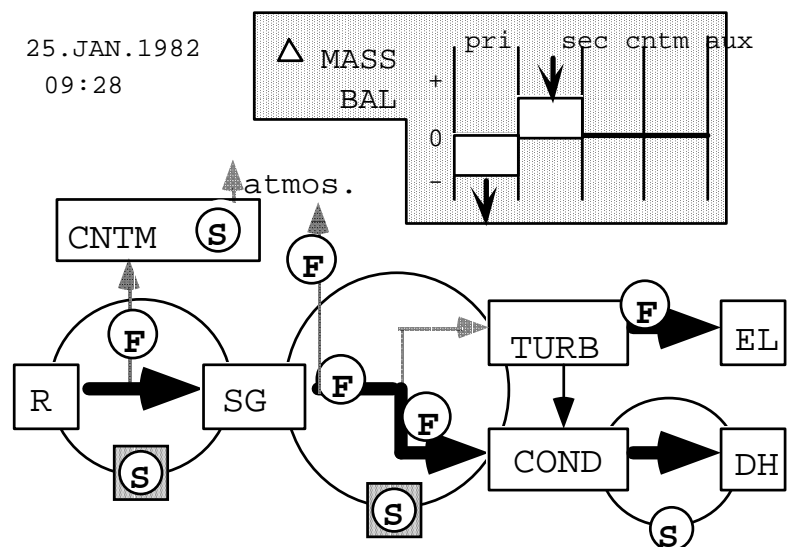
præsentation af individuelle måleværdier var uhensigtsmæssig, og man udnyttede en figurlig fremstilling af sammenhængen mellem data der viste maskinens termodynamiske tilstand ved at lade en stift ridse diagrammer på en sodsværtet plade, se figur 4. Med et blik på sådanne diagrammer kunne en maskinmester konstatere om justeringen af maskinen var i orden.

## KONTROLRUM OG COMPUTERSPIEL.

Fleksibiliteten i retning af dataintegration, beregning, og grafisk informationspræsentation der er til rådighed med moderne computere har medført en fornyet interesse for "metoder til at udtrykke funktionen af maskineri". To forhold er specielt betydningsfulde i forbindelse med menneskers omgang med moderne tekniske anlæg. Det ene er at det er muligt fra de mange målte data fra et anlæg at beregne information der direkte viser tilstanden i den formulering der svarer til en operatørs opfattelse af anlæggets funktion. Det andet er, at det med computer grafik er muligt at visualisere ellers usynlige funktioner i "levende billeder", som det er velkendt fra mange computerspils livagtige skærbilleder.

En utraditionel brug af denne mulighed blev gjort af en geolog der skulle sortere mineralprøver på grundlag af et stort antal forskellige analyseresultater. Han

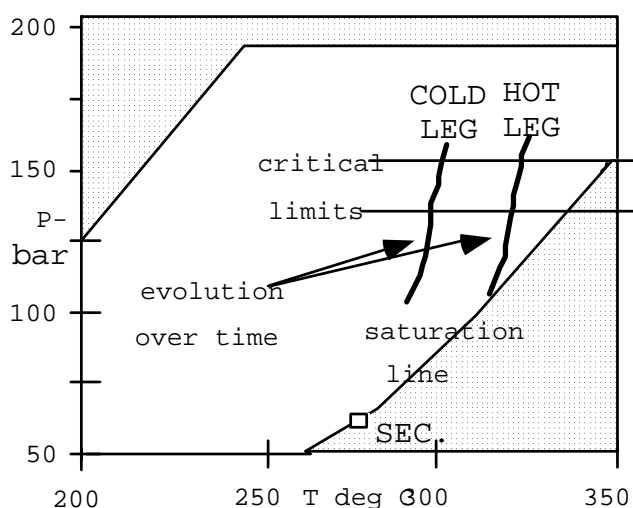
havde problemer med at have de mange tal i hovedet, og fandt på at lade en computer tegne ansigter på skærmen, hvor form og placering af ansigtstræk som øjne, mund og ører var styret af hans mldata. Han havde da let ved at sortere de mange prøver ud fra deres "ansigtsudtryk", se figur 4.



Figur 5. Kan man styre et teknisk anlæg fra dets ansigtsudtryk? Man forsøger i dag at bruge computere til at give billedmæssige fremstillinger af drifttilstanden ved tekniske anlæg. Denne figur viser et forsøg på at visualisere energistrømmen gennem et kraftværk, så man umiddelbart kan se om fordelingen mellem el- og fjernvarme leverancer er den normale. Bag denne præsentation ligger beregninger baseret på mange måleværdier.

## PÅ KRAFTVÆRKET

På samme måde forsøger man at hjælpe operatører med betjening af tekniske anlæg ved at komponere abstrakte billeder, der viser anlæggets "sindstilstand". Vi så ovenfor, at man skifter mellem betragtning af formål, funktion, og materiel, fysisk opbygning. For et industrielt anlæg skelner man tilsvarende mellem forskellige betragtningsmåder, afhængigt af den konkrete situation. Ser vi for eksempel på operatørerne i et kraftværks kontrolrum, vil de i den normale situation være optaget af dets formål, nemlig at sikre, at der leveres den elektriske energi, som brugerne i det pågældende øjeblik kræver. Det vil sige, de skal kontrollere strømmen af energi fra oliebrænderne gennem keddel, turbine, og generator til nettet og forbrugerne. Dette kunne man visualisere som vist på figure 5.



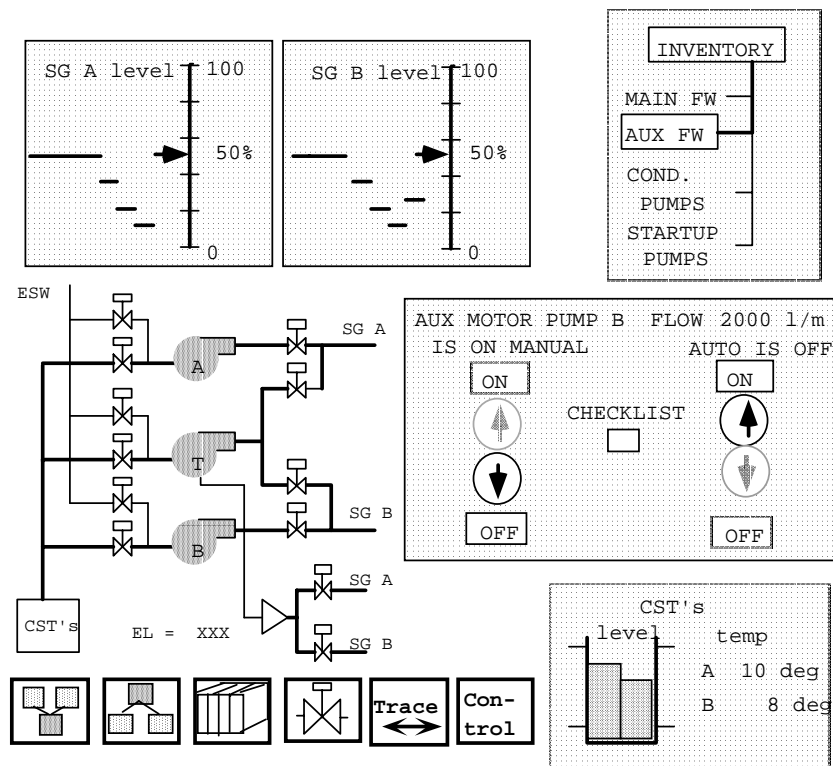
Figur 6. Denne figur viser en moderne udgave af det diagram, man allerede anvendte for damp maskiner. Det viser den termodynamiske tilstand i en trykvandsreaktor, idet tryk og temperatur forhold er sat i relation til vands kogepunkt ved forskellige tryk. Med et blik kan man se, om tilstanden er normal. Ved Tre-Mile-øen manglede denne mulighed.

tion af vand og damp i keddelen o. lgn., for eksempel at kunne starte reserve pumper, og betjene ventiler. Dette kræver en visualisering af anlæggets indre funktioner, som f. eks. foreslået i figure 7.

For at se, hvad årsagen til forstyrrelser kan være, er det nødvendigt med information om tilstanden i de enkelte fysiske komponenter, såsom tilførslen af smøreolie til pumpelejer, vibrationer i turbinen, o.s.v. For dette formål har man brug for information i forbindelse med de fysiske dele, i en fremstilling som vist på figure 8. Denne fremstilling ligner på mange måder de såkaldte "mimiske tavler" der i mange år har været brugt til at vise den fysiske anatomi af et anlæg med instrumenter indsat hvor målingerne er

Så længe alt er normalt, har operatørerne ikke brug for information om de tekniske detaljer i anlægget. Imidlertid er der altid en risiko for ulykker, når man har så store energimængder cirkulerende i et anlæg, som tilfældet er i et kraftværk der leverer hundredvis af kilo watt til nettet. Forstyrres denne strøm, vil energien blive afsat i selve anlægget, der da hurtigt vil blive overophedet og muligvis blive alvorligt skadet. I denne situation må operatørerne have information om tilstanden i anlæggets hovedfunktioner, såsom kølekredsløb, cirkulation af vand og damp i keddelen o. lgn., for eksempel at kunne starte reserve pumper, og betjene ventiler. Dette kræver en visualisering af anlæggets indre funktioner, som f. eks. foreslået i figure 7.





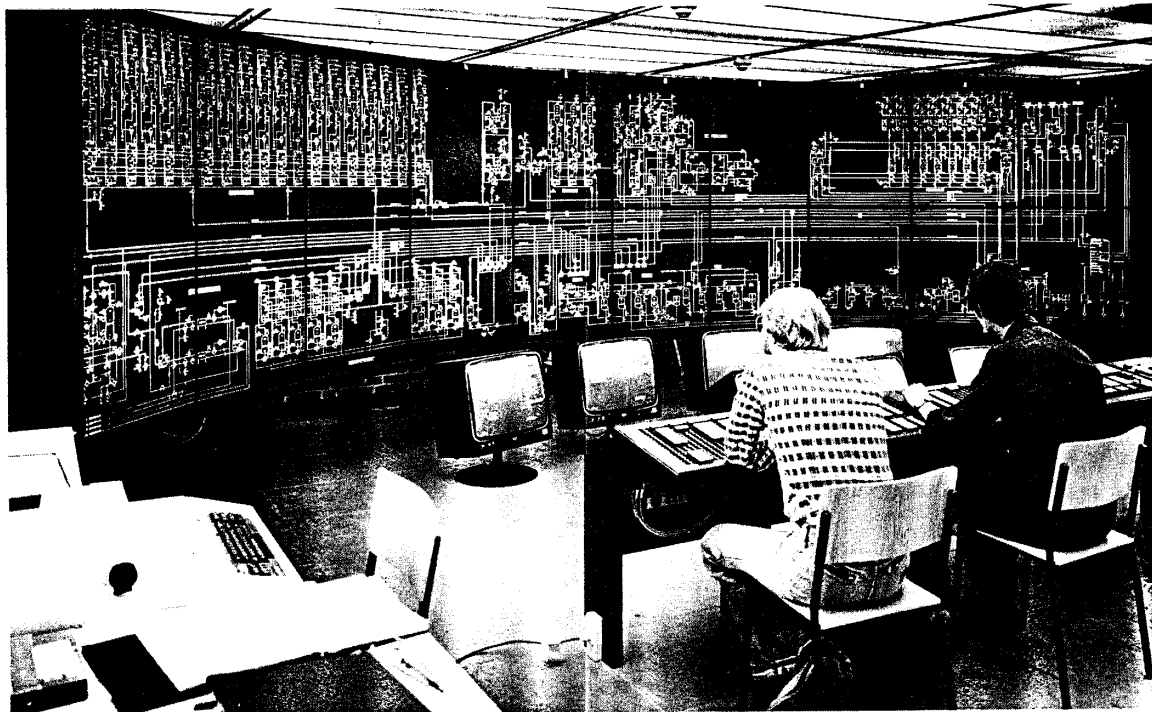
Figur 7. Her viser man måleværdier i forbindelse med de fysiske komponenter i et kraftværk, for at hjælpe ved betjening af udstyr og ved fejlfinding. Denne form er en computer udgave af de mimiske tavler man i mange år har brugt. Figur 5, 6, og 7 viser at man har brug for at anskue et teknisk anlæg fra mange synsvinkler, et behov der kun kan støttes med den fleksibilitet i datapræsentation, som computere giver (Figurerne er taget fra et eksperiment på Risø planlagt af L.P. Goodstein).

taget. Dette viser imidlertid ikke de funktionelle sammenhænge, der er nævnt ovenfor, og fordelene ved datamaskiner er at man kan give operatørerne mulighed for at vælge information i en række forskellige visuelle fremstillinger, der svarer til den opgave de i et givet øjeblik har. Dette kan få stor betydning for driftssikkerheden fordi det gør det muligt at bygge betjeningspulter der gør det muligt for en bruger at udvikle samme enorme færdighed i symbolmanipulation, som unge mennesker har vist er mulig ved computerspil.

### HVIS ER SKYLDEN?

Ser vi igen på Lalandes fejltagelse, er der ingen tvivl om at skylden var hans egen. Han alene havde indflydelse på tilrettelæggelsen af sit arbejde og på dets resultater. For Texas operatøren er det mere kompliceret. Den dybere liggende årsag til fejltagelsen var egentligt, at han var lærenem. Han gjorde ikke, som man havde instrueret ham, i stedet havde han lært af sin erfaring og indrettet sig så han til daglig var hurtig og effektiv. Det gør normalt alle; det er derfor, det at "arbejde efter reglerne", virker som en strejke. For Texas ulykken kan man derfor hævde, at skylden lå hos anlægskonstruktøren. Han havde på en måde arrangeret en fælde, som enhver lærenem operatør ville falde i. Analyse af menneskelige fejl i forbindelse med uheld og ulykker har i de senere år vist, at det i almindelighed gælder at de psykologiske mekanismer, der ligger bag fejltagelser også har stor betydning for den

indlæring, der netop karakteriserer den professionelle ekspert. Man kan derfor i almindelighed ikke undgå fejl hos rutinerede personer, hverken ved bedre træning eller ved at bede folk passe bedre på. Den eneste realistiske løsning er at søge at undgå virksomheder af menneskers fejl ved at lægge arbejdssituationen tilrette således, at vedkommende kan se, når en fejl begås, og kan rette den, inden skaden er sket. Det betyder blandt andet, at man må forstå meningen med det, man laver, og må kunne vurdere virkningen. I denne forbindelse giver computere nye midler til at visualisere indholdet af en arbejds situation, og dermed også til at bygge "fejltolerante" systemer, der kan forbedre sikkerheden ved industrielle anlæg.



*Figur 8. Dette billede viser et moderne anlæg, hvor man har brugt en computer til at give en umiddelbart anskuelig fremstilling af et kompliceret teknisk anlæg. Fra Fredericia Bryggeri.*