

Simulation i kontinuert tid

Christiansen, Peder Voetmann

Publication date:
1986

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Christiansen, P. V. (1986). *Simulation i kontinuert tid*. Roskilde Universitet. Tekster fra IMFUFA Nr. 121

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.

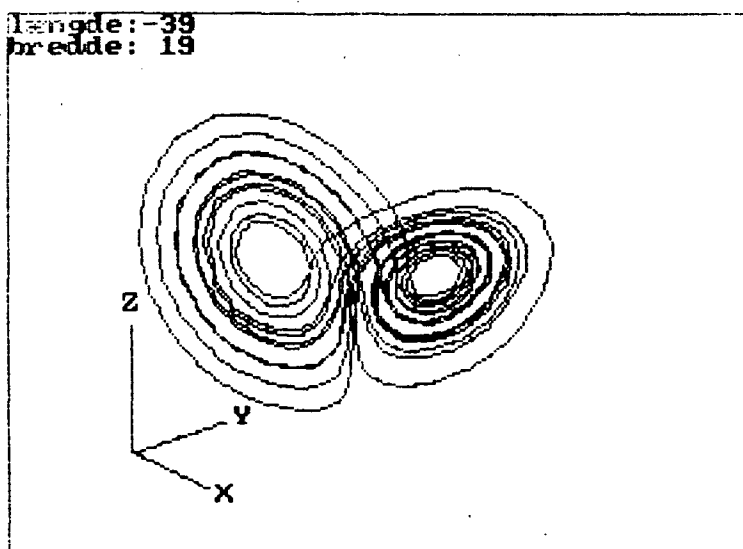
Take down policy

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

SIMULATION I KONTINUERT TID

Brugervejledning for et åbent program
til en mikrocomputer.

Af Peder Voetmann Christiansen.



TEKSTER fra

IMFUFA

ROSKILDE UNIVERSITETSCENTER

INSTITUT FOR STUDIET AF MATEMATIK OG FYSIK SAMT DERES
FUNKTIONER I UNDERVISNING, FORSKNING OG ANVENDELSER

IMFUFA, Roskilde Universitetscenter, Postbox 260, 4000 Roskilde

Simulation i kontinuert tid

af: Peder Voetmann Christiansen

IMFUFA tekst nr. 121/86

48 sider

ISSN 0106-6242

Abstract.

Teksten indeholder en brugervejledning til programmet CTS (Continuous Time Simulation) til mikrocomputeren Amstrad CPC 464. Programmet løser et sæt sammenhørende differentiaalligninger for en dynamisk model, som defineres af brugeren med systemdynamisk terminologi (level- og rate-variable mm.). Desuden indeholder programmet procedurer til ordning og grafisk fremvisning af resultater. CTS er et undervisningsprogram med videregående anvendelsesmuligheder. Det skal kunne anvendes på NAT BAS kurser, bl.a. i matematik, fysik og elektronik. Denne brugervejledning forudsætter et indledende bekendtskab med differentiaalligningsmodeller og programmering i BASIC.

Indhold.

1. Alment om programmet.	s. 2
2. Terminologi. Levels og rates mm.	s. 3
3. Indlæsning, danske bogstaver, funktionstaster.	s. 4
4. Programmets brugerområder.	s. 5
5. Indskrivning af brugerprogram.	s. 8
6. Interaktiv modeldefinition.	s. 9
7. Ret data og start kørsel.	s. 11
8. Modelfilen MN\$.	s. 13
9. Runskærmen. Screen dump.	s. 15
10. CTS-menuen.	s. 17
11. Afbrydelse og genoptagelse af kørsel.	s. 19
12. Replay.	s. 20
13. Grafisk menu og styretaster.	s. 21
14. Almindelige plot og 3D-projektion.	s. 22
15. Tabeller.	s. 26
16. Resultatfilen CTSRES og det maximale antal skridt.	s. 27
17. Styling og støj.	s. 29
18. Return map.	s. 30
19. Oversigt over programvariable.	s. 34
20. Programliste.	s. 37
21. Efterskrift.	s. 48

1. Alment om programmet.

Navnet CTS står for Continuous Time Simulation. Meningen hermed er, at programmet simulerer den kontinuerte fysiske tid og herved gør det muligt for brugeren at simulere dynamiske systemer. Oversat til "almindeligt dansk" betyder det, at brugerens model skal være formuleret som et sæt sammenhørende 1. ordens differentiaalligninger, hvor alle differentiationerne er med hensyn til samme reelle variabel t , "tiden".

Programmet løser ligningerne ud fra en given starttilstand og kan så finde systemets tilstand til enhver senere eller tidligere tid, indtil stoptiden nås eller programmet afbrydes af brugeren eller selv stopper, fordi lageret er fuldt. Alle mellemresultater lagres i maskinen og kan bagefter betragtes grafisk, tabelleres eller overføres til en resultatfil på magnetbånd.

Integrationsmetoden er en speciel 4. ordens Runge Kutta med variabel skridtlængde. Skridtlængden afpasses automatisk af programmet med henblik på en af brugeren opgivet regnenøjagtighed (antal betydende cifre). Der er dog ingen garanti for, at den ønskede regnenøjagtighed opnås, specielt kan en meget langvarig integration medføre, at unøjagtigheder hober sig op. Programmet søger at overholde nøjagtighedskravet for det enkelte skridt, og det sker ved at tage bestik af "den anden afledede", d.v.s. differentialkvotienternes ændring over et skridt, således at skridtene bliver små, hvor løsningskurverne krummer meget, og store, hvor kurverne er næsten retlinede.

Tiden i CTS er altså kontinuert i den forstand, at skridtene "flyder" og kan blive vilkårligt små. Brugeren kan ikke sætte en fast skridtlængde DT med henblik på at få en ækvidistant tabel. Til gengæld er der et andet tidsskridt, som kontrolleres af brugeren, det såkaldte output interval OI . Programmet sørger for, at der kommer output med OI som fast tidsmellemlum. Skridtlængden DT kan ikke blive større end det brugervalgte output interval OI , og skridtene afpasses således, at der altid vil komme output, når der er gået et helt antal output intervaller fra starttiden.

CTS er et åbent program, d.v.s. brugeren har adgang til alle dele af det og kan modificere det efter behov. Visse dele af programmet skal man dog helst ikke pille ved, hvis man foretrækker, at programmet opfører sig korrekt. Der er afsat nogle tomme områder i programmet, som det er meningen, at brugeren skal udfylde med programlinjer, der definerer modellens dynamik og outputvariable mm. Programsproget er BASIC, som er en speciel dialekt for Amstrad maskinen, men brugerdelen af programmet vil dog i de fleste tilfælde kunne udformes ved hjælp af en delmængde af sproget, som ikke er maskinspecifik. Det skulle således ikke være nødvendigt for brugeren at have kendskab til specielle Amstrad finesser for at kunne bruge CTS programmet.

2. Terminologi. Levels og rates mm.

Systemet antages at kunne beskrives ved en tilstandsvektor (L_1, L_2, \dots, L_n) . Tilstandsvariablene kaldes i CTS for level variablene og benævnes $LE(1)$, $LE(2)$, o.s.v. op til $LE(n)$, hvor n er systemets dimension, som i programmet kaldes NL (Number of Levels). Ændringshastighederne for level variabelen L_i er rate variabelen R_i , som CTS benævner $RA(i)$. Dynamikken er nu beskrevet ved, at rate variablene er givet som funktion af level variablene og tiden t . Vi har altså:

$$dL_i/dt = R_i \quad (1)$$

Dette ligningssystem (level ligningerne) er blot en definition, som er underforstået af CTS. Den specifikke dynamik for modellen ligger i rate ligningerne:

$$R_i = f_i(t, L_1, \dots, L_n) \quad (2)$$

CTS betragter tiden som level variabel nr. nul, og den kaldes $LE(0)$. Brugeren skal altså for at definere dynamikken angive et sæt beregningsforskrifter:

$$RA(i) = f_i(LE(0), LE(1), \dots, LE(n)) \quad (3)$$

for i gående fra 1 til n (NL). (Tiden $LE(0)$ behøver man ikke skrive rate ligning for; den er også underforstået af CTS. Programvariablen $RA(0)$ er reserveret til den programstyrede skridtlængde.) Tilordningen af beregnede værdier til rate variablene skal indskrives af brugeren i det afsnit af programmet, som er afsat til rate ligninger; herom mere i afsnit 4 og 5. Output variable skal også kunne udtrykkes som funktioner af level variablene, men tilordningen finder sted i et andet programafsnit.

$$\begin{aligned} O_j &= g_j(t, L_1, \dots, L_n) \\ &= g_j(LE(0), LE(1), \dots, LE(n)) \end{aligned} \quad (4)$$

Output beregningerne finder sted een gang pr. skridt, rate beregningerne (mindst) fire gange pr. skridt. D.v.s. beregningsresultater kan ikke overføres fra rate området til output området eller omvendt. Hvis den samme funktion af level variablene skal bruges både som rate og som output, må den skrives explicit ud i begge områder.

I de fleste tilfælde vil der i beregningerne indgå nogle konstanter, d.v.s. størrelser der ikke ændres under integrationsprocessen. Vi skelner mellem eksterne konstanter eller parametre, som er de konstanter, der skal kunne ændres fra den ene kørsel til den anden, og interne konstanter, som ikke skal ændres eller som kan udtrykkes som funktioner af de eksterne konstanter. Interne konstanter indgår i programmet, medens eksterne konstanter, samt deres navne indgår i en datafil $MN\$.$ Herom mere senere.

3. Indlæsning, danske bogstaver, funktionstaster.

Det første skridt i brugen af CTS er indlæsning af en "tom" version, hvor brugerområderne ikke er udfyldt. Senere kan den udfyldte version så kopieres over på et tomt bånd. Det anbefales at bruge C60 bånd, som har 30 minutters spilletid på hver side, idet der så vil være plads til både programmet og adskillige lange datafiler på en båndside. Det tomme program fylder 11 blokke a 2 kbytes. Det indlæses med ordren "RUN" (eller "LOAD", efterfulgt af "RUN", når indlæsningen er slut). Programmet stopper så og viser indledningsskærmen, som ses på fig. 1.

```
*** Continuous Time Simulation ***

      Funktionstaster:
      (tryk først CTRL el. SHIFT)

'0' =MODE 0           '1' =MODE 1
'2' =MODE 2           '3' =CTS menu
'4' =SPEED WRITE 0    '5' =SPEED WRITE 1
'.' =LIST -           'ENTER' =indledning

      Programmets brugerområder:

Funktioner:           Linje 62-99
NL Betingelser:       Linje 149-159
Interne konstanter:   Linje 171-199
Output variable:      Linje 217-250
Rate ligninger:       Linje 270-349
Styring og støj:      Linje 352-400

BENYTTES PRINTER (J/N)?J
```

Fig. 1. Indledningsskærmen.

Når indledningsskærmen ses, er der allerede sket en indbygning af danske bogstaver og en programmering af funktionstaster. De danske bogstaver Æ, Ø, Å, æ, ø, å erstatter følgende symboler på det engelske tastatur:

Æ = [, Ø = \, Å =], æ = { (shift [), ø = !, å = } (shift]).

Bemærk, at man altså for disse bogstaver, modsat alle de andre bogstaver, skal trykke shift for at få små bogstaver.

Funktionstasterne indgår i det numeriske tastatur på højre side af tangentbordet. De er programmeret således, at de kun virker som funktionstaster, når man først nedtrykker enten CTRL eller SHIFT tasten (i det følgende kaldet C/S). Forudsætningen for at bruge en funktionstast er, at programmet først er afbrudt, hvilket gøres ved at trykke een eller to gange på ESC tasten, indtil der står READY på skærmen. De to vigtigste funktionstaster er C/S ENTER og C/S 3. Prøv at gøre følgende: Tryk ESC, tryk C/S 3 og se "CTS menuen", tryk ESC igen (to gange), og tryk så C/S ENTER (den lille ENTER) og få indledningsskærmen igen.

4. Programmets brugerområder.

Indledningsskærmen (fig. 1) viser, hvilke områder i CTS programmet, der er reserveret til brugerens egne programlinjer. Disse områder er altså udfyldte i den "tomme" CTS version. De øvrige linjenumre fra 1 til 597 er til gengæld allesammen brugt. Linjen umiddelbart før hvert af brugerområderne er en REM sætning (kommentar), som identificerer området og dets linjenumre. Prøv følgende, når indledningsskærmen er på:

Afbryd med ESC. Benyt funktionstasten C/S . (punktum i det numeriske tastatur); herved udskrives LIST - . Skriv så 216, flyt cursoren een plads til højre og skriv 250, således at der nu står LIST 216-250. Tryk så ENTER og se udskriften

```
216 REM OUTPUT VARIABLE, LINJE 217-250
```

Hvis der viser sig flere linjer ved denne listning, er det fordi den indlæste CTS-version ikke er tom. I så tilfælde slettes linjerne med kommandoen DELETE 217-250, og tilsvarende kan det være nødvendigt at slette de øvrige brugerområder. Tilsidst fremkaldes indledningsskærmen igen med C/S ENTER.

De vigtigste brugerområder er "rate ligninger, l. 270-349" og "output variable, l. 217-250". Disse to områder skal altid udfyldes for en hvilken som helst model, og i næste afsnit gennemgås et eksempel, som viser hvordan det gøres. I dette afsnit gives en oversigt med kommentarer til alle brugerområderne.

Funktioner, linje 62-99. Her kan brugeren definere enkeltlinje funktioner, som skal bruges i beregningerne, efter standard BASIC syntaks. Lad os f.eks. antage, at brugeren flere gange skal beregne et udtryk af formen

$$F(x) = x/\sqrt{1+x^2}$$

Denne funktion kan så defineres som en brugerfunktion FN F(x) (alle funktionssymboler skal have forstavelsen FN) ved BASIC - sætningen

```
62 DEF FN F(x)=x/SQR(1+x*x)
```

NL betingelser, linje 149-159. I visse tilfælde kan man have brug for at lade antallet af level variable, NL, afhænge af en ekstern konstant, og det kan så formuleres med en NL betingelse, f.eks.

```
149 IF Q=0 THEN NL=1 ELSE NL=2
```

Brugen af en sådan betingelse vil kunne forøge regnehastigheden, idet overflødige beregninger undgås. Der skal så formuleres en

tilsvarende betingelse i rate lignings området.

Interne konstanter, linje 171-199. Interne konstanter kan være faste konstanter, som brugeren ikke har brug for at ændre fra den ene kørsel til den anden, f.eks.

171 firepi=12.5663706

Det kan også være konstanter, hvis værdi skal udregnes på grundlag af eksterne konstanter, f.eks.

172 anu=SQR(a#a+b#b)

For at sikre, at navnene på interne konstanter ikke forveksles med navne på CTS variable, eksterne konstanter eller output variable, bør det indeholde mindst 3 bogstaver. CTS reelle variable har altid navne på 2 bogstaver, medens navne på eksterne konstanter og output variable har 1 bogstav.

Området "interne konstanter" gennemløbes een gang, umiddelbart før starten af integrationen. D.v.s. man kan også benytte området til udregning af startværdier til level variablene i tilfælde hvor en formel er mere berettiget end numerisk input:

173 LE(1)=2*FN F(anu)

Output variable, linje 217-250. Navne på output variable behandles som data af CTS og indgår i datafilen MN#. I programmet opbevares de i et array NV#, som brugeren normalt ikke behøver at bekymre sig om. Output navne har eet bogstav, og i afsnit 6 gennemgås, hvordan disse navne defineres i en dialog mellem brugeren og CTS. I programmet tildeler brugeren output variabelen en værdi ud fra de øjeblikkelige værdier af level variable og tiden (lign. (4)), samt evt. eksterne og interne konstanter. F.eks. kan en output variabel med navnet E beregnes ved sætningen

217 E=0.5*(k#LE(1)*LE(1)+LE(2)*LE(2)/M)-A#SIN(omega#LE(0))

hvor k og M er eksterne konstanter og omega en intern konstant. Output området gennemløbes een gang for hvert tidsskridt.

Rate ligninger, linje 270-349. I dette område tilordnes værdier til rate variablene RA(1), RA(2), o.s.v. op til RA(NL), hvor NL er antallet af level variable. Beregningen sker på grundlag af level variablene LE(1), --, LE(NL), samt tiden LE(0) og evt. eksterne og interne konstanter. (sml. lign. (3)). Beregningen kan også benytte hjælpevariable, hvis navne bør have mindst 3 bogstaver. F.eks. kan rate ligningen for en population LE(1) udtrykkes ved en fødselsvariabel 'birth' og en dødsvariabel 'death' på følgende måde (logistisk vækst):

```
270 birth=F*LE(1):death=M*LE(1)*LE(1)
280 RA(1)=birth-death
```

hvor F og M er et par eksterne konstanter (fertiliserings- hhv. mortalitets-konstant). I næste afsnit gennemgås programskrivningen for en lidt mere udviklet model med to level variable. Det må indskræpes igen, at hjælpevariable, som skal bruges til rate beregninger, skal udregnes i rate området (før de bruges) og kan ikke overføres fra f.eks. output området. Grunden hertil er, at rate variablene "opdateres" mindst fire gange pr. tidsskridt.

Styring og støj, linje 352-400. Dette område kommer lige efter rate området, men gennemløbes kun een gang pr. skridt. Her kan man foretage uregelmæssige indgreb i kørslen, enten i form af input fra tangentbordet (styring) eller ved programudregnede tilfældige tal (støj). Uregelmæssigheder bør undgås i rate området, idet den automatiske justering af skridtlængden forudsætter, at level variablenes ændring sker "pænt og glat", så hvis man indbygger styring eller støj i rate beregningerne, kan man risikere, at skridtlængden fluktuerer mere end nødvendigt, hvilket forsinker kørslen.

Da styringen foregår uden for rate-området, er det ikke rate variablene, man skal tildele værdier her, men et særligt sæt levels, de såkaldte styrings-levels, LN(i), der optræder på venstre side af styrings- og støjligninger. På højre side benyttes de sædvanlige level variable LE(i).

Et eksempel på styring kunne være, at populationen i ovenfor beskrevne logistiske vækstmodel skal fordobles, hvis man trykker på 'D' og halveres, hvis man trykker på 'H'. Det kan formuleres ved hjælp af AMSTRAD BASIC funktionen INKEY\$, som er en tom streng (""), hvis ikke en tangent holdes nedtrykket og ellers antager karakterværdien af den tangent, der trykkes på:

```
352 styr$=INKEY$:IF styr$="" THEN GOTO 401
353 IF styr$="D" OR styr$="d" THEN LN(1)=LE(1)*2
354 IF styr$="H" OR styr$="h" THEN LN(1)=LE(1)/2
```

Brugen af støj i modeller gennemgås mere detaljeret i afsnit 17. Her skal blot nævnes, at BASIC funktionen RND(1) frembringer et tilfældigt tal med ligelig fordeling mellem 0 og 1. Desuden har CTS indbygget en funktion FNRN(x), som giver normalfordelte tilfældigtal til simulation af "hvid støj".

5. Indskrivning af brugerprogram.

I dette afsnit gennemgås ved et simpelt eksempel, hvordan en model indskrives i CTS. Modellen skal forestille et pendul, bestående af en partikel med massen M for enden af en masseløs, stiv stang med længden L , der er ophængt i den anden ende. Vi vælger at lade $LE(1)$ være pendulets udsving fra bundstillingen, målt i radianer. Den anden level variabel, $LE(2)$, kan så være impulsmomentet om ophængningspunktet.

Når programligningerne skal skrives, er det bedst at starte fra indledningsskærmen, idet man så kan se linjenumrene for brugerområderne. Tryk så ESC, og start med rate ligningerne:

```
270 REM rate ligninger for pendul
280 RA(1)=LE(2)/I
290 RA(2)=-K*SIN(LE(1))
```

Der er her indført et par konstanter, I og K , hvor I er pendulets inertimoment, og K er en kraftkonstant. Nu er det ikke disse konstanter, der er opgivne, så I og K er interne konstanter, der må udtrykkes ved de opgivne konstanter M (massen) og L (længden), samt tyngdeaccelerationen g . Vi har her tilladt os den luksus at indføre navne på interne konstanter med kun eet bogstav, d.v.s. navnene I og K kan så ikke bruges til eksterne konstanter og output variable, men det gør ikke så meget for en lille model som denne. I området "interne konstanter" indskrives vi nu, hvordan I og K skal udtrykkes ved de eksterne konstanter M , L og g :

```
175 I=M*L*L:K=M*g*L
```

Som output variable vælger vi størrelsen U , som skal være pendulets udsving, målt i grader, samt W , som skal være vinkelhastigheden af bevægelsen. For at udregne U fra $LE(1)$, som jo er udsvinget, målt i radianer, skal vi gange med omregningsfaktoren $180/\pi$, der også kan defineres som en intern konstant:

```
180 omr=180/PI
```

Output ligningerne kan så skrives på formen:

```
220 U=omr*LE(1)
230 W=omr*LE(2)/I
```

Bemærk, at vinkelhastigheden W , bortset fra omregningsfaktoren omr , er det samme som rate variabelen $RA(1)$, men vi kan ikke skrive $W=omr*RA(1)$, fordi $RA(1)$ er defineret i rate området, ikke i output området.

Nu er programmet færdigt, og den således udfyldte CTS version kan lagres på et bånd med kommandoen

```
SAVE"CTS PENDUL"
```

6. Interaktiv modeldefinition.

Vi skal nu se, hvordan modellens data indlæses i en dialog mellem brugeren og programmet. Vi går ud fra, at "CTS PENDUL" er i maskinen, og vi starter det nu forfra med RUN (eller RUN", hvis det først skal indlæses fra båndet). Nederst på indledningsskærmen (fig. 1), som nu ses, findes det første spørgsmål til brugeren: "BENYTTES PRINTER (J/N)?". Det besvares med J (d.v.s. ja), hvis man har en printer tilsluttet og ønsker at bruge den, ellers svares N (d.v.s. nej). Straks når man har svaret, går programmet videre med næste spørgsmål: "ØNSKES INDLÆSNING FRA FIL (J/N)?". Her må man svare N, da der jo ikke er lavet nogen fil endnu. Næste gang, man skal bruge programmet, skulle man gerne have filen, og så kan man springe hele den følgende dialog over ved at svare J og indlæse filen.

Den følgende liste viser, hvordan dialogen forløber. Hvert spørgsmål fra programmet afsluttes med spørgsmålstegn, og det, der følger efter spørgsmålstegnet er så brugerens svar. Nogle af svarene må afsluttes med tryk på ENTER, nemlig hvis cursoren er synlig på skærmen. Hvis cursoren er usynlig, er det kun en enkelt tangent (f.eks. J eller N), der skal nedtrykkes, og programmet går videre uden at vente på ENTER.

```
BENYTTES PRINTER (J/N)?J
ØNSKES INDLÆSNING FRA FIL (J/N)?N
MODELLENS NAVN? PENDUL
ANTAL LEVELS? 2
KOMMENTARER TIL LEVEL VARIABLENE:
LE(0)=Tid
LE(1)? UDSVING (RAD)
LE(2)? IMPULSMOMENT (KG*M^2/S)
ANTAL KONSTANTER? 3
ANTAL OUTPUT VARIABLE? 2
MAX 969 SKRIDT
```

Det er ikke strengt nødvendigt at skrive kommentarer til level variablene (eller til konstanter og output variable), men det er klogt at gøre det; ellers kan det være svært at vende tilbage til modellen, når den har ligget ubrugt en måneds tid. Hvis man ikke vil skrive kommentarer, trykkes blot ENTER. På dette sted i dialogen, har programmet reserveret plads til levels og rates mm., samt konstanter, output variable, navne og kommentarer, og har beregnet, at der er plads til lagring af output værdier for 969 tidsskridt. Dialogen går videre:

```
SKRIV LIGNINGER FOR DE EKSTERNE KONSTAN-
TER (EKS: R=5.3)
? M=1
KOMMENTAR? MASSE (KG)
? g=9.82
KOMMENTAR? TYNGDEACC. (M/S^2)
? L=1
KOMMENTAR? LÆNGDE (M)
```

Bemærk, at både navnet og værdien for de eksterne konstanter defineres i samme input sætning. Denne dobbelte definition skal skrives på den bestemte måde: først navnet, så et lighedstegn, og så værdien, uden mellemrum. Navne på eksterne konstanter, såvel som output navne skal bestå af et enkelt bogstav, A-Z eller a-z. Programmet skelner ikke mellem store og små bogstaver, så det samlede antal eksterne konstanter og output variable kan ikke overstige 26 (de danske bogstaver Æ, Ø, Å, æ, ø, å kan ikke bruges i navne, men gerne i kommentarer). Databehandlingen i CTS husker imidlertid, om der er benyttet store eller små bogstaver i navne og kommentarer.

Vi går videre med dialogen:

OUTPUT-NAVNE (A-Z)

? U

KOMMENTAR? UDSVING (grader)

? W

KOMMENTAR? VINKELHASTIGHED (GRAD/S)

Efter dette spørges om 3 såkaldte CTS-konstanter, som er navngivne i programmet, men som behandles ligesom eksterne konstanter. Det er antallet af betydende cifre, DG, som bestemmer regnenøjagtigheden, reference level LR, som fastsætter "den minimale absolutfejl" til $LR/10^{DG}$, og endelig output intervallet OI, som blev omtalt i afsnit 1:

ANTAL CIFRE, DG (0)? 4

REFERENCE LEVEL, LR (0)? 1

OUTPUT INTERVAL, OI (0)? 1

Når der, som i disse input sætninger, er angivet en værdi i parentes lige før spørgsmålstegnet, er det den værdi, som den pågældende størrelse har i forvejen. Man kan så, hvis man er tilfreds med den værdi, nøjes med at trykke ENTER. I dette tilfælde er de tidligere værdier alle 0, idet en variabel, som ikke før har været tildelt en værdi, altid har startværdien 0.

Størrelsen DG kan man ikke lade være 0; den må være mellem 1 og 9 (helst mellem 3 og 7). LR kan godt være nul, men helst kun i tilfælde, hvor ingen level variable må krydse værdien nul, f.eks. i en populationsmodel. For pendulet svinger level variablene mellem positive og negative værdier, og så er det ikke så godt at lade LR være nul, for det vil føre til, at skridtlængden gøres meget lille, hver gang en af level variablene nærmer sig nul, og det er spild af tid.

Output intervallet OI må naturligvis ikke være nul, men det kan passende vælges af størrelsesorden som pendulets svingningstid ($T=2\pi\sqrt{L/g}=2.005$). Valget af OI bestemmer det første gæt for skridtlængden DT, som sættes til 1/8 af OI.

7. Ret data og start kørsel.

Når CTS-konstanterne DG, LR og OI er blevet tildelt værdier, udskrives en liste, der resumerer modellens data:

```
PENDUL ( 969 SKRIDT)
LE(0)= 0           : Tid
LE(1)= 0           : UDSVING (RAD)
LE(2)= 0           :
IMPULSMOMENT (KG*M^2/S)
```

EKSTERNE KONSTANTER:

```
M=1           MASSE (KG)
g=9.82        TYNGDEACC. (M/S^2)
L=1           LÆNGDE (M)
ANTAL CIFRE,   DG= 4
REFERENCE LEVEL, LR= 1
OUTPUT INTERVAL, OI= 1
```

OUTPUT VARIABLE:

```
U: UDSVING (grader)
W: VINKELHASTIGHED (GRAD/S)
```

Listen viser level variablene med værdien nul, da de jo endnu ikke har fået tildelt startværdier. Efter listen følger input sætningen

```
STARTTID ( 0)?
```

som lægger op til start af kørslen (integrationen). Vi vil imidlertid vente lidt med det for at indøve noget andet, der ofte vil komme på tale på dette sted, nemlig rettelse af data. Ganske vist er der ingen egentlige fejl i listen, men lad os for øvelsens skyld påtage os at lave om på rækkefølgen af de to eksterne konstanter g og L og samtidig ændre navnet g til G. Afbryd programmet med ESC, og gå til CTS menuen med funktionstasten C/S 3. Vælg punkt 7, "Ret data" på menuen. Det er det punkt, hvor mere omfattende rettelser kan finde sted. Når det kun er konstanternes talværdier, der skal rettes, bruges p. 1 på menuen, se herom i afsnit 17. Nu vælges p. 7. Vi ser så ligningen og kommentaren for den første eksterne konstant efterfulgt af et spørgsmålstegn:

```
M= 1           MASSE (KG)
?
```

Her vil vi ikke lave noget om, så vi nøjes med at trykke ENTER og får så den anden konstant:

```
g= 9.82        TYNGDEACC. (M/S^2)
?
```

Denne konstant vil vi erstatte med den tredje konstant, så vi skriver efter spørgsmålstegnet: L=1 og trykker ENTER. Så spørges KOMMENTAR?

og vi skriver: LÆNGDE (M) og trykker ENTER. Vi ser nu det, som før var 3. konstant:

```
L= 1           LÆNGDE (M)
?
```

og det skal ændres som følger: G=9.82 (tryk ENTER), CTS skriver:

KOMMENTAR? (skriv) TYNGDEACC.(M/S²) (og tryk ENTER). Herefter fremviser programmet på lignende måde CTS-konstanterne, samt output-navne og kommentarer. På disse steder skal vi ikke ændre noget, så vi trykker blot ENTER efter hvert spørgsmålstejn.

Når alle punkter er gennemgået, præsenteres vi for den reviderede dataliste, som igen ender med spørgsmålet

STARTTID (0)?

Herfra vil nu gå videre til start af kørslen, idet vi forudsætter, at den reviderede liste er korrekt. Det er meget praktisk at lade starttiden beholde værdien 0, så vi nøjes med at trykke ENTER og får så udskriften

LEVEL(1)= 0 UDSVING (RAD)
LEVEL(2)= 0
IMPULSMOMENT (KG*M²/S)
NYE VÆRDIER FOR LEVELS (J/N)?

Til dette spørgsmål må vi svare J, for hvis vi lod begge level variablene have startværdien 0, vil pendulet aldrig komme til at svinge. Lad os prøve at starte det i hvile (LE(2)=0) meget tæt på topstillingen, som jo er LE(1)=PI=3.1416--. Input sætningerne for startværdierne kommer så til at se således ud:

LEVEL(1)=? 3.141
LEVEL(2)=? 0

Pendulet er nu klar til start, men der mangler lige et par småting. Først og fremmest må vi sikre vores data i en fil, så vi svarer bekræftende på næste spørgsmål:

SKAL DER OPRETTES EN FIL (J/N)?J

Det er bekvemt at lade denne første datafil følge umiddelbart efter programmet CTS PENDUL på båndet. Noter nummeret på båndtælleren, hvor filen starter, og gør så som computeren siger "Press REC and PLAY, then any key:". Når lagringen er overstået, følger input sætningerne:

STOPTID (0)? 20
DISKRET/KONTINUERT LAGRING (D/K)?K

Ved diskret lagring er det kun output værdierne for hvert hele output interval, der lagres i maskinen. Dette kan benyttes f.eks. hvis integrationen skal være meget lang. Vi vælger kontinuert lagring, som betyder, at resultaterne for hvert skridt lagres.

Til sidst, hvis man benytter en printer, kommer der en lille printmenu med 3 muligheder: 0 giver ikke printeroutput, 1 producerer listen over konstanter mm., og 2 giver foruden listen også en løbende tabel over output værdierne for hvert output interval. Efter dette valg starter integrationen.

8. Modelfilen MN\$.

Den datafil, som opbevarer modellens konstanter (eksterne og CTS-) og navne mm har navnet MN\$, d.v.s. modellens navn. I det gennemgaaede tilfælde hedder modelfilen altså "PENDUL". Når filen, som i dette tilfælde er lavet før kørslen, indeholder den level variablenes startværdier, incl. starttiden LE(0). Det er imidlertid også muligt at lave en modelfil efter kørslen, og i det tilfælde vil det være slutværdierne af level variablene, som indgår.

Normalt behøver brugeren ikke at interessere sig for, hvordan de forskellige data indgår i modelfilen, men hvis filen skal bruges i et andet program, er det nødvendigt at vide hvordan den er opbygget, og derfor bringes nedenfor en liste, som man roligt kan springe over, hvis man vil videre i instruktionen for brugen af CTS med det samme. Listen giver navnene på de indgående størrelser i den rækkefølge de optræder sammen med kommentarer:

<u>Navn</u>	<u>Kommentar</u>	<u>Værdi i eksempel</u>
MN\$	modellens navn	"PENDUL"
NL	antal levels	2
NC	antal eksterne konstanter	3
NO	antal output variable	2
XA	skønnet max antal skridt	969
DG	antal betydende cifre	4
LR	reference level	1
LE(0)	tid (start eller stop)	0
CL\$(0)	skematekst	"Tid"
LE(1)	level(1) (start eller stop)	3.141
CL\$(1)	kommentar til level(1)	"UDSVING (RAD)"
-	-	-
-	(o.s.v.)	-
-	-	-
LE(NL)	level(NL) (start eller stop)	0
CL\$(NL)	kommentar til level(NL)	"IMPULSMOMENT (KG*M/S^2)"
CN\$(0)	skematekst	"NAVNE"
CC\$(0)	skematekst	"EKSTERNE KONSTANTER"
PA(0)	output interval (OI)	1
CN\$(1)	navn på ekst. konstant #1	"M"
CC\$(1)	kommentar til konstant #1	"MASSE (KG)"
PA(1)	værdi af konstant #1	1
-	-	"L"
-	(o.s.v.)	"LÆNGDE (M)"
-	-	1
CN\$(NC)	navn på ekst. konstant #NC	"G"
CC\$(NC)	kommentar til konstant #NC	"TYNGDEACC. (M/S^2)"
PA(NC)	værdi af konstant #NC	9.82

(liste over modelfilen MN\$, fortsat)

<u>Navn</u>	<u>Kommentar</u>	<u>Værdi i eksempel</u>
NV\$(0)	skematekst	"TID"
CO\$(0)	skematekst	"OUTPUT VARIABLE"
M3(0)	nedre grænse for tid	0
M4(0)	øvre grænse for tid	0
NV\$(1)	navn på output variabel #1	"U"
CO\$(1)	kommentar til outp.var. #1	"UDSVING (grader)"
M3(1)	nedre grænse for - - - - -	0
M4(1)	øvre grænse for - - - - -	0
-	-	-
-	(o.s.v.)	-
-	-	-
NV\$(NO)	navn på output variabel #NO	"W"
CO\$(NO)	kommentar til - - - - -	"VINKELHASTIGHED (GRAD/S)"
M3(NO)	nedre grænse for - - - - -	0
M4(NO)	øvre grænse for - - - - -	0

9. Runskærmen. Screen dump.

Når CTS er klar til at begynde på integrationen, viser skærmen sig opdelt i felter, de såkaldte vinduer. Øverst til venstre har vi vindue 0. Det er her, der kommer meddelelser til brugeren. Før integrationen starter, står der i vindue 0:

SPACE starter integration, til- og frakobler runskærm

Til højre for vindue 0 er der et vindue for hver output variabel. Disse vinduer er for neden afgrænset med en streg, og under den er der tilsvarende vinduer, som foroven indeholder navnet på output variabelen. Under vindue 0 står der PENDUL og TID. Der er således $2 \cdot (1 + NO)$ vinduer, hvor NO er antallet af output variable, for pendulmodellen fås altså 6 vinduer. Der kan højst være 8 vinduer på AMSTRAD skærmen, d.v.s. hvis en model har mere end 3 output variable, vil det kun være de tre først definerede, som kan vises løbende for hvert skridt på runskærmen. De øvrige, som ikke har deres eget par vinduer, vil dog også blive vist i vindue 4, lige under vindue 0, men kun for hvert output interval i en tabel over samtlige output variable. I dette tilfælde, hvor der kun er 6 vinduer, er det vindue 3, som er tabelvinduet lige under vindue 0.

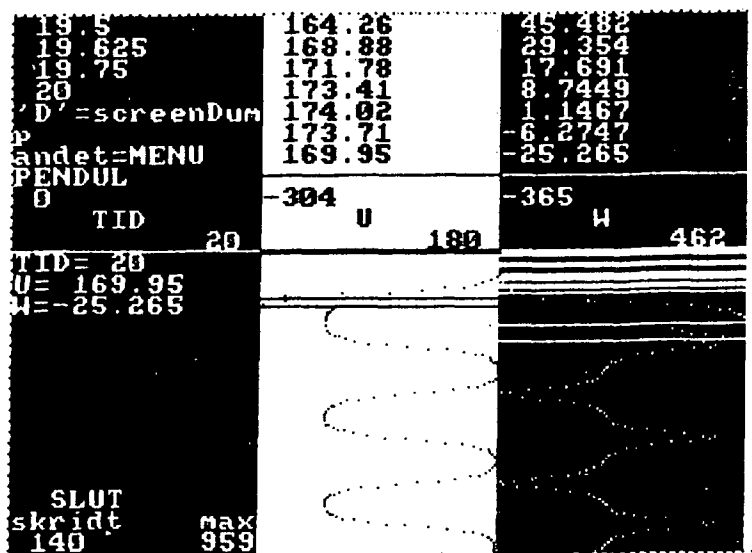


Fig. 2. Runskærm for PENDUL modellen efter afsluttet integration.

Når integrationen er startet ved tryk på mellemrumstangenten, begynder talværdierne for tiden og de to output variable at dukke op i vindue 0, 1 og 2. Samtidig starter en grafisk afbildning med prikker i vindue 4 og 5. I navnefelterne øverst i vindue 3-5 er foruden navnene TID, U og W også angivet nedre grænse (til venstre) og øvre grænse (til højre) for de pågældende variable. For tiden er det de opgivne værdier af hhv. starttid og stoptid (0 og 20), men for output variablene U og W, hvor der ikke er opgivet grænser, er

grænserne til at begynde med 0. Det betyder, at de grafiske afbildninger "sprænger skalaen". Så snart det sker, ændres værdierne for grænserne, og der tegnes en vandret linje i det grafiske vindue for at markere, at skalaen er ændret. Efterhånden finder CTS frem til grænseværdier, som output værdierne holder sig inden for, og de løbende værdier af output variablene aftegnes som kurver i de grafiske vinduer. For hver gang der er gået et output interval kommer der en tabel i vindue 6 og skridttælleren opjusteres. Ved at holde øje med tiderne i vindue 0 kan man se, hvordan skridtlængden ændres, f.eks. fra 0.125 til 0.25 og tilbage igen lidt senere.

I de grafiske vinduer er underforstået en tidsakse med starttiden øverst ved stregen lige under de felter, der viser navn og skala, og med stoptiden nederst på skærmen. Runskærmens grafiske afbildninger og den samtidige scrolling af talværdier i vindue 0-NO er forholdsvis tidskrævende, så for en langvarig integration, hvor man ikke er interesseret i at holde øje med udviklingen hele tiden, kan man få det til at gå lidt hurtigere ved at frakoble runskærmen. Det sker ved tryk på mellemrumstangenten (SPACE). Vinduerne bevares, men scrolling og afbildning stopper, og får kun tabellen i vindue 1+NO for hvert output interval. Runskærmen tilkobles igen ved et nyt tryk på SPACE. En sådan fra- og tilkobling fører til huller i de afbildede kurver, men værdierne findes i maskinens lager, og man kan altid senere få reproduceret hele forløbet ved at benytte et af punkterne "videre fra nuværende tilstand" eller "runskærm replay", hhv. punkt 2 og 4 i CTS menuen. Herom mere i de følgende afsnit.

Når tiden er nået op på stoptiden (20), stopper den, og runskærmen ser ud som på fig. 2. Denne figur er en screen dump, som ifølge meddelelsen i vindue 0 kan fås ved at trykke på D. Meddelelsen kommer kun, hvis man har oplyst, at der benyttes printer (afsnit 6). Man kan imidlertid ikke være sikker på, at screen dump rutinen virker, for den er indrettet til en bestemt matrix printer (Super 5, EN-P 1090) og man kan ikke regne med, at den vil virke for en anden matrix printer (og slet ikke for en tilsluttet skrivemaskine eller typehjulsprinter). Brugeren er nødt til at foretage en tilpasning eller erstatning af den benyttede screen dump rutine (GOSUB 478, linje 477-486 i programmet, se afsnit 20), afhængigt af den benyttede printer.

10. CTS-menuen.

Når integrationen er slut, kommer man videre til CTS menuen ved at trykke på en vilkårlig tangent (undtagen D, som jo står for screen dump, hvis man benytter en printer). CTS menuen er det vigtigste trafikknudepunkt i CTS programmet, og som tidligere nævnt, kan man altid komme hertil fra et vilkårligt punkt i programmet ved først at afbryde med ESC tasten (1-2 tryk, indtil der står READY) og derefter benytte funktionstasten C/S 3. Menuen fremtræder på skærmen, som vist på fig. 3:

```
*** CTS MENU ***  
ANGIV NUMMER FOR DET VIDERE FORLØB:  
1 - Ny kørsel  
2 - Videre fra nuværende tilstand  
3 - Grafisk menu  
4 - Runskærm replay  
5 - Trykt liste  
6 - Opret fil  
7 - Ret data  
8 - Tilbage til indledningen
```

Fig. 3. CTS menuen.

I det følgende gives en kort omtale af hvert enkelt punkt, evt. med henvisning til andre afsnit, hvor der findes en mere udførlig omtale.

1 - Ny kørsel. En ny kørsel starter med fremvisning af modellens dataliste (afsnit 7). Herefter får man mulighed for at ændre talværdierne af de eksterne konstanter og CTS konstanterne, hvis man svarer J til spørgsmålet "RET KONSTANTER (J/N)?". Der udskrives så et spørgsmålstegn, og efter det kan man skrive en rettellesligning, f.eks. G=9.81 og trykke ENTER. Herefter spørges igen, om man vil rette konstanter, og vi kan så f.eks. ændre CTS konstanten OI (output intervallet) ved at skrive OI=2. Rettelserne kan fortsætte på den måde, indtil man svarer N til spørgsmålet, om der skal rettes. Herefter fremvises den rettede dataliste, og forberedelsen af den nye kørsel går videre, som beskrevet i afsnit 7.

2 - Videre fra nuværende tilstand. Dette punkt giver ikke mulighed for rettelser af konstant- og levelværdier, men starter med at angive starttiden som den tid, hvor den tidligere integration stoppede (evt. blev afbrudt). Herefter spørges

FORTSAT LAGRING (J/N)? Hvis man svarer J, vil output værdierne (incl. tiden) blive lagret i fortsættelse af værdierne fra den tidligere integration, hvorimod et N vil føre til, at de tidligere lagrede værdier overskrives af de nye forfra i lageret. Svaret må altså afhænge af, om der er tilstrækkelig plads i lageret. F.eks. så vi for den tidligere integration (fig. 2), at der var brugt 140 skridt, og det maximale skridttal er over 900, så der er rigelig plads til at fortsætte lagringen længe endnu. Hvis det sker under integrationen, at man når op til det maximale skridttal, stopper integrationen med meddelelsen IKKE MERE PLADS I LAGERET (i vindue 0 på runskærmen), og herfra kan man så gå til CTS menuen og vælge, hvad der skal ske.

Når lagringsformen er valgt, spørges om den nye stoptid, og den gamle stoptid vises i parentes. Man kan vælge at bibeholde den gamle stoptid ved blot at trykke ENTER. CTS skifter nu til runskærm, og hvis man har valgt fortsat lagring, tegnes kurverne for det tidligere forløb op i de grafiske vinduer, inden integrationen fortsætter.

3 - Grafisk menu. Omtales i afsnit 13.

4 - Runskærm replay. Omtales i afsnit 12.

5 - Trykt liste. Omtales i afsnit 15.

6 - Opret fil. Dette punkt giver mulighed for lagring af både en modelfil (MN\$, afsnit 8) og en resultatfil (CTSRES, afsnit 16) på båndet. Forinden spørges, om lagringen skal være hurtig. Her refereres til de to skrivehastigheder hhv. SPEED WRITE 0 (1000 baud) og SPEED WRITE 1 (2000 baud), som også kan vælges med funktionstasterne, hhv. C/S 4 og C/S 5. Hvis båndet senere skal kunne læses på en anden maskine, er det klogt at nøjes med den langsomme hastighed.

7 - Ret data. Omtalt i afsnit 7. Det skal her blot nævnes, at denne facilitet f.eks. kan benyttes til ændring af rækkefølgen af output variablene. Hvis der er mere end tre output variable, er det jo kun de tre første, som vises løbende på runskærmen.

8 - Tilbage til indledningen. Dette punkt bringer os tilbage til indledningsskærmen (fig. 1, afsnit 3), hvilket f.eks. er nødvendigt, hvis man vil starte en ny kørsel med at indlæse en anden modelfil MN\$ for samme model. Tilbagevending, som jo også kan ske ved at afbryde programmet og benytte funktionstasten C/S ENTER, fører til den ændring af fig. 1, at overskriften "Continuous Time Simulation" erstattes af modellens navn MN\$ ("PENDUL").

11. Afbrydelse og genoptagelse af kørsel.

CTS er indrettet med henblik på muligheden for nårsomhelst at kunne afbrydes, uden at det virker ødelæggende på programmet og dets data. Tilbagevending til programmet skal så ske ved kommandoen CONT, som fører til genoptagelse fra det sted, hvor afbrydelsen skete, eller med en af funktionstasterne C/S ENTER eller C/S 3. Hvis programmet er stoppet med en fejlmeddelelse (f.eks. division by zero), eller hvis man har editert programmet, kan man ikke benytte CONT.

ESC tasten virker i reglen på den måde, at et enkelt tryk bevirker en afbrydelse af programudførslen, uden at man hopper helt ud af programmet. Genoptagelse af programmet sker så ved tryk på en vilkårlig tast. Hvis man trykker to gange på ESC, hopper man ud af programmet, og der skrives READY på skærmen. Undtagelsen fra denne regel er, at hvis ESC benyttes i en input sætning, vil et enkelt tryk på ESC føre til READY.

Hvis man under integrationen, når runskræmen er på, trykker to gange på ESC, afbrydes kørslen ikke med det samme, men CTS sørger først for at gennemregne det tidsskridt, der er i gang, og først når det er regnet færdigt, skrives der READY i vindue 0. I det følgende beskrives nogle eksempler på, hvad afbrydelse af integrationen kan bruges til.

1) Enkelt tryk på ESC. Der fremkommer en cursor i vindue 0, og beregningen går i stå. Det giver mulighed for at kigge nærmere på tallene i vindue 0-NO, inden de scrolles op og forsvinder.

2) Dobbelt tryk på ESC. READY i vindue 0. Der kan nu foretages en mindre udregning med vindue 0 som "lommeregner", uden at de øvrige vinduer forstyrres. Genoptag kørslen med CONT.

3) Dobbelt tryk på ESC. READY i vindue 0. Vi vil nu prøve at forskønne de grafiske afbildninger i de nedre output vinduer, f. eks. for at undgå de vandrette linjer, der markerer skalabrud. Tryk C/S 3 og vælg p. 2 på menuen, fortsat lagring og samme stoptid som før.

4) Lad os antage, at vi er startet på en integration med tiden gående fra 0 til 100, men når tiden er nået op til 20, opdager vi, at det vil vare for længe. Afbryd så som før, og gå via p. 2 på menuen, fortsat lagring, stoptiden ændres til 30.

12. Replay.

Når en integration er afsluttet, står visse eller alle de udregnede output værdier (incl. tiderne) i maskinens lager. Som omtalt i afsnit 7 er der to former for lagring: den diskrete lagringsform, hvor tiderne er ækvidistante med det konstante mellemrum Δt (output intervallet), og den kontinuerte lagring, hvor hvert skridt er lagret, og hvor tiderne derfor i almindelighed ikke er ækvidistante, idet skridtlængden Δt ændres under kørslen. Begge lagringsformer giver mulighed for replay af kørslen, d.v.s. et hurtigt gennemløb af nogle eller alle output værdierne i den rækkefølge, de er udregnede.

Der er tre former for replay:

- 1) Runskærm replay, p. 4 på CTS menuen, som viser hele forløbet på runskærmen, lige som under integrationen, men hurtigere. Det omtales nærmere nedenfor i dette afsnit.
- 2) Egentligt grafisk replay. Omtales i afsnit 13 og 14.
- 3) Replay i form af tabeller på skærm eller printer. Omtales i afsnit 15.

Når runskærm replay er valgt fra menuen, får man først en besked om, at "replay startes og stoppes ved tryk på vilk. tast, undt. 'O' som sætter farten op". Start det så, f.eks. ved tryk på S. Undervejs kan man stoppe det (f.eks. S) for at studere tallene nøjere og starte det igen (S). Hvis man trykker O, vises kun tabellen for hvert output interval, hvilket går meget hurtigere. Hvis man ikke vil se det hele igennem, kan man stoppe med 2*ESC og gå til menuen med C/S 3. Replayet stopper selv, når stoptiden er nået. Et tryk på en tangent bringer slutmeddelelsen frem (mulighed for screen dump), og et ekstra tryk fører til menuen.

En særlig form for "barberet" runskærm replay, der kun viser grafikken, kan fås ved at benytte p. 2 på menuen. Man skal så vælge "fortsat lagring" og samme stoptid som før. Da denne stoptid jo også er starttiden for forlænget integration, sker der blot det, at kurverne tegnes fra den oprindelige starttid til den nye starttid. Så opdager CTS, at stoptiden er nået, og "integrationen" stopper, før den er begyndt, med slutmeddelelse i vindue O.

13. Grafisk menu og styretaster.

Valg af punkt 3 på CTS menuen fører til den grafiske menu, som vises på fig. 4.

```
*** Grafisk menu ***
STYRETANGENTER: ($: kun efter tegning)
      'P'=Plot
      'S'=Skalering
      'F'=Flere på samme plot
      '3'=3D projektion
      'C'=CTS menu
$      'K'=Koo+plot (gent.)
$      'G'=Grafisk menu
$      'D'=screen Dump
```

Fig. 4. Skærbilledet af den grafiske menu.

Denne menu virker noget anderledes end CTS menuen, idet den skal kunne fungere, når den ikke står på skærmen. Det sker ved hjælp af styretaster, som vist på fig. 4. Nogle af tasterne virker både når den grafiske menu er på skærmen og når der er en tegning, f.eks. C, der fører til CTS menuen og S, der fører til valg af skala. Andre styretaster, nemlig de, som er afmærket med \$ på fig. 4 kan kun bruges, når der er en færdig tegning på skærmen, f.eks. D (screen dump) og G, der bringer den grafiske menu frem igen.

I næste afsnit gennemgås de muligheder, der er forbundet med styretasterne P, S, F, 3 og K. En særlig grafisk facilitet, den såkaldte return map diskuteres i afsnit 18.

14. Almindelige plot og 3D-projektion.

De i dette afsnit viste eksempler på grafisk output fra CTS stammer alle fra den tidligere omtalte kørsel (afsnit 7-9) med modellen "PENDUL".

Når man fra den grafiske menu (fig. 4) vælger styretasten P (plot), skifter skærmen til fig. 5, som viser en liste over modellens output variable i nummerorden med tiden som nr. 0. Resultatet af at vælge U vandret og W lodret ses på fig. 6.

```
ANGIV NUMRE FOR VANDRET OG LODRET AKSE
(Hvis samme tal vælges for de to akser
fås Return Map,  $y(n \times 01) - y((n+1) \times 01)$ )

      0 : TID OUTPUT VARIABLE:
      1 : U UDSVING (grader)
      2 : W
VINKELHASTIGHED (GRAD/S)
VANDRET AKSE? 1
LODRET AKSE? 2
```

Fig. 5. Plottemenu for almindeligt (2D) plot.

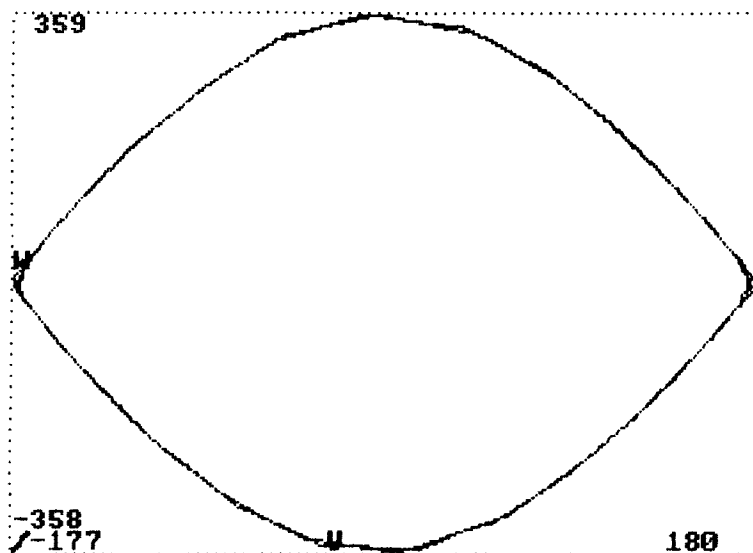


Fig. 6. Plot af W (lodret) mod U (vandret).

Ved et sådant almindeligt plot fungerer skærmens rand som koordinatsystem. På midten af venstre og nedre rand er angivet navnene på de variable (delvist skjult af kurven på fig. 6), og i hjørnerne er angivet nedre og øvre grænse for variableerne, svarende til siderne af skærmens rektangel. På fig. er grænserne valgt af CTS, således at skærmen udnyttes maximalt, d.v.s. nedre grænse er minimumsværdi og øvre grænse er maksimumsværdi, begge afrundet til DG-1 betydende cifre. (Denne regel fraviges dog i tilfælde, hvor en variabel ikke har ændret sig under integrationen).

Hvis man efter tegningen benytter den grafiske styretast K, slettes billedet, og derpå kommer koordinatsystem og plot atter, en gentagelse af det grafiske replay. Denne gentagelse kan foretages så ofte, man har lyst til.

I eksemplet med PENDUL benyttedes "kontinuert lagring" under integrationen. I virkeligheden er det jo naturligvis ikke kontinuerlige kurver, der kan hentes ud af lageret, så kurverne tegnes med rette linjestykker mellem de lagrede punkter. Hvis regnehøjagtigheden har været lav (f.eks. DG=3) er skridtene store, og kurverne vil se "knækkede" ud, men i reglen er det ikke så slemt. Hvis man derimod har benyttet diskret lagring, er tidsafstanden mellem to nabopunkter i lageret jo givet ved output intervallet OI, som kan være meget større end skridtlængden DT. I det diskrete tilfælde giver plottemenuen derfor en valgmulighed mellem "diskret eller kontinuert tegning", og hvis man vælger diskret tegning, får man kun de lagrede punkter afsat som prikker på skærmen.

Efter tegning af fig. 6 kan vi bruge styretangenten S (skalering), som giver brugeren mulighed for at ændre grænserne for output variablene. De programsatte grænser vises i parentes og kan bibeholdes ved tryk på ENTER. Fig. 7 viser hvordan U og W begge tildeles grænserne -400 til +400.

```
          skalering:
TID
FRA (-0.0001 )? 0
TIL ( 20.0001 )? 20
U
FRA (-177.4601 )? -400
TIL ( 179.9701 )? 400
W
FRA (-357.7101 )? -400
TIL ( 358.5601 )? 400
```

Fig. 7 Skalering af plot.

Den nye skalering vil blive husket af CTS, så længe man holder sig inden for det grafiske afsnit af programmet, men når man går tilbage til CTS menuen (styretast C), genindføres den oprindelige skalering efter minimums- og maximumsværdier.

Når vi i fig. 7 har valgt de samme grænser for U og W er det for at kunne afbilde dem på samme lodrette akse med tiden på den vandrette akse. Efter skaleringen vælger vi derfor styretasten F (flere på samme plot). (Denne mulighed eksisterer kun, hvis der er defineret mindst 2 output variable). Vi får så en lidt ændret plottemenu, som ses på fig. 8.

```

Antal variable på lodret akse? 2
ANGIV NUMRE FOR VANDRET OG LODRET AKSE
(Hvis samme tal vælges for de to akser
fås Return Map,  $y(n \times m \times 01) - y((n+1) \times m \times 01)$ )

      0 : TID  OUTPUT VARIABLE:
      1 : U   UDSUING (grader)
      2 : W   VINKELHASTIGHED (GRAD/S)

VANDRET AKSE? 0
LODRET AKSE? ( 2  CIFRE)? 12
    
```

Fig. 8 Plottemenu for flere plot på samme lodrette akse.

Resultatet, U og W som funktion af tiden, ses på fig. 9.

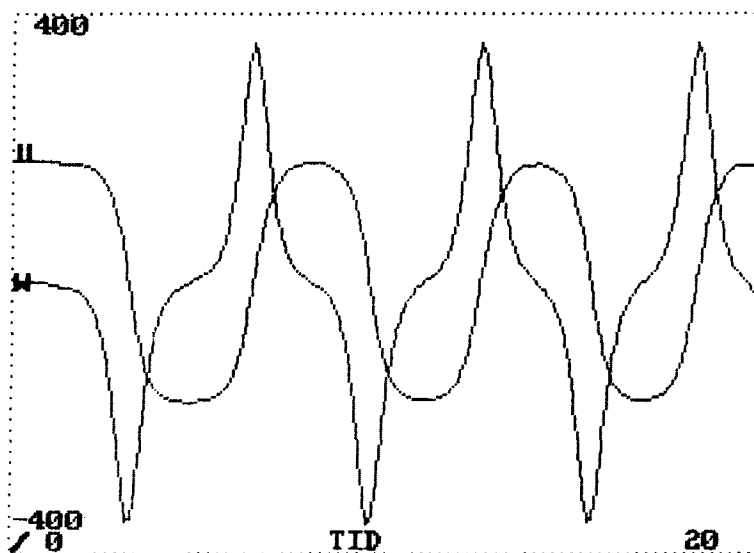


Fig. 9. Plot af flere variable på samme lodrette akse.

Når der er mindst 2 output variable (foruden tiden), har man mulighed for at lave 3-dimensionale projektioner (d.v.s. 2-dimensionale projektioner af 3-dimensionale figurer). Denne mulighed vælges med styretasten 3. Plottemenuen på fig. 10 styrer tilordningen af de variable til de tre akser.

```

3D-PROJEKTION
Koordinatsystemet styres med cursortang.
Kurve-tegning efter tryk på 'COPY'.
ANGIV NUMRE FOR DE TRE AKSER

      0 : TID  OUTPUT VARIABLE:
      1 : U   UDSVING (grader)
      2 : W   VINKELHASTIGHED (GRAD/S)

1-AKSE? 0
2-AKSE? 1
3-AKSE? 2
    
```

Fig. 10. Plottemenu for 3D-projektion.

Ved projektionen er 3-aksen altid lodret. Koordinatsystemets begyndelsespunkt er i nedre grænse for de tre plottede variable, og aksernes længde svarer til halvdelen af forskellen mellem nedre og øvre grænse. Skalaerne på de tre akser er valgt således, at figuren i 3 dimensioner er indskrevet i en terning. Længde- og breddegrad for projekti-
onsretningen styres med cursortasterne. Når koordinatsystemets placering er god, tegnes kurven (tryk COPY). K giver nyt koordinatsystem.

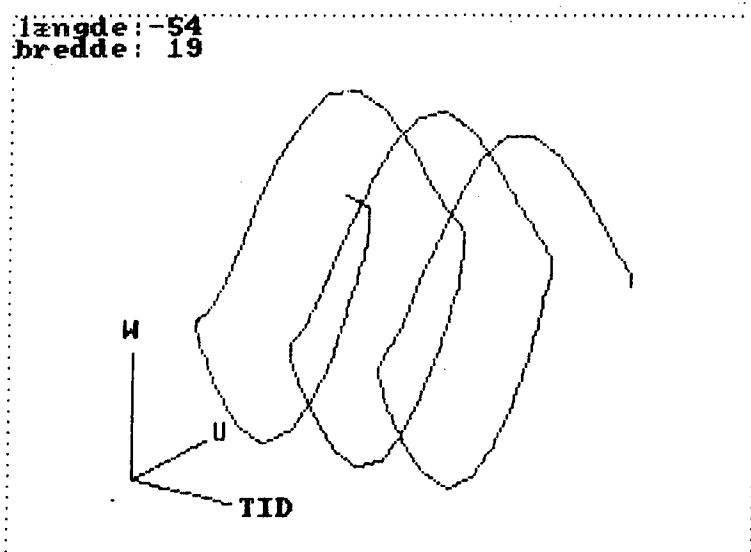


Fig. 11. 3D-projektion.

15. Tabeller.

Punkt 5 på CTS menuen, "trykt liste", giver valget mellem en diskret og en kontinuert liste, og hvis printer benyttes, desuden valget mellem at få listen på skærmen eller på printeren.

Den diskrete liste viser tiden og samtlige output variable for hvert output interval, samt for stoptiden, hvis afstanden mellem starttid og stoptid ikke er et helt multiplum af output intervallet. Som nævnt i afsnit 7, kan man også få en liste ud på printeren under integrationen, og denne liste vil være magen til den diskrete liste, bortset fra, at den også indeholder (ufuldstændige) oplysninger om, hvordan skridtlængden DT ændres under kørslen.

Hvis man vælger den kontinuerte liste, skal man først for hver output variabel angive, med 1 eller 0, om den skal med i listen eller ej. Den kontinuerte liste kan naturligvis kun frembringes, hvis lagringen er foregået kontinuert. Denne liste giver, i modsætning til den diskrete liste, som kan fås under kørslen, fuld information om tiderne, og dermed også om de benyttede skridtlængder. Det må derfor anbefales, at man venter med at lave listeoutput, til integrationen er overstået. D.v.s. i den indledende printmenu før kørslen (afsnit 7) bør man vælge print-option 0 (intet output) eller 1 (kun listen over konstanter mm.), men ikke 2. Så kan man altid efter kørslen tage stilling til, om den er værd at bruge papir og farvebånd på. Listningen kan afbrydes med tryk på ESC, og tilbagevending til CTS menuen sker som sædvanlig med C/S 3.

TID= 0			
U= 179.97	TID	U	W
W= 0	0	179.97	0
	0.125	179.96	-0.042748
TID= 1	0.375	179.94	-0.15557
U= 179.62	0.875	179.74	-0.80197
W=-1.1901	1	179.62	-1.1901
	1.5	178.22	-5.5903
TID= 2	1.75	176.1	-12.22
U= 171.48	2	171.48	-26.685
W=-26.685	2.125	167.4	-39.414
	2.25	161.38	-58.102
TID= 3	2.375	152.52	-85.291
U= 18.021	2.5	139.57	-124.07
W=-354.65	2.625	120.91	-177.07
	2.75	94.748	-243.18
TID= 4	2.875	60.025	-310.94
U=-168.19	3	18.021	-354.65
W=-36.172	3.125	-26.537	-349.47

Fig. 12. Eksempler på listning (p. 5 på CTS menu).

Til venstre: diskret. Til højre: kontinuert.

16. Resultatfilen CTSRES og det maximale antal skridt.

Punkt 6 på CTS menuen producerer to datafiler på båndet: først en modelfil MN\$ (afsnit 8) og derefter, hvis man ønsker det, en resultatfil CTSRES. De to filer giver tilsammen al information om kørslen og kan læses og udnyttes af et andet CTS program, selv om den pågældende model ikke er indskrevet i dette. Specielt efter en langvarig kørsel er det en fordel at lave begge disse filer, således at man let en anden dag kan vende tilbage til analyse af de opnåede resultater uden at skulle udføre integrationen igen.

En sådan anvendelse af CTS starter efter indlæsning af programmet med, at man spoler båndet frem til det sted, hvor de to sammenhørende filer starter, og når så CTS i starten (afsnit 9) spørger: ØNSKES INDLÆSNING FRA FIL?, svarer man J, og modelfilen MN\$ indlæses. Herefter præsenteres man for listen over konstanter mm. (afsnit 7), og CTS spørger, om man vil rette. Det vil man naturligvis ikke, hvis resultaterne skal indlæses fra den efterfølgende fil CTSRES, fordi de to filer er sammenhørende. Når man har svaret J til spørgsmålet, om resultater skal indlæses fra fil, indlæses CTSRES, og programmet går direkte videre til CTS menuen. Herfra kan man så benytte de forskellige replay muligheder under punkt 3, 4 og 5. Videre integration (punkt 1 eller 2) kan naturligvis kun foretages, hvis modellen er indskrevet i den benyttede CTS version, som beskrevet i afsnit 5.

Af hensyn til evt. brug af datafilen CTSRES i andre programmer (f.eks. Fourier analyse) gives nedenfor en liste over filens opbygning. Listen giver CTS-navnene på de indgående størrelser i den rækkefølge, de optræder, samt en kommentar vedrørende deres betydning.

<u>Navn</u>	<u>Kommentar</u>
DL	DL=-1 for diskret lagring, DL=0 for kontinuert lagr.
XS	antal skridt
M1(0)	minimumsværdi af tiden
M2(0)	maximumsværdi af tiden
M1(1)	minimumsværdi af output variabel # 1
M2(1)	maximumsværdi - - - - -
-	-
M1(NO)	minimumsværdi af output variabel # NO
M2(NO)	maximumsværdi - - - - -
RX(0,0)	starttid
-	-
RX(NO,0)	startværdi af output variabel # NO
-	-
-	-
-	-
RX(0,XS)	stoptid
-	-
RX(NO,XS)	sidste værdi af output variabel # NO.

Antallet af skridt, XS, i resultatfilen kan ikke blive større end det maximale skridttal XA (afsnit 6 og 8). Hvis man har kørt PENDUL modellen nogle gange, har det vist sig, at XA ikke er helt konstant; det kan f.eks. variere fra 969 til 959 (sml. fig 2), og når man lige har indlæst modelfilen, får man måske besked om, at antallet af skridt er rettet. CTS forsøger at beregne, hvor megen ledig plads der er i maskinen, og fastsætter så XA. Beregningsresultatet afhænger imidlertid af, hvilke programafsnit, der har været benyttet; så derfor kan XA ikke være helt konstant, men det behøver i almindelighed ikke give anledning til bekymring. Maskinens lager fyldes næsten helt op af resultat-arrayet RX, bortset fra en buffer på 4 kbytes, som skal friholdes til brug for båndoptageren, når der skal laves en fil, eller når programmet skal saves.

Hvis man arbejder med en stor model med mange interne konstanter og hjælpevariable, kan man måske risikere at få fejlmeddelelsen "memory full", f.eks. når der skal laves en fil. Det er så nødvendigt at gå ind i programmet og rette i linje 510, hvor beregningen af XA finder sted: EDIT 510:

```
510 XA=INT((FRE(""))/5-6*(NC+ND)-900)/(1+ND):RETURN
```

Man kan f.eks. ændre konstanten 900 til 1000; det skulle løse problemet.

17. Styling og støj.

I afsnit 4 omtaltes, hvordan styrings- og støjsætninger formuleres korrekt i et særligt programafsnit ved tildeling af uregelmæssige værdier til de såkaldte styrings-levels $LN(i)$. En aktiv strøm- eller spændingskilde, som er en uregelmæssig rate, kan f.eks. introduceres på flg. måde:

```
360 kilde=0:styr$=INKEY$:IF styr$="" THEN 375
365 ciffer=ASC(styr$)-48
370 kilde=k*ciffer
375 LN(1)=LE(1)+kilde*RA(0)
```

hvor k (kildestyrken) er en ekstern konstant, og $RA(0)$ er jo CTS navnet for skridtlængden DT .

CTS har indbygget en hvid støjkilde i form af en funktion $FNRN(T)$, hvor parameteren T er en konstant, som kaldes støjtemperaturen. Funktionen giver et normalfordelt tilfældigt tal med middelværdien 0 og spredningen $T \cdot \text{SQRT}(DT)$. (Hvis man integrerer baglæns i tid, sættes spredningen til 0).

For at få et indtryk af, hvordan støjilden virker, kan man lave flg. småændringer i PENDUL modellen (sml. afsnit 5):

```
290 RA(2)=-K*SIN(LE(1))-0.1*LE(2)
```

D.v.s. vi tilføjer gnidning til rate ligningen for at det ikke skal gå agurk, når støjen kommer på:

```
360 LN(2)=LE(2)+FNRN(2)
```

Programmet skal så startes forfra med RUN og indlæsning af modelfilen. På fig. 13 ses et 3D plot af en kørsel (tid 0-80).

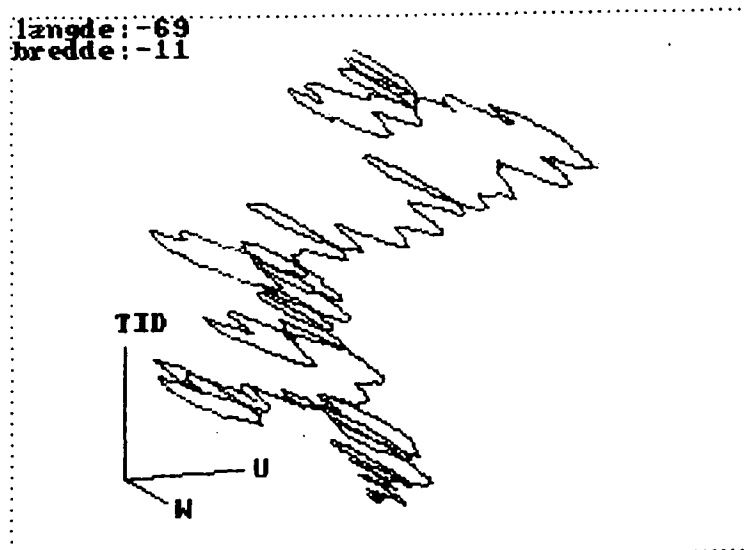


Fig. 13. Pendul med gnidning og hvid støj.

18. Return map.

En af de mere avancerede grafiske udtryksformer i CTS er den såkaldte returafbildning (return map), der som det fremgår af plottemenuen fig. 5 fås, hvis man angiver den samme output variabel for vandret og lodret akse. Returafbildningen arbejder ud fra en opdeling af tiden i ækvidistante intervaller og afbilder så en output variabel i et af intervalendepunkterne mod den værdi, den samme variabel havde i det foregående intervalendepunkt. CTS arbejder jo i forvejen med en ækvidistant opdeling af tiden i output intervaller (OI) så tidsintervallet i returafbildningen kan vælges som $m \cdot OI$, hvor m er et naturligt tal. D.v.s. hvis vi laver return map for en output variabel y , får vi afsat en række punkter, der viser y til tiden $(n+1) \cdot m \cdot OI$ afsat på den lodrette akse mod y til tiden $n \cdot m \cdot OI$ på den vandrette akse, hvor n er heltal, der går fra 0 og opad (vi har her forudsat, at starttiden er 0).

Hvis man (for en vilkårlig model) laver en returafbildning for tiden (nr. 0 på plottemenuen), fås en række punkter, der ligger på en ret linje, som er hævet stykket $m \cdot OI$ over vinkelhalveringslinjen ($x=y$) i det kvadratiske plot. Denne vinkelhalveringslinje er altid tegnet op, fordi den viser de mulige "attraktorer". Hvis et punkt falder på denne linje, må de følgende punkter nødvendigvis ligge samme sted.

Returafbildninger er især af værdi for systemer, der er drevet udefra af et periodisk varierende felt. Returintervallet $m \cdot OI$ skal så være et helt multiplum af perioden for det ydre felt, d.v.s. man må sørge for at vælge output intervallet OI , så det er kommensurabelt med feltets periode.

For at vise, hvad det kan føre til, gennemgås i det følgende en udvidet pendulmodel ST.PENDUL, der også skal fungere som en kortfattet repetition af hele modelopbygningsproceduren. Vi starter med rate ligningerne:

```
280 RA(1)=LE(2)/I
290 RA(2)=-K*SIN(LE(1))-G*LE(2)+D+A*SIN(OMEGA*LE(0))
```

Det ses, at $RA(1)$ er uændret i forhold til den oprindelige pendulmodel, men til $RA(2)$ er der tilføjet 3 nye bidrag: et gnidningsled ($-G \cdot LE(2)$), et konstant drejningsmoment (D) og et periodisk drejningsmoment ($A \cdot \sin(OMEGA \cdot LE(0))$).

Ligningerne for de interne konstanter skrives nu:

```
175 TOPI=2*PI:OMEGA=TOPI*F
180 LE(1)=LE(1)-TOPI*INT(LE(1)/TOPI)
```

Vi har her udtrykt den interne konstant $OMEGA$ ved frekvensen F , der er en ekstern konstant. I ligning 180 normaliseres startværdien af udsvinget $LE(1)$ til at ligge i intervallet mellem 0 og $2 \cdot \pi$.

Endelig skrives output ligningerne:

```
220 U=LE(1)/TOPI:Y=U-INT(U)
230 W=LE(2)/I
```

Vi har her valgt U som en størrelse, der viser, hvor mange omgange, pendulet har drejet fra hvilepositionen ($LE(1)=0$), medens Y, det reducerede omdrejningstal, viser brøkdelen af en hel omdrejning. Endelig er vinkelhastigheden W her identisk med $RA(1)$ og måles altså i radianer pr. sekund.

Vi har her valgt at lade inertimomentet I og kraftkonstanten K være eksterne konstanter. Modellen har altså 6 eksterne konstanter og 3 output variable. På fig. 14 vises datatabellen, der opbygges som beskrevet i afsnit 6.

```
ST.PENDUL ( 715 SKRIDT)
LE( 0 )= 0           : Tid
LE( 1 )= 1.95290364   : UDSVING
LE( 2 )= 5.67382E-02  : IMP.MOM.
```

EKSTERNE KONSTANTER:

```
I= 1      INERTIMOMENT
K= 1      KRAFTKONSTANT
G= 1      GNIDNING
D= 1.05   DREJN.MOM.
F= 1      FREKVENNS
A= 1      AMPLITUDE
ANTAL CIFRE,   DG= 4
REFERENCE LEVEL, LR= 1
OUTPUT INTERVAL, OI= 1
```

OUTPUT VARIABLE:

```
U: OMDR.TAL
Y: RED.OMDR.TAL
W: VINKELHAST.
```

Fig. 14. Datatabellen for modellen ST.PENDUL.

Værdierne af level variablene, som er angivet på fig. 14, er fremkommet efter en indsvingning på følgende måde: Først er systemet startet med begyndelsesværdien 0 for begge levels og er integreret med tiden gående fra 0 til 20. Derefter er valgt punkt 1 på CTS menuen "ny kørsel" med starttiden 0, uændrede levels og stoptiden 50. Ved at vælge p. 1 i stedet for p. 2 på menuen har vi opnået 3 fordele:

1) Tiden kan starte forfra fra 0. Det ydre felt har jo perioden 1, så det får samme fase, når vi trækker et heltal fra tiden.

2) Programmet gennemløber området med interne konstanter, således at normaliseringen af LE(1) i linje 180 gennemføres.

3) Tabellen fig. 14 kan fås ud på printeren ved at vælge p. 1 på printmenuen, der indleder en ny kørsel.

På fig. 15 ses forløbet af kørslen. Denne figur er et screen dump, lavet efter et runskærm replay.

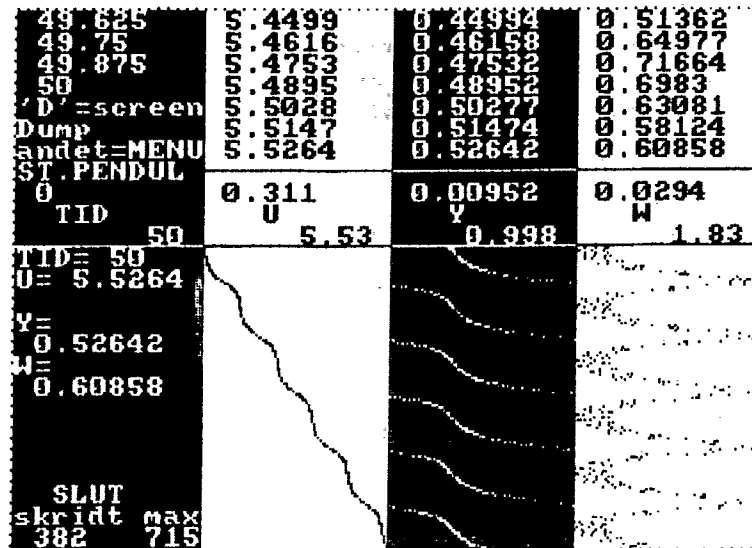


Fig. 15. Kørsel med modellen ST.PENDUL.

En returaftbildning af det reducerede omdrejningstal Y ses på næste figur. Her er valgt $m=1$, og skalaen er i forvejen sat med nedre grænse 0 og øvre grænse 1. Det ses, at prikkerne ligger på en glat kurve med en enkelt diskontinuitet.

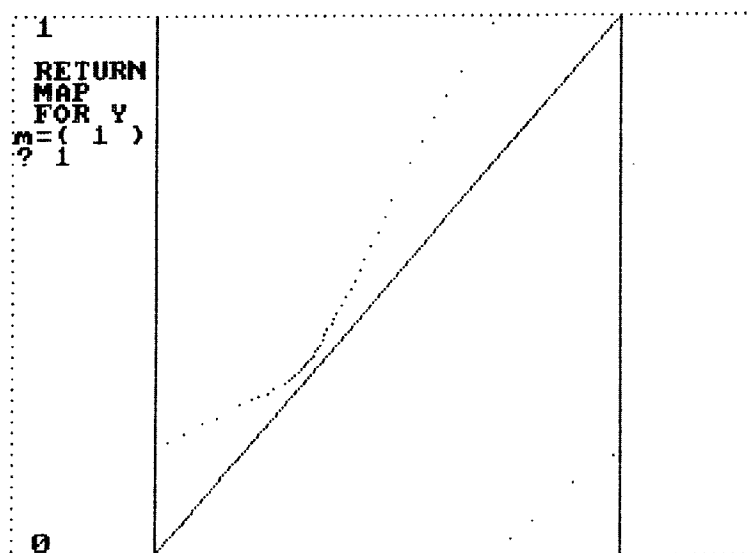


Fig. 16. Returaftbildning af Y med $m=1$.

Ved 2*tryk på K fås mulighed for en ny return map for samme variabel. Vi vælger nu $m=2$ og får i første omgang afsat prikker for tiderne 0,2,4,---,50. Et tryk på en tast (ikke D, som giver screen dump) får tilføjet prikker for tiderne 1,3,5,---,49, som lægger sig oveni samme kurve. Herefter kan laves screen dump, som ses på fig. 17. Tilsvarende vises på fig. 18 tilfældet $m=6$.

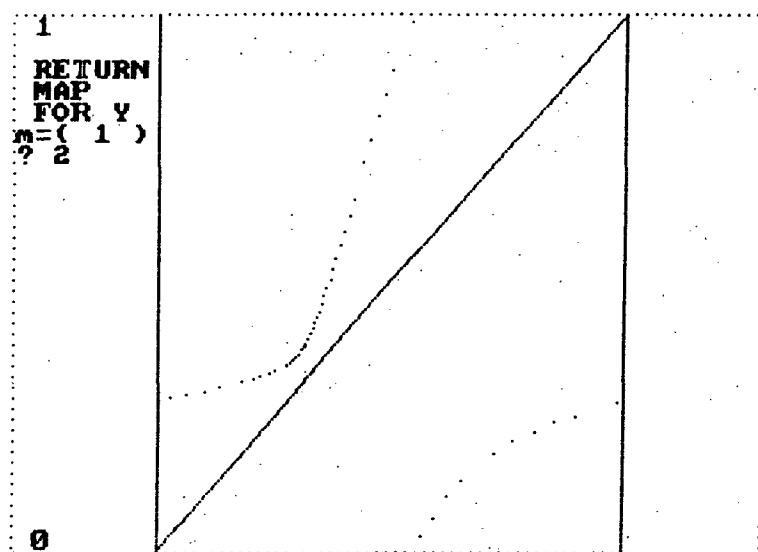


Fig. 17. Return map, $m=2$.

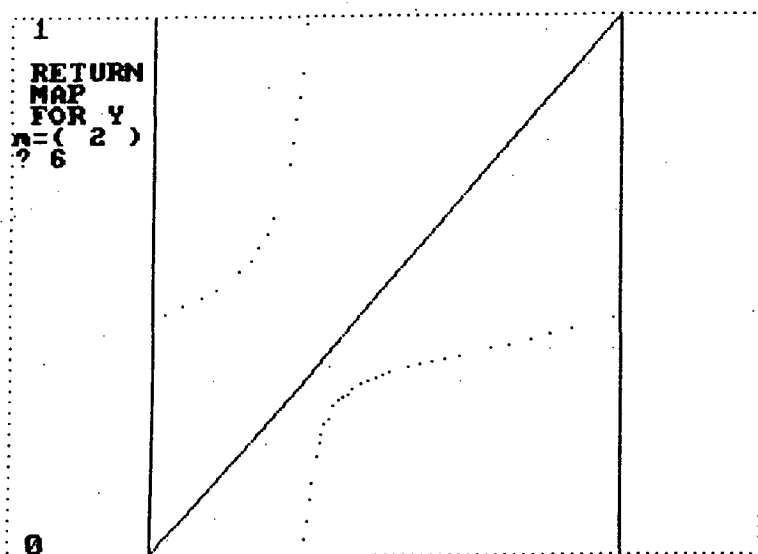


Fig. 18. Return map, $m=6$.

Den her fundne diskrete afbildning kaldes circle map. Fig. 16 er den grundlæggende afbildning og fig. 17 og 18 hhv. den 2. og 6. itererede afbildning.

19. Oversigt over programvariable.

I dette afsnit gives en liste over CTS programmets variable med angivelse af deres navne og en kommentar til deres anvendelse. Det er ikke nødvendigt at kende til disse ting ved normal brug af programmet, men hvis man vil lave ændringer i programmet, kan listen måske være til hjælp. Ligeledes kan man sikre sig, at en intern konstant eller en hjælpevariabel, der indføres i et brugerafsnit, ikke kan forveksles med en CTS variabel. Det sidste kan man dog som nævnt sikre sig imod ved altid at vælge navne til sådanne størrelser på mindst tre bogstaver, idet reelle CTS variable altid har to bogstaver i navnet.

De variable deles op i 1. reelle, 2. heltal og 3. streng - variable, og inden for hver af disse grupper opdeles i a. simple og b. indicerede variable (arrays).

1. Reelle variable.

a. Simple.

Navn.	Kommentar.
BP	
BR	Break flag (tryk på ESC under integration).
CB	
CL	
D1	
DA	
DD	Maximale relative fejl, $10^{(-DG)}$.
DG	Antal betydende cifre.
DL	Flag for diskret lagring.
DX	1-akse difference ved 3D projektion.
DY	2- - - - -
DZ	3- - - - -
F0	Stoppeflag.
F2	RK integrationsflag.
F3	- - - - -
F4	Flag for fordobling af skridtlængde.
F5	RK integrationsflag.
F6	Flag for halvering af skridtlængde.
F8	Flag for tilpasning af skridtlængde ved output.
FL	Flag for oprettet datafil.
HP	
HT	Flag for til- og frakobling af runskærm.
II	Talletal.
JJ	- - -
KK	- - -
LL	- - -
LR	Reference level.
ME	Mål for integrationsfejl. Hjælpeflag for diskret plot.
NC	Antal eksterne konstanter.
NL	Antal level variable.
NO	Antal output variable.

(liste 1.a. fortsat)

<u>Navn</u>	<u>Kommentar.</u>
NT	
NX	Nummer output var., 1-akse.
NY	- - - - - 2- -
NZ	- - - - - 3- -
PR	Printer flag.
QR	Valg på printmenu.
RE	Mål for relativ fejl.
SB	
SL	
SP	Stoptid.
SX	Hjælpevariabel for 3D-plot.
SY	- - - - -
SZ	- - - - -
TO	Starttid.
T1	
UT	Hjælpevariabel for integration og skridt-tilpasning.
X0	
X1	
X2	
X3	
XA	Det maximale antal skridt.
XP	
XS	Antal skridt ved afsluttet integration.
XX	Bl.a. skridttæller under integration.
Y0	
Y1	
Y2	
Y3	
YP	
Z0	
Z3	

1b. Indicerede reelle variable.

<u>Navn(dim).</u>	<u>Kommentar.</u>
GL(NL)	Hjælpe-rates.
L1(NL)	Hjælpe-levels.
LE(NL)	Levels. LE(0)=Tid.
LN(NL)	Styrings-levels.
M1(NO)	Minimumsværdier for output variable.
M2(NO)	Maximums - - - - -
M3(NO)	Nedre grænser for grafiske skalaer.
M4(NO)	Øvre - - - - -
OV(NO)	Output værdier.
PA(NC)	Parametre, d.v.s. talværdier af eksterne konstanter.
	PA(0)=output interval, OI.
RA(NL)	Rates. RA(0)=skridtlængde, DT.
RX(NO, XA)	Lagrede resultater (afrundede output værdier).

2. Heltalsvariable (alle simple).

<u>Navn.</u>	<u>Kommentar.</u>
bi%	Screen dump.
by%	- - - -
j%	- - - - og opsætning af runskærm.
k%	- - - - - - - - - -
l%	- - - - - - - - - -

3. Strengvariable.

a. Simple.

<u>Navn.</u>	<u>Kommentar.</u>
A\$	Input, kontrol af printer og skærm.
B\$	- - - - - - - - - -
C\$	- - - - - - - - - -
D\$	- - - - - - - - - -
MN\$	Modellens navn.

3b. Indicerede strengvariable.

<u>Navn(dim).</u>	<u>Kommentar.</u>
CC\$(NC)	Kommentarer til eksterne konstanter.
CL\$(NL)	- - - - - levels.
CN\$(NC)	Navne på eksterne konstanter.
CO\$(NO)	Kommentarer til output variable.
NV\$(NO)	Navne på output variable.

20. Programliste.

På de følgende sider bringes en fuldstændig liste af CTS programmet i dets seneste version (dato: 031185, d.v.s. 3. november 85).

Formålet med denne liste er ikke at gøre rede for programmets indre virkemåde eller at give et lærestykke i programmering. Der er ikke gjort noget særligt for at strukturere programmet med henblik på overskuelighed, bortset fra understregede REM sætninger, der fungerer som korte overskrifter til afsnittene. Brugeren advares mod at spille for megen tid på at gennemlæse programmet for at finde ud af, hvordan det virker; programmet må for min skyld gerne opfattes som en "black box", et stykke værktøj, der kan bruges til undersøgelse af modeller af virkelige systemer, der udvikler sig i den kontinuerte tid.

CTS er ikke et specifikt program til løsning af differentiaalligninger, men en generel systemteoretisk opskrift på simulation i kontinuert tid. Det er altså den foregående brugervejledning, der definerer, hvad CTS er for noget, og ikke den følgende liste, som blot er et eksempel på et program, der svarer til denne brugervejledning.

Listen kan benyttes til opdatering af programmet af brugere, som har fået en tidligere version, der ikke i alle detaljer opfører sig som beskrevet i denne vejledning. Adskillige tidligere versioner har indeholdt fejl, som nu er rettede. Eventuel fejlretning og forbedring af denne version kan muligvis foretages af brugeren ud fra den givne liste. Som hovedregel gælder, at den første del af programmet, før linje 422 (start på CTS menuen, C/S 3), er den mest urørlige, hvorimod anden del, efter linje 422 lettere kan modificeres uden fatale konsekvenser.

En hyppigt forekommende fejl skyldes, at brugeren i sine egne tanker er kommet til at skrive et tal på skærmen, som er et linjenummer i CTS programmet, og så har trykket på ENTER. Det fører til, at den pågældende linje slettes af programmet. Hvis der er manglende linjenumre mellem 1 og 597, som ikke hører til et af de reserverede brugerområder (62-99, 149-159, 171-199, 217-250, 270-349 og 352-400) er der sket en sådan utilsigtet sletning, og brugeren må genindføre den forsvundne linje ved hjælp af listen.

De specielle AMSTRAD finesser, f.eks. vinduer, som benyttes i programmet, vil kunne forstås, når man kigger i manualen for AMSTRADs BASIC. En enkelt ting, som er mere speciel, skal lige nævnes her: Det er sætningen CALL &BB18, som optræder flere steder. Den får maskinen til at holde pause, indtil der trykkes på en vilkårlig tangent. (WHILE INKEY\$="" : WEND).

Programliste, linje 1-41.

```
1 REM CTS 031185.
2 SYMBOL AFTER 90:SYMBOL 91,62,80,144,252,144,144,158,0:SYMB
OL 123,0,0,236,18,124,144,110,0:SYMBOL 92,58,108,206,214,230
,108,184,0:SYMBOL 124,0,2,124,206,214,230,124,128:SYMBOL 93,
24,36,126,102,102,126,102,0:SYMBOL 125,48,0,120,12,124,204,1
18,0
3 KEY DEF 15,1,128,140,140:KEY DEF 13,1,129,141,141:KEY DEF
14,1,130,142,142:KEY DEF 20,1,132,144,144:KEY DEF 12,1,133,1
45,145:KEY DEF 7,1,138,150,150:KEY DEF 6,1,139,151,151:KEY D
EF 5,1,131,143,143
4 A$=CHR$(13):KEY 140,"MODE 0"+A$:KEY 141,"MODE 1"+A$:KEY 14
2,"MODE 2"+A$:KEY 144,"SPEED WRITE 0"+A$:KEY 145,"SPEED WRIT
E 1"+A$:KEY 150,"LIST -"+CHR$(242):KEY 151,"GOTO 102"+A$:KEY
143,"GOTO 422"+A$:GOTO 60
5 JJ=ASC(UPPER$(CN$(II)))-64:ON JJ GOTO 6,7,8,9,10,11,12,13,
14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,32,
32
6 A=PA(II):RETURN
7 B=PA(II):RETURN
8 C=PA(II):RETURN
9 D=PA(II):RETURN
10 E=PA(II):RETURN
11 F=PA(II):RETURN
12 G=PA(II):RETURN
13 H=PA(II):RETURN
14 I=PA(II):RETURN
15 J=PA(II):RETURN
16 K=PA(II):RETURN
17 L=PA(II):RETURN
18 M=PA(II):RETURN
19 N=PA(II):RETURN
20 O=PA(II):RETURN
21 P=PA(II):RETURN
22 Q=PA(II):RETURN
23 R=PA(II):RETURN
24 S=PA(II):RETURN
25 T=PA(II):RETURN
26 U=PA(II):RETURN
27 V=PA(II):RETURN
28 W=PA(II):RETURN
29 X=PA(II):RETURN
30 Y=PA(II):RETURN
31 Z=PA(II):RETURN
32 PRINT CN$(II)+" kan ikke bruges som parameternavn":END
33 JJ=ASC(UPPER$(NV$(II)))-64:ON JJ GOTO 34,35,36,37,38,39,4
0,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59
34 OV(II)=A:RETURN
35 OV(II)=B:RETURN
36 OV(II)=C:RETURN
37 OV(II)=D:RETURN
38 OV(II)=E:RETURN
39 OV(II)=F:RETURN
40 OV(II)=G:RETURN
41 OV(II)=H:RETURN
```

Programliste, linje 42-111.

```

42 OV(II)=I:RETURN
43 OV(II)=J:RETURN
44 OV(II)=K:RETURN
45 OV(II)=L:RETURN
46 OV(II)=M:RETURN
47 OV(II)=N:RETURN
48 OV(II)=O:RETURN
49 OV(II)=P:RETURN
50 OV(II)=Q:RETURN
51 OV(II)=R:RETURN
52 OV(II)=S:RETURN
53 OV(II)=T:RETURN
54 OV(II)=U:RETURN
55 OV(II)=V:RETURN
56 OV(II)=W:RETURN
57 OV(II)=X:RETURN
58 OV(II)=Y:RETURN
59 OV(II)=Z:RETURN
60 RANDOMIZE TIME:DEF FNRN(X)=X*SQR(1.5*(1+SGN(RA(O)))*RA(O)
)*(RND(1)+RND(1)+RND(1)+RND(1)-2)
61 REM Brugere definerede funktioner, linje 62-99
100 VL=0:T0=0:DD=0:D1=0:SP=0:F0=0:F2=0:F3=0:F8=0:ME=0:UT=0:H
P=0:LL=0:RE=0:XS=0:X1=0:X2=0:Y1=0:Y2=0:NX=0:NY=0:NZ=0:X3=0:Y
3=0:Z3=0:DG=0:LR=0:XX=0:HT=0:SX=0:SY=0:SZ=0:DX=0:DY=0:DZ=0
101 DA=0:DL=0:BP=0:CL=0:CB=0:SL=0:SB=0:ZO=0:XP=0:YP=0:FL=0:X
0=0:YO=0:KK=0:NT=0:bi%=0:by%=0:l%=0:k%=0:j%=0:T1=0:QR=0:B$="
BB":MN$="Continuous Time Simulation":C$=MN$:D$=C$
102 BR=0:ON BREAK STOP:MODE 1:RAD:GOSUB 557:PRINT SPC(16)-CIN
T(LEN(MN$)/2))+ "*** "+MN$+" ***":PRINT:ZONE 20:WIDTH 80:PRIN
T SPC(12);"Funktionstaster:":PRINT SPC(6);"(tryk først CTRL
el. SHIFT)":PRINT
103 PRINT"'0'=MODE 0","'1'=MODE 1":PRINT"'2'=MODE 2","'3'=CT
S menu":PRINT"'4'=SPEED WRITE 0","'5'=SPEED WRITE 1":PRINT"'
.'=LIST -","'ENTER'=indledning"
104 PRINT:PRINT SPC(7);"Programmets brugerområder:":PRINT:PR
INT"Funktioner:","Linje 62-99":PRINT"NL Betingelser:","Linje
149-159"
105 PRINT"Interne konstanter:","Linje 171-199":PRINT"Output
variable:","Linje 217-250":PRINT"Rate ligninger:","Linje 270
-349":PRINT"Styring og støj:","Linje 352-400":PRINT
106 D$="BENYTTES PRINTER":GOSUB 578:PR=A$="J"
107 D$="ØNSKES INDLÆSNING FRA FIL":GOSUB 578:IF A$="N" THEN
115
108 OPENIN "":INPUT #9,MN$:INPUT #9,NL,NC,NO,XX,DG,LR:IF FL
THEN 110
109 DIM LE(NL),LN(NL),L1(NL),GL(NL),RA(NL),CL$(NL),PA(NC),CN
$(NC),CC$(NC),OV(NO),NV$(NO),CO$(NO),M1(NO),M2(NO),M3(NO),M4
(NO)
110 FOR II=0 TO NL:INPUT #9,LE(II):LN(II)=LE(II):L1(II)=LE(I
I):GL(II)=0:INPUT#9,CL$(II):NEXT:FOR II=0 TO NC:INPUT #9,CN$
(II):INPUT #9,CC$(II):INPUT #9,PA(II):NEXT
111 FOR II=0 TO NO:INPUT #9,NV$(II):INPUT#9,CO$(II):INPUT#9,
M3(II),M4(II):NEXT:CLOSEIN

```

C/S
FINDER→

Programliste, linje 112-146.

```

112 FOR II=1 TO NC:GOSUB 5:NEXT:DD=10^(-DG):D1=2*DD^0.4
113 IF NOT FL THEN GOSUB 510:DIM RX(NO,XA)
114 FL=-1:PRINT:IF XA<>XX THEN PRINT"ANT.SKRIDT RETTET FRA";
XX;" TIL";XA
115 XX=0:JJ=0:IF FL THEN 431
116 REM MODELDEFINITION
117 INPUT"MODELLENS NAVN";MN$:INPUT"ANTAL LEVELS";NL
118 DIM LE(NL),LN(NL),L1(NL),GL(NL),RA(NL),CL$(NL)
119 PRINT"KOMMENTARER TIL LEVEL VARIABLENE:";PRINT"LE(0)=Tid
":FOR II=1 TO NL:PRINT"LE(";II;:INPUT")";CL$(II):NEXT
120 INPUT"ANTAL KONSTANTER";NC:INPUT"ANTAL OUTPUT VARIABLE";
NO
121 DIM PA(NC),CN$(NC),CC$(NC),OV(NO),NV$(NO),M1(NO),M2(NO),
M3(NO),M4(NO),CO$(NO)
122 GOSUB 510:DIM RX(NO,XA)
123 PRINT"MAX";XA;"SKRIDT":IF NC=0 THEN 137
124 PRINT:PRINT"SKRIV LIGNINGER FOR DE EKSTERNE KONSTAN-TER
(EKS: R=5.3)":PRINT:FOR II=1 TO NC:IF CN$(II)<>"" THEN PRINT
CN$(II);"=";PA(II),CC$(II)
125 INPUT A$:IF A$="" THEN 127
126 CN$(II)=LEFT$(A$,1):PA(II)=VAL(RIGHT$(A$,LEN(A$)-2)):GOS
UB 5:INPUT"KOMMENTAR";CC$(II)
127 NEXT:II=FRE(""):IF NOT NC THEN 137
128 D$="RET KONSTANTER":GOSUB 578:IF A$="N" THEN 137
129 INPUT C$:B$=LEFT$(C$,2):A$=RIGHT$(B$,1)
130 JJ=3:IF A$="=" THEN JJ=2:B$=LEFT$(B$,1)
131 VL=VAL(RIGHT$(C$,LEN(C$)-JJ)):IF UPPER$(B$)="DG" THEN DG
=VL:GOTO 128
132 IF UPPER$(B$)="LR" THEN LR=VL:GOTO 128
133 IF UPPER$(B$)="OI" THEN PA(0)=VL:GOTO 128
134 FOR JJ=1 TO NC:IF CN$(JJ)=B$ THEN II=JJ:PA(II)=VL:GOTO 1
36
135 NEXT
136 GOSUB 5:GOTO 128
137 JJ=FRE(""):IF NOT FL THEN PRINT"OUTPUT-NAVNE (A-Z)":GOTO
143
138 D$="SKAL RESULTATER INDLÆSES FRA FIL":GOSUB 578:IF A$="N
" THEN 142
139 OPENIN"CTSRES":INPUT#9,DL,XS:FOR II=0 TO NO:INPUT#9,M1(I
I),M2(II):NEXT
140 XS=MIN(XS,XA):FOR XX=0 TO XS
141 FOR II=0 TO NO:INPUT#9,RX(II,XX):NEXT:NEXT:CLOSEIN:SP=RX
(0,XS):TO=RX(0,0):RA(0)=RX(0,XS-1)-RX(0,XS-2):GL(0)=RA(0):BR
=-1:GOTO 170
142 IF FL THEN 147
143 FOR II=1 TO NO:PRINT NV$(II);" ";CO$(II):INPUT A$:IF A$<
>"" THEN NV$(II)=A$:INPUT"KOMMENTAR";CO$(II) ELSE PRINT NV$(
II);" ";CO$(II)
144 NEXT:PRINT"ANTAL CIFRE, DG (";DG;")?";:GOSUB 585:DG=MAX(
DG,KK):PRINT"REFERENCE LEVEL, LR (";LR;")";:INPUT C$:IF C$<>
"" THEN LR=VAL(C$)
145 PRINT"OUTPUT INTERVAL, OI (";PA(0);")";:INPUT C$:IF C$<>
"" THEN PA(0)=VAL(C$)
146 CLS:KK=0:GOSUB 594:GOSUB 473

```

Programliste, linje 147-256.

```

147 TO=LE(0):PRINT"STARTTID (";TO;")";:INPUT C$:IF C$<>"" TH
EN TO=VAL(C$):LE(0)=TO
148 REM NL-BETINGELSER, LINJE 149-159
160 FOR II=1 TO NL:PRINT"LEVEL(";II;")=";LE(II),CL$(II):NEXT
161 D$="NYE VÆRDIER FOR LEVELS":GOSUB 578:IF A$="N" THEN 164
162 FOR II=1 TO NL:PRINT"LEVEL(";II;:INPUT")=";C$:IF C$<>""
THEN LE(II)=VAL(C$)
163 NEXT
164 DD=10^(-D6)
165 IF FL THEN 167
166 D$="SKAL DER OPRETTER EN FIL":GOSUB 578:IF A$="J" THEN G
OSUB 489
167 IF DD<0.000000001 THEN DD=0.000000001
168 D1=2*DD^0.4:PRINT"STOPTID (";SP;")";:INPUT C$:IF C$<>""
THEN SP=VAL(C$)
169 RA(0)=PA(0)/8:D$="LAGRING":GOSUB 582:DL=(A$="D")
170 REM INTERNE KONSTANTER, LINJE 171-199
200 IF SP=TO OR BR THEN 422
201 IF NOT PR THEN 205 ELSE PRINT"HVAD SKAL UD PÅ PRINTER?":
PRINT"0. INGENTING":PRINT"1. KUN KONSTANTER":PRINT"2. BÅDE K
ONSTANTER OG TABEL"
202 GOSUB 585
203 IF KK<0 OR KK>2 THEN 202 ELSE QR=KK
204 IF QR THEN KK=8:GOSUB 473
205 F4=0:F5=-1:F6=-1:OU=-1:LN(0)=LE(0)-PA(0):FOR II=1 TO NL:
LN(II)=LE(II):NEXT:GOSUB 559:PRINT"SPACE starter integration
, til- og frakobler runskærm":CALL &BB18
206 REM INTEGRATION STARTER
207 L1(0)=LE(0):FOR II=1 TO NL:LE(II)=LN(II):L1(II)=LN(II):G
L(II)=0:NEXT
208 F2=-1:F3=-1:ME=0:F8=0:IF NOT F5 THEN 266
209 FO=ABS((SP-LE(0))/PA(0))<DD:OU=OU OR FO:IF FO THEN LE(0)
=SP:GOTO 214
210 IF F4 THEN RA(0)=MIN(2*RA(0),PA(0))
211 IF ABS((LE(0)-LN(0))/PA(0))>1-DD THEN OU=-1:LE(0)=LN(0)+
PA(0):GOTO 214
212 IF ABS(SP-LE(0))<ABS(RA(0)) THEN GL(0)=RA(0):RA(0)=SP-LE
(0):F8=-1:GOTO 214
213 UT=LN(0)+PA(0)-LE(0):IF ABS(UT)<ABS(RA(0)) THEN GL(0)=RA
(0):RA(0)=UT:F8=-1
214 IF DL AND NOT OU THEN 266
215 IF (F4 OR F6) AND QR=2 THEN PRINT#8,"TID=";LE(0);"DT=";R
A(0)
216 REM OUTPUT VARIABLE, LINJE 217-250
251 OV(0)=LE(0):FOR II=1 TO NO:GOSUB 33:NEXT
252 IF OU THEN LN(0)=LE(0):IF QR=2 THEN PRINT#8:PRINT#8,"TID
=";LE(0):FOR II=1 TO NO:PRINT#8,"NV$(II);"=";OV(II):NEXT
253 FOR JJ=0 TO NO:VL=OV(JJ):GOSUB 565:RX(JJ,XX)=VL
254 IF LE(0)=TO THEN M1(JJ)=VL:M2(JJ)=VL ELSE M1(JJ)=MIN(M1(
JJ),VL):M2(JJ)=MAX(M2(JJ),VL)
255 NEXT:IF XX=XA THEN PRINT"IKKE MERE PLADS I LAGERET":SP=R
X(0,XX):M2(0)=SP:F0=-1:OU=-1
256 IF INKEY(47)=0 THEN HT=-1-HT:IF HT THEN PRINT"CTS regner
":PRINT"tryk SPACE for at få runskærm"

```

Programliste, linje 257-424.

```

257 IF HT THEN 264
258 FOR II=0 TO NT:PRINT#II,RX(II,XX):NEXT
259 YP=224*(SP-LE(0))/(SP-T0)
260 FOR II=1 TO NT:JJ=II+j%:IF M1(II)>M3(II) AND M2(II)<M4(I
I) THEN XP=M4(II)-M3(II):PLOT k%*(II+(OV(II)-M3(II))/XP),YP,
II:GOTO 263 ELSE XP=(M2(II)-M1(II))/2:MOVE k%*II,YP:DRAW k%*
(II+1),YP,II
261 DA=MAX(DG-2,0):IF M1(II)<=M3(II) THEN M3(II)=M1(II)-XP:L
OCATE#JJ,1,2:PRINT#JJ,B#+STRING$(I%," "):LOCATE#JJ,1,2:VL=M3
(II):GOSUB 565:PRINT#JJ,VL:GOTO 263
262 M4(II)=M2(II)+XP:VL=M4(II):GOSUB 565:LOCATE#JJ,1,4:PRINT
#JJ,B#+STRING$(I%,"_")+A$:LOCATE#JJ,MAX(I%-LEN(STR$(VL)),1),
4:PRINT#JJ,VL
263 DA=DG:NEXT
264 IF DU THEN GOSUB 589
265 XS=XX:IF FO THEN 417 ELSE XX=XX+1
266 OU=0:HP=RA(0)/3:LL=-3:F4=0:F6=0:ON BREAK GOSUB 596:IF BR
THEN 597
267 REM RK TERMINAL
268 F5=(LL=3):UT=0.375*RA(0)/ABS(LL)
269 REM RATE LIGNINGER, LINJE 270-349
350 REM STYRING OG STØJ, LINJE 352-400
351 IF NOT F5 THEN 401
401 FOR II=1 TO NL:RA(II)=UT*RA(II):LN(II)=LN(II)+RA(II):IF
F5 THEN 405
402 RA(II)=RA(II)/0.375:IF F2 THEN 404
403 VL=ABS(LN(II))+LR:RE=ABS((3*GL(II)-RA(II))/VL):ME=MAX(RE
,ME)
404 GL(II)=RA(II)-2*GL(II):LE(II)=LE(II)+GL(II)
405 NEXT:IF NOT F5 THEN 408
406 IF F8 THEN RA(0)=GL(0)
407 GOTO 207
408 IF F2 THEN 414
409 F2=-1:IF ME>D1 THEN 412
410 IF ME<D1/9 THEN F4=-1
411 GOTO 414
412 LE(0)=L1(0):FOR II=1 TO NL:LN(II)=L1(II):NEXT
413 RA(0)=RA(0)/2:F6=-1:GOTO 207
414 IF F3 THEN F2=0
415 F3=0:LL=LL+2:LE(0)=LE(0)+HP:GOTO 268
416 REM RK SLUT
417 LOCATE#j%,3,16:PRINT#j%,"SLUT"
418 IF HT THEN CLS
419 IF PR THEN PRINT"'D'=screenDump":PRINT"andet=MENU"; ELSE
PRINT"tryk tast":PRINT"for MENU";
420 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 420
421 IF PR THEN IF A$="D" OR A$="d" THEN GOSUB 478:GOTO 420
422 BR=0:ON BREAK STOP:MODE 1:RAD:FL=-1:GOSUB 557:GOSUB 594:
ME=DL
423 FOR II=0 TO NO:M3(II)=M1(II)-DD:M4(II)=M2(II)+DD:NEXT:PR
INT:PRINT SPC(12);"*** CTS MENU ***":PRINT:PRINT" ANGIV NUMM
ER FOR DET VIDERE FORLØB:":PRINT
424 PRINT" 1 - Ny kørsel":PRINT" 2 - Videre fra nuværende ti
lstand"

```

C/S 3 →

Programliste, linje 425-458.

```
425 PRINT " 3 - Grafisk menu":PRINT " 4 - Runskærm replay":PRI
NT " 5 - Trykt liste"
426 PRINT " 6 - Opret fil":PRINT " 7 - Ret data":PRINT " 8 - Ti
lbage til indledningen"
427 GOSUB 585
428 ON KK GOTO 431,432,438,569,512,430,429,102,422
429 FL=0:GOTO 123
430 GOSUB 488:GOTO 422
431 DL=0:XX=0:KK=0:GOSUB 473:GOTO 128
432 PRINT"STARTTID=";LE(0)
433 D$="FORTSAT LAGRING":GOSUB 578
434 PRINT"STOPTID (";SP;")=";:INPUT C$:IF C$<>" " THEN SP=VAL
(C$)
435 IF A$="N" THEN TO=LE(0):XX=0:GOTO 205
436 GOSUB 559:FOR XX=0 TO XS:GOSUB 576:NEXT:XX=XS:IF SP=LE(0
) THEN 417 ELSE FO=0:OU=-1:F2=-1:F3=-1:ME=0:F8=0:GOTO 264
437 REM grafisk menu
438 LL=1:NZ=-1:UT=0:INK 0,24:PAPER 0:INK 1,0:PEN 1:MODE 1:PL
OT 0,0,1:PRINT SPC(10);"*** Grafisk menu ***":PRINT:PRINT"ST
YRETANGENTER: ($: kun efter tegning)":PRINT
439 PRINT SPC(16);"'P'=Plot":PRINT SPC(16);"'S'=Skalering":I
F NO>1 THEN PRINT SPC(16);"'F'=Flere på samme plot":PRINT SP
C(16);"'3'=3D projektion"
440 PRINT SPC(16);"'C'=CTS menu":PRINT SPC(14);"$ 'K'=Koo+pl
ot (gent.)":PRINT SPC(14);"$ 'G'=Grafisk menu":IF PR THEN PR
INT SPC(14);"$ 'D'=screen Dump"
441 GOTO 463
442 REM alm. plot (2D)
443 PRINT:KK=1:IF A$="F" THEN PRINT"Antal variable på lodret
akse?";:GOSUB 585
444 GOSUB 591:PRINT"ANGIV NUMRE FOR VANDRET OG LODRET AKSE":
PRINT"(Hvis samme tal vælges for de to akser fås Return Map
, y(n*m*OI)-y((n+1)*m*OI))":PRINT
445 FOR II=0 TO NO:PRINT SPC(10);II;": ";NV$(II);" "+CO$(II
):NEXT
446 PRINT:LL=KK:PRINT"VANDRET AKSE?";:GOSUB 585:NX=KK
447 PRINT"LODRET AKSE?";:IF LL>1 THEN PRINT" (";LL;" CIFRE)"
;:INPUT D$:NY=ASC(LEFT$(D$,1))-48:D$=RIGHT$(D$,LEN(D$)-1) EL
SE GOSUB 585:NY=KK
448 MODE 1
449 X1=M3(NX):X2=M4(NX):Y1=M3(NY):Y2=M4(NY)
450 XO=X2-X1:YO=Y2-Y1:IF XO=0 THEN XO=2*DD:X1=X1-DD:X2=X2+DD
451 IF YO=0 THEN YO=2*DD:Y1=Y1-DD:Y2=Y2+DD
452 DA=MAX(MIN(DG-2,3),0):VL=X1:GOSUB 565:X1=VL:VL=X2:GOSUB
565:X2=VL:VL=Y1:GOSUB 565:Y1=VL:VL=Y2:GOSUB 565:Y2=VL:X0=X2-
X1:YO=Y2-Y1
453 IF NX=NY THEN GOSUB 499:GOTO 463
454 LOCATE 18,25
455 PRINT NV$(NX)
456 LOCATE 1,25:PRINT CHR$(204);X1:LOCATE 39-LEN(STR$(X2)),2
5:PRINT X2
457 IF LL=1 THEN LOCATE 1,12 ELSE LOCATE 1,MAX(CINT((Y2-RX(N
Y,0))*25/YO),1)
458 PRINT NV$(NY)
```

Programliste, linje 459-493.

```
459 LOCATE 1,24:PRINT Y1:LOCATE 1,1:PRINT Y2
460 FOR JJ=0 TO XS:XP=MAX(MIN((RX(NX,JJ)-X1)*640/X0,639),0):
YP=MAX(MIN((RX(NY,JJ)-Y1)*400/Y0,399),0):IF ME OR JJ=0 THEN
PLOT XP,YP ELSE DRAW XP,YP
461 NEXT:IF LL>1 AND LEN(D$)>0 THEN NY=ASC(LEFT$(D$,1))-48:D
$=RIGHT$(D$,LEN(D$)-1):GOTO 449 ELSE UT=-1
462 REM Valg efter kurvetegning
463 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 463
464 A$=UPPER$(A$):IF A$="P" OR A$="F" THEN CLS:GOTO 443
465 IF A$="S" THEN 526
466 IF NL>1 AND A$="3" THEN 531
467 IF A$="C" THEN 422 ELSE IF NOT UT THEN 463
468 IF PR AND A$="D" THEN GOSUB 478
469 IF A$="G" THEN 438
470 IF A$<>"K" THEN 463
471 IF NZ<0 THEN 453 ELSE 540
472 REM PRINT KONSTANTER OG NAVNE
473 PRINT#KK,MN$;" (";XA;"SKRIDT)":FOR II=0 TO NL:PRINT#KK,"
LE(";II;" )="";LE(II);TAB(22);" : ";CL$(II):NEXT:PRINT#KK
474 PRINT#KK,CC$(0):FOR II=1 TO NC:PRINT#KK,CN$(II);"=";PA(I
I);TAB(15);CC$(II):NEXT
475 PRINT#KK,"ANTAL CIFRE,      DG=";DG:PRINT#KK,"REFERENCE L
EVEL, LR=";LR:PRINT#KK,"OUTPUT INTERVAL, OI=";PA(0):PRINT#KK
476 PRINT#KK,CO$(0):FOR II=1 TO NO:PRINT#KK,NV$(II)+": "+CO$
(II):NEXT:RETURN
477 REM Screen dump, 200*320.
478 A$=CHR$(27):C$=A$+"KP"+CHR$(0)+CHR$(8):D$=CHR$(8)+STRING
$(6,CHR$(0))+CHR$(13):PRINT#8,A$+"@":PRINT#8,A$+"P"+CHR$(0)+
A$+"3"+CHR$(11)+A$+">":PRINT#8,C$;BY%=&FF80
479 FOR k%=0 TO 24:bi%=by%-80*k%:FOR j%=0 TO 7:PRINT#8,CHR$(
PEEK(bi%)016-16*(j% MOD 4=1));bi%=bi%&-800:NEXT:NEXT:PRINT#
8,D$
480 FOR l%=1 TO 79:by%=&FF80+l%:PRINT#8,C$;
481 FOR k%=0 TO 24:bi%=by%-80*k%
482 FOR j%=0 TO 7:PRINT#8,CHR$(PEEK(bi%)016);bi%=bi%&-800:N
EXT
483 NEXT:PRINT#8,D$:NEXT
484 PRINT#8,C$;FOR k%=0 TO 199
485 PRINT#8,CHR$(-8*(k% MOD 4=1));NEXT
486 PRINT#8,D$+A$+"@":RETURN
487 REM OPRET DATAFIL
488 D$="HURTIG":GOSUB 578:IF A$="J" THEN SPEED WRITE 1 ELSE
SPEED WRITE 0
489 JJ=FRE(""):OPENOUT MN$:PRINT #9,MN$:PRINT #9,NL,NC,NO,XA
,DG,LR
490 FOR II=0 TO NL:PRINT #9,LE(II):PRINT#9,CL$(II):NEXT:FOR
II=0 TO NC:PRINT #9,CN$(II):PRINT#9,CC$(II):PRINT #9,PA(II):
NEXT
491 FOR II=0 TO NO:PRINT#9,NV$(II):PRINT#9,CO$(II):PRINT#9,M
3(II),M4(II):NEXT
492 CLOSEOUT:IF NOT FL OR XS<2 THEN 497
493 D$="SKAL DER OGSÅ LAVES RESULTATFIL":GOSUB 578:IF A$="N"
THEN 497
```

Programliste, linje 494-529.

```
494 OPENOUT"CTSRES":PRINT#9,DL,XS:FOR KK=0 TO NO:PRINT#9,M1(
KK),M2(KK):NEXT
495 FOR XX=0 TO XS
496 FOR KK=0 TO NO:PRINT#9,RX(KK,XX):NEXT:NEXT:CLOSEOUT
497 FL=-1:RETURN
498 REM RETURN MAP
499 CLS:PRINT Y2:PRINT:PRINT" RETURN":PRINT" MAP":PRINT" FOR
";NV$(NY):PRINT"m=(";LL;")":INPUT A$:IF A$<>" " THEN LL=VAL(
A$)
500 LOCATE 1,25:PRINT Y1:MOVE 120,0:DRAW 120,400:MOVE 520,0:
DRAW 520,400:DRAW 120,0
501 KK=LL:FOR II=0 TO LL-1:T1=RX(0,KK-LL):X1=RX(NY,KK-LL)
502 FOR JJ=KK TO XS:Z3=(RX(0,JJ)-T1)/PA(0):IF ABS(Z3-CINT(Z3
))>DD THEN 505
503 IF Z3<1.5 THEN Y3=JJ
504 IF CINT(Z3) MOD LL=0 THEN X2=RX(NY,JJ):PLOT 120+400*(X1-
Y1)/Y0,400*(X2-Y1)/Y0:X1=X2
505 NEXT:KK=Y3+LL
506 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 506
507 A$=UPPER$(A$):IF A$="D" THEN GOSUB 478:GOTO 506
508 NEXT:UT=-1:RETURN
509 REM Beregning af antal skridt, XA:
510 XA=INT((FRE("")/5-6*(NC+NO)-900)/(1+NO)):RETURN
511 REM TRYKT LISTE
512 JJ=0:IF NOT DL THEN D$="LISTE":GOSUB 582:B$=A$
513 KK=0:IF PR THEN D$="PA PRINTER":GOSUB 578:IF A$="J" THEN
KK=8
514 IF DL OR B$<>"K" THEN 517 ELSE PRINT"ANGIV (0/1) OM FLG.
VARIABLE SKAL LISTES":FOR II=1 TO NO:PRINT NV$(II);
515 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 515
516 M3(II)=ASC(A$)>=48:PRINT ABS(M3(II)):NEXT:GOTO 521
517 WHILE INKEY$="" AND JJ<=XS:NT=(RX(0,JJ)-T0)/PA(0):IF NT>
INT(NT) THEN 520
518 PRINT #KK:PRINT #KK,"TID=";RX(0,JJ)
519 FOR II=1 TO NO:PRINT #KK,NV$(II);"=";RX(II,JJ):NEXT II
520 JJ=JJ+1:WEND:CALL &BB18:IF JJ<=XS THEN 517 ELSE 422
521 MODE 2:PRINT#KK," TID";:LL=1:FOR II=1 TO NO:IF M3(II)
THEN PRINT#KK,TAB(15*LL+5);NV$(II);:LL=LL+1
522 NEXT:PRINT#KK
523 WHILE INKEY$="" AND JJ<=XS:PRINT#KK,RX(0,JJ);:LL=1:FOR I
I=1 TO NO:IF M3(II) THEN PRINT#KK,TAB(15*LL);RX(II,JJ);:LL=L
L+1
524 NEXT:PRINT#KK:JJ=JJ+1:WEND:CALL &BB18:IF JJ<=XS THEN 523
ELSE 422
525 REM Skalering af plot
526 CLS:PRINT SPC(15);"skalering":PRINT:FOR II=0 TO NO
527 PRINT NV$(II):PRINT" FRA (";M3(II);")";:INPUT C$:IF C$<>"
" THEN M3(II)=VAL(C$)
528 PRINT" TIL (";M4(II);")";:INPUT C$:IF C$<>" " THEN M4(II)=
VAL(C$)
529 NEXT:GOTO 438
```


Programliste, linje 530-561.

```
530 REM 3D-grafik
531 DEG:MODE 1:PRINT SPC(13);"3D-PROJEKTION":GOSUB 591:PRINT
"Koordinatsystemet styres med cursortang.Kurvetegning efter
tryk på 'COPY'.":PRINT"ANGIV NUMRE FOR DE TRE AKSER"
532 PRINT:FOR II=0 TO NO:PRINT SPC(10);II;" ":NV$(II);"+
CO$(II):NEXT
533 PRINT:PRINT"1-AKSE?";:GOSUB 585:NX=KK:PRINT"2-AKSE?";:GO
SUB 585:NY=KK:PRINT"3-AKSE?";:GOSUB 585:NZ=KK:SX=(M3(NX)+M4(
NX))/2:DX=M4(NX)-M3(NX):SY=(M3(NY)+M4(NY))/2:DY=M4(NY)-M3(NY
):SZ=(M3(NZ)+M4(NZ))/2:DZ=M4(NZ)-M3(NZ)
534 BP=19.47122:LP=-69.295189
535 SB=SIN(BP):CB=COS(BP):SL=SIN(LP):CL=COS(LP)
536 IF BP>90 THEN BP=180-BP:LP=LP+180
537 IF BP<-90 THEN BP=-180-BP:LP=LP-180
538 IF LP>180 THEN LP=LP-360
539 IF LP<-180 THEN LP=LP+360
540 MODE 1:X1=0:Y1=0:PRINT"længde:":CINT(LP):PRINT"bredde:":
CINT(BP)
541 FOR X0=0 TO 1:FOR Y0=0 TO 1:FOR Z0=0 TO 1:X3=X0-0.5:Y3=Y
0-0.5:Z3=Z0-0.5:GOSUB 554:GOSUB 555:NEXT:NEXT:NEXT
542 X3=-0.5:Y3=X3:Z3=X3:GOSUB 554:X2=320+218*X2/X1:Y2=200*(1
+Y2/Y1):MOVE X2,Y2:XP=-109*SL:YP=-100*SB*CL:II=NX:GOSUB 551
543 MOVE X2,Y2:XP=109*CL:YP=-100*SB*SL:II=NY:GOSUB 551
544 MOVE X2,Y2:XP=0:YP=100*CB:II=NZ:GOSUB 551
545 IF INKEY(8)=0 THEN LP=LP-15:GOTO 535 ELSE IF INKEY(2)=0
THEN BP=BP-15:GOTO 535
546 IF INKEY(1)=0 THEN LP=LP+15:GOTO 535 ELSE IF INKEY(0)=0
THEN BP=BP+15:GOTO 535
547 IF INKEY(9) THEN 545
548 FOR JJ=0 TO XS:X0=RX(NX,JJ):Y0=RX(NY,JJ):Z0=RX(NZ,JJ):GO
SUB 553:XP=320+218*X2/X1:YP=200*(1+Y2/Y1):IF ME OR JJ=0 THEN
PLOT XP,YP ELSE DRAW XP,YP
549 NEXT:UT=-1
550 GOTO 463
551 DRAWR XP,YP:MOVER -8,8:X3=16/SQR(XP*XP+YP*YP):MOVER XP*X
3,YP*X3:TAG:PRINT NV$(II);
552 TAGOFF:RETURN
553 X3=(X0-SX)/DX:Y3=(Y0-SY)/DY:Z3=(Z0-SZ)/DZ
554 X2=CL*Y3-SL*X3:Y2=CB*Z3-SB*(CL*X3+SL*Y3):RETURN
555 X1=MAX(X1,X2):Y1=MAX(Y1,Y2):RETURN
556 REM Normale farver
557 BORDER 1:INK 0,1:INK 1,24:PAPER 0:PEN 1:RETURN
558 REM Opsætning af run-skærm
559 HT=0:NT=MIN(NO,3):A$=CHR$(22)+CHR$(1):B$=CHR$(22)+CHR$(0
):MODE 1:BORDER 15:INK 0,24:INK 1,20:INK 2,6:INK 3,1:1%=INT(
40/(NT+1)):k%=16*1%:j%=NT+1:C$=STRING$(12*1%," ")
560 FOR II=0 TO NT:WINDOW#II,1%*II+1,1%*(II+1),1,7:WINDOW#II
+j%,1%*II+1,1%*(II+1),8,25:PAPER#II,3-II:PAPER#II+j%,3-II:CL
S#II:CLS#II+j%:PEN#II,II:PEN#II+j%,II:NEXT
561 DA=DG:MOVE k%,280:FOR II=1 TO NT:DRAW (II+1)*k%,280,II:N
EXT:MOVE 0,224:FOR II=0 TO NT:DRAW (II+1)*k%,224,II:NEXT:PRI
NT#j%,MN$:M3(0)=TO:M4(0)=SP
```

Programliste, linje 562-597.

```

562 DA=MAX(DA-2,0):FOR II=j% TO j%+NT:JJ=II-j%:PRINT#II,A$:L
OCATE#II,1,2:VL=M3(JJ):GOSUB 565:PRINT#II,VL:LOCATE#II,INT((
1%-1)/2)+(JJ=0),3:PRINT#II,NV$(JJ):VL=M4(JJ):GOSUB 565:LOCAT
E#II,MAX(1%-LEN(STR$(VL)),1),4:PRINT#II,VL:NEXT
563 DA=DG:LOCATE#j%,1,17:PRINT#j%,"skridt":LOCATE#j%,1%-2,17
:PRINT#j%,"max";B$:LOCATE#j%,1%-3,18:PRINT#j%,USING"####";XA
;:RETURN
564 REM Afrunding af VL til DA+1 betydende cifre
565 IF VL THEN KK=SGN(VL)*10^(INT(LOG10(ABS(VL)))):VL=KK*ROU
ND(VL/KK,DA)
566 IF ABS(VL)<=DD THEN VL=0
567 RETURN
568 REM Runskærm replay
569 FO=-1:PRINT"replay startes og stoppes ved tryk på":PRINT
"vilk.tast, undt.'O' som sætter farten op":CALL &BB18:GOSUB
559
570 FOR XX=0 TO XS
571 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 573
572 IF A$="O" THEN FO=0 ELSE CALL &BB18:FO=-1
573 IF FO THEN GOSUB 576:FOR II=0 TO NT:PRINT#II,RX(II,XX):N
EXT
574 JJ=(RX(0,XX)-TO)/PA(0):IF ABS(JJ-CINT(JJ))<DD THEN GOSUB
589
575 NEXT:CALL &BB18:GOTO 417
576 YP=224*(SP-RX(0,XX))/(SP-TO):FOR II=1 TO NT:JJ=II+j%:XP=
M4(II)-M3(II):PLOT K%*(II+(RX(II,XX)-M3(II))/XP),YP,II:NEXT:
RETURN
577 REM J/N svar
578 PRINT D$+" (J/N)?"
579 A$=UPPER$(INKEY$):IF A$<>"J" AND A$<>"N" THEN 579
580 PRINT A$:RETURN
581 REM D/K svar
582 PRINT"DISKRET/KONTINUERT "+D$+" (D/K)?"
583 A$=UPPER$(INKEY$):IF A$="D" OR A$="K" THEN 580 ELSE 583
584 REM NUMERISK INPUT
585 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 585
586 KK=ASC(A$)-48:IF KK=-35 THEN RETURN
587 IF KK<0 OR KK>9 THEN 585 ELSE PRINT KK:RETURN
588 REM TABELVINDUE
589 LOCATE#j%,1,5:PRINT#j%,C$;:LOCATE#j%,1,5:FOR II=0 TO NO:
PRINT#j%,NV$(II)+"=";RX(II,XX):NEXT:LOCATE#j%,1,18:PRINT#j%,
USING"####";XX:RETURN
590 REM PRIK ELLER STREG
591 IF ME THEN D$="TEGNING":GOSUB 582:ME=(A$="D")
592 RETURN
593 REM SKEMATEKSTER
594 CL$(0)="Tid":CC$(0)="EKSTERNE KONSTANTER:":NV$(0)="TID":
CO$(0)="OUTPUT VARIABLE:":CN$(0)="NAVNE":II=FRE(""):RETURN
595 REM BREAK
596 BR=-1:RETURN
597 BR=0:ON BREAK STOP:END:GOTO 266

```

21. Efterskrift.

Programmet CTS er langsomt vokset i takt med udviklingen af de programmerbare lommeregnere og mikrocomputerne. I begyndelsen af halvfjerdsenerne benyttede jeg bl.a. simulationssproget DYNAMO på RECKUS store anlæg, men da de programmerbare lommeregnere kom frem, opdagede jeg de fordele i modelarbejdet, som følger af begrænsningens kunst og muligheden for fuld indsigt i en kørsel og mulighed for øjeblikkelige indgreb.

Jeg vil gerne her takke Søren Bach Jensen, som dengang var stud. scient. og som i forbindelse med et projekt om modelopstilling ved hjælp af små programmerbare lommeregnere opfandt en speciel hurtig og pladsøkonomisk 4. ordens Runge Kutta integrationsmetode. Denne algoritme kan stadig skimtes mellem linje 267 og 415 i den nuværende version af CTS. Egentlig "kontinuert tid" blev det jo først, da algoritmen blev indrettet til variabel skridtlængde, og sådan har den været anvendt på flere lommeregnere, senest HP 41, som muliggjorde konceptet med de brugerdefinerede eksterne konstanter og output variable. Jeg har sammenlignet den utraditionelle integrationsmetode, som her benyttes med mere gangse metoder, bl.a. RUNGE KUTTA ENGLAND og har fundet, at den klarer sig godt i konkurrencen.

CTS har også eksisteret i en COMAL version til en DDE computer med grafisk plotter og i en semigrafisk version til VIC 20. AMSTRAD maskinen har muliggjort en langt mere udbygget grafik, takket være mulighederne for fri blanding af tekst og grafik og vinduerne på skærmen. Det er naturligvis også en fordel med et rimeligt stort lager; mindre end de 64 kbytes, som AMSTRAD'en har, vil være for lidt til et program af den nuværende størrelse, når der også skal være plads til lagring af resultaterne.

Jeg vil gerne takke Torsten Meyer, som har anvendt systemdynamiske metoder i gymnasieundervisningen i fysik og matematik, for mange diskussioner og for hans interesse i udviklingen af CTS. Desuden vil jeg takke Anders H. Madsen og Morten Blomhøj for gode råd og kritik og Morten V. Christiansen for en kritisk gennemlæsning af manuskriptet til denne brugervejledning.

- 1/78 "TANKER OM EN PRAKSIS" - et matematikprojekt.
Projektrapport af Anne Jensen, Lena Lindenskov, Marianne Kesselhahn og Nicolai Lomholt.
Vejleder: Anders Madsen.
- 2/78 "OPTIMERING" - Menneskets forøgede beherskelsesmuligheder af natur og samfund.
Projektrapport af Tom J. Andersen, Tommy R. Andersen, Gert Kreinøe og Peter H. Lassen.
Vejleder: Bernhelm Booss.
- 3/78 "OPGAVESAMLING", breddekursus i fysik.
Lasse Rasmussen, Aage Bonde Kræmmer, Jens Højgaard Jensen.
Nr. 3 er a jour ført i marts 1984
- 4/78 "TRE ESSAYS" - om matematikundervisning, matematiklæreruddannelsen og videnskabsrindalismen.
Mogens Niss.
Nr. 4 er p.t. udgået.
- 5/78 "BIBLIOGRAFISK VEJLEDNING til studiet af DEN MODERNE FYSIKS HISTORIE".
Helge Kragh.
Nr. 5 er p.t. udgået.
- 6/78 "NOGLE ARTIKLER OG DEBATINDLÆG OM - læreruddannelse og undervisning i fysik, og - de naturvidenskabelige fags situation efter studenteroprøret".
Karin Beyer, Jens Højgaard Jensen og Bent C. Jørgensen.
- 7/78 "MATEMATIKKENS FORHOLD TIL SAMFUNDSØKONOMIEN".
B.V. Gnedenko.
Nr. 7 er udgået.
- 8/78 "DYNAMIK OG DIAGRAMMER". Introduktion til energy-bond-graph formalismen.
Peder Voetmann Christiansen.
- 9/78 "OM PRAKSIS' INDFLYDELSE PÅ MATEMATIKKENS UDVIKLING". - Motiver til Kepler's: "Nova Stereometria Doliorum Vinariorum".
Projektrapport af Lasse Rasmussen.
Vejleder: Anders Madsen.
-
- 10/79 "TERMODYNAMIK I GYMNASIET".
Projektrapport af Jan Christensen og Jeanne Mortensen.
Vejledere: Karin Beyer og Peder Voetmann Christiansen.
- 11/79 "STATISTISKE MATERIALER"
red. Jørgen Larsen
- 12/79 "LINEÆRE DIFFERENTIALLIGNINGER OG DIFFERENTIALLIGNINGSSYSTEMER".
Mogens Brun Heefelt
Nr. 12 er udgået
- 13/79 "CAVENDISH'S FORSØG I GYMNASIET".
Projektrapport af Gert Kreinøe.
Vejleder: Albert Chr. Paulsen

14/79 "BOOKS ABOUT MATHEMATICS: History, Philosophy, Education, Models, System Theory, and Works of Reference etc. A Bibliography".

Else Høyrup.

Nr. 14 er p.t. udgået.

15/79 "STRUKTUREL STABILITET OG KATASTROFER i systemer i og udenfor termodynamisk ligevægt".

Specialeopgave af Leif S. Striegler.

Vejleder: Peder Voetmann Christiansen.

16/79 "STATISTIK I KRÆFTFORSKNINGEN".

Projektrapport af Michael Olsen og Jørn Jensen.

Vejleder: Jørgen Larsen.

17/79 "AT SPØRGE OG AT SVARE i fysikundervisningen".

Albert Christian Paulsen.

18/79 "MATHEMATICS AND THE REAL WORLD", Proceedings of an International Workshop, Roskilde University Centre, Denmark, 1978. Preprint.

Bernhelm Booss & Mogens Niss (eds.).

19/79 "GEOMETRI, SKOLE OG VIRKELIGHED".

Projektrapport af Tom J. Andersen, Tommy R. Andersen og Per H.H. Larsen..

Vejleder: Mogens Niss.

20/79 "STATISTISKE MODELLER TIL BESTEMMELSE AF SIKRE DOSER FOR CARCINOGENE STOFFER".

Projektrapport af Michael Olsen og Jørn Jensen.

Vejleder: Jørgen Larsen.

21/79 "KONTROL I GYMNASIET - FORMÅL OG KONSEKVENSER".

Projektrapport af Crilles Bacher, Per S. Jensen, Preben Jensen og Torben Nysteen.

22/79 "SEMIOTIK OG SYSTEMEGENSKABER (1)".

1-port lineært response og støj i fysikken.

Peder Voetmann Christiansen.

23/79 "ON THE HISTORY OF EARLY WAVE MECHANICS - with special emphasis on the role of reality".

24/80 "MATEMATIKOPFATTELSE HOS 2.G'ERE".

a+b 1. En analyse. 2. Interviewmateriale.

Projektrapport af Jan Christensen og Knud Lindhardt Rasmussen.

Vejleder: Mogens Niss.

Nr. 24 a+b er p.t. udgået.

25/80 "EKSAMENSOPGAVER", Dybdemodulet/fysik 1974-79.

26/80 "OM MATEMATISKE MODELLER".

En projektrapport og to artikler.

Jens Højgaard Jensen m.fl.

27/80 "METHODOLOGY AND PHILOSOPHY OF SCIENCE IN PAUL DIRAC'S PHYSICS".

Helge Kragh.

28/80 "DIELEKTRISK RELAXATION - et forslag til en ny model bygget på væskernes viscoelastiske egenskaber".

Projektrapport, speciale i fysik, af Gert Kreinøe.

Vejleder: Niels Boye Olsen.

- 29/80 "ODIN - undervisningsmateriale til et kursus i differentialligningsmodeller".
Projektrapport af Tommy R. Andersen, Per H.H. Larsen og Peter H. Lassen.
Vejleder: Mogens Brun Heefelt
- 30/80 "FUSIONSENERGIEN - - - ATOMSAMFUNDETS ENDESTATION".
Oluf Danielsen.
Nr. 30 er udgået.
Udkommer medio 1982 på Fysik-, Matematik- og Kemilærer-
nes forlag.
- 31/80 "VIDENSKABSTEORETISKE PROBLEMER VED UNDERVISNINGSSY-
STEMER BASERET PÅ MENGDELÆRE".
Projektrapport af Troels Lange og Jørgen Karrebæk.
Vejleder: Stig Andur Pedersen.
Nr. 31 er p.t. udgået
- 32/80 "POLYMERE STOFFERS VISCOELASTISKE EGENSKABER - BELYST
VED HJÆLP AF MEKANISKE IMPEDANSMALINGER OG MOSSBAUER-
EFFEKTALINGER".
Projektrapport, speciale i fysik, af Crilles Bacher og
Preben Jensen.
Vejledere: Niels Boye Olsen og Peder Voetmann Chri-
stiansen.
- 33/80 "KONSTITUERING AF FAG INDEN FOR TEKNISK-NATURVIDENSKA-
BELIGE UDDANNELSER. I-II".
Arne Jakobsen.
- 34/80 "ENVIRONMENTAL IMPACT OF WIND ENERGY UTILIZATION".
ENERGY SERIES NO.1.
Bent Sørensen.
Nr. 34 er udgået.
Publ. i "Renewable Sources of Energy and the Environment",
Tycooli International Press, Dublin, 1981.
- 35/80 "HISTORISKE STUDIER I DEN NYERE ATOMFYSIKS UDVIKLING".
Helge Kragh.
- 36/80 "HVAD ER MENINGEN MED MATEMATIKUNDERVISNINGEN ?".
Fire artikler.
Mogens Niss.
- 37/80 "RENEWABLE ENERGY AND ENERGY STORAGE".
ENERGY SERIES NO.2.
Bent Sørensen.
-
- 38/81 "TIL EN HISTORIETEORI OM NATURERKENDELSE, TEKNOLOGI
OG SAMFUND".
Projektrapport af Erik Gade, Hans Hedal, Henrik Lau
og Finn Physant.
Vejledere: Stig Andur Pedersen, Helge Kragh og
Ib Thiersen.
Nr. 38 er p.t. udgået
- 39/81 "TIL KRITIKKEN AF VÆKSTØKONOMIEN".
Jens Højgaard Jensen.
- 40/81 "TELEKOMMUNIKATION I DANMARK - oplæg til en teknolo-
givurdering".
Projektrapport af Arne Jørgensen, Bruno Petersen og
Jan Vedde.
Vejleder: Per Nørgaard.
Nr. 40 er p.t. udgået
- 41/81 "PLANNING AND POLICY CONSIDERATIONS RELATED TO THE
INTRODUCTION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES INTO ENERGY
SUPPLY SYSTEMS".
ENERGY SERIES NO.3.
Bent Sørensen.

- 42/81 "VIDENSKAB TEORI SAMFUND - En introduktion til materialistiske videnskabsopfattelser".
Helge Kragh og Stig Andur Pedersen.
- 43/81 1. "COMPARATIVE RISK ASSESSMENT OF TOTAL ENERGY SYSTEMS".
2. "ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF DECENTRALIZATION".
ENERGY SERIES NO.4.
Bent Sørensen.
- 44/81 "HISTORISK UNDERSØGELSE AF DE EKSPERIMENTELLE FORUDSÆTNINGER FOR RUTHERFORDS ATOMMODEL".
Projektrapport af Niels Thor Nielsen.
Vejleder: Bent C. Jørgensen.
-

45/82

- 46/82 "EKSEMPLARISK UNDERVISNING OG FYSISK ERKENDELSE - I+II ILLUSTRERET VED TO EKSEMPLER".
Projektrapport af Torben O. Olsen, Lasse Rasmussen og Niels Dreyer Sørensen.
Vejleder: Bent C. Jørgensen.
- 47/82 "BARSEBACK OG DET VÆRST OFFICIÆLT-TÆNKELIGE UHELD".
ENERGY SERIES NO.5.
Bent Sørensen.
- 48/82 "EN UNDERSØGELSE AF MATEMATIKUNDERVISNINGEN PÅ ADGANGSKURSUS TIL KØBENHAVNS TEKNIKUM".
Projektrapport af Lis Eilertzen, Jørgen Karrebæk, Troels Lange, Preben Nørregaard, Lissi Pedersen, Laust Rishøj, Lill Røn, Isac Showiki.
Vejleder: Mogens Niss.
- 49/82 "ANALYSE AF MULTISPEKTRALE SATELLITBILLEDER".
Projektrapport af Preben Nørregaard.
Vejledere: Jørgen Larsen & Rasmus Ole Rasmussen.
- 50/82 "HERSLEV - MULIGHEDER FOR VEDVARENDE ENERGI I EN LANDSBY". ENERGY SERIES NO.6.
Rapport af Bent Christensen, Bent Hove Jensen, Dennis B. Møller, Bjarne Laursen, Bjarne Lillethorup og Jacob Mørch Pedersen.
Vejleder: Bent Sørensen.
- 51/82 "HVAD KAN DER GØRES FOR AT AFHJÆLPE PIGERS BLOKERING OVERFOR MATEMATIK?"
Projektrapport af Lis Eilertzen, Lissi Pedersen, Lill Røn og Susanne Stender.
- 52/82 "DESUSPENSION OF SPLITTING ELLIPTIC SYMBOLS"
Bernhelm Booss & Krzysztof Wojciechowski.
- 53/82 "THE CONSTITUTION OF SUBJECTS IN ENGINEERING EDUCATION".
Arne Jakobsen & Stig Andur Pedersen.
- 54/82 "FUTURES RESEARCH" - A Philosophical Analysis of Its Subject-Matter and Methods.
Stig Andur Pedersen & Johannes Witt-Hansen.

- 55/82 "MATEMATISKE MODELLER" - Litteratur på Roskilde
Universitetsbibliotek.
En bibliografi.
Else Høyrup.
- 56/82 "ÉN - TO - MANGE" -
En undersøgelse af matematisk økologi.
Projektrapport af Troels Lange.
Vejleder: Anders Madsen.
-
- 57/83 "ASPECT EKSPERIMENTET" -
Skjulte variable i kvantemekanikken?
Projektrapport af Tom Juul Andersen.
Vejleder: Peder Voetmann Christiansen.
- 58/83 "MATEMATISKE VANDRINGER" - Modelbetragtninger
over spredning af dyr mellem småbiotoper i
agerlandet.
Projektrapport af Per Hammershøj Jensen &
Lene Vagn Rasmussen.
Vejleder: Jørgen Larsen.
- 59/83 "THE METHODOLOGY OF ENERGY PLANNING".
ENERGY SERIES NO. 7.
Bent Sørensen.
- 60/83 "MATEMATISK MODEKSPERTISE" - et eksempel.
Projektrapport af Erik O. Gade, Jørgen Karrebæk og
Preben Nørregaard.
Vejleder: Anders Madsen.
- 61/83 "FYSIKS IDEOLOGISKE FUNKTION", som et eksempel på
en naturvidenskab - historisk set.
Projektrapport af Annette Post Nielsen.
Vejledere: Jens Høyrup, Jens Højgaard Jensen og
Jørgen Vogelius.
- 62/83 "MATEMATISKE MODELLER" - Litteratur på Roskilde
Universitetsbibliotek.
En bibliografi. 2. rev. udgave
Else Høyrup
- 63/83 "CREATING ENERGY FUTURES: A SHORT GUIDE TO
ENERGY PLANNING".
ENERGY SERIES No. 8
David Crossley & Bent Sørensen
- 64/83 "VON MATHEMATIK UND KRIEG".
Bernhelm Booss og Jens Høyrup
- 65/83 "ANVENDT MATEMATIK - TEORI ELLER PRAKSIS".
Projektrapport af Per Hedegård Andersen, Kirsten
Habekost, Carsten Holst-Jensen, Annelise von Moos,
Else Marie Pedersen, Erling Møller Pedersen.
Vejledere: Bernhelm Booss & Klaus Grünbaum
- 66/83 "MATEMATISKE MODELLER FOR PERIODISK SELEKTION I
ESCHERICHIA COLI".
Projektrapport af Hanne Lisbet Andersen, Ole
Richard Jensen og Klavs Frisdahl.
Vejledere: Jørgen Larsen og Anders Hede Madsen

- 67/83 "ELIPSOIDE METODEN - EN NY METODE TIL LINEÆR PROGRAMMERING?"
Projektrapport af Lone Biilmann og Lars Boye
Vejleder: Mogens Brun Heefelt
- 68/83 "STOKASTISKE MODELLER I POPULATIONSGENETIK"
- til kritikken af teoriladede modeller.
Projektrapport af Lise Odgård Gade, Susanne Hansen, Michael Hviid, Frank Mølgård Olsen.
Vejleder: Jørgen Larsen.
- 69/83 "ELEVFORUDSÆTNINGER I FYSIK"
- en test i l.g med kommentarer
Albert Chr. Paulsen
- 70/83 "INDLÆRINGS- OG FORMIDLINGSPROBLEMER I MATEMATIK PÅ VOKSENUNDERVISNINGSNIVEAU"
Projektrapport af Hanne Lisbet Andersen, Torben J. Andreasen, Svend Age Houmann, Helle Glerup Jensen, Keld Fl. Nielsen, Lene Vagn Rasmussen.
Vejleder: Klaus Grünbaum & Anders H. Madsen
- 71/83 "PIGER OG FYSIK"
- et problem og en udfordring for skolen?
Karin Beyer, Sussanne Blegaa, Birthe Olsen, Jette Reich & Mette Vedelsby
- 72/83 "VERDEN IFØLGE PEIRCE" - to metafysiske essays, om og af C.S. Peirce.
Peder Voetmann Christiansen
- 73/83 "EN ENERGIANALYSE AF LANDBRUG"
- økologisk contra traditionelt
ENERGY SERIES No. 9
Specialeopgave i fysik af
Bent Hove Jensen
Vejleder: Bent Sørensen
-
- 74/84 "MINIATURISERING AF MIKROELEKTRONIK" - om videnskabeliggjort teknologi og nytten af at lære fysik
Projektrapport af Bodil Harder og Linda Szko-
tak Jensen.
Vejledere: Jens Højgaard Jensen og Bent C. Jørgensen
- 75/84 "MATEMATIKUNDERVISNINGEN I FREMTIDENS GYMNASIUM"
- Case: Lineær programmering
Projektrapport af Morten Blomhøj, Klavs Frisdahl, Frank Mølgård Olsen
Vejledere: Mogens Brun Heefelt & Jens Bjørneboe
- 76/84 "KERNEKRAFT I DANMARK?" - Et høringssvar indkaldt af miljøministeriet, med kritik af miljøstyrelsens rapporter af 15. marts 1984.
ENERGY SERIES No. 10
Af Niels Boye Olsen og Bent Sørensen
- 77/84 "POLITISKE INDEKS - FUP ELLER FAKTA?"
Opinionsundersøgelser belyst ved statistiske modeller
Projektrapport af Svend Age Houmann, Keld Nielsen, Susanne Stender
Vejledere: Jørgen Larsen & Jens Bjørneboe

- 78/84 "JÆVNSTRØMSLEDNINGSEVNE OG GITTERSTRUKTUR I AMORFT GERMANIUM"
Specialerapport af Hans Hedal, Frank C. Ludvigsen og Finn C. Physant
Vejleder: Niels Boye Olsen
- 79/84 "MATEMATIK OG ALMENDANNELSE"
Projektrapport af Henrik Coster, Mikael Wennerberg Johansen, Povl Kattler, Birgitte Lydholm og Morten Overgaard Nielsen.
Vejleder: Bernhelm Booss
- 80/84 "KURSUSMATERIALE TIL MATEMATIK B"
Mogens Brun Heefelt
- 81/84 "FREKVENSafhængig LEDNINGSEVNE I AMORFT GERMANIUM"
Specialerapport af Jørgen Wind Petersen og Jan Christensen
Vejleder: Niels Boye Olsen
- 82/84 "MATEMATIK- OG FYSIKUNDERVISNINGEN I DET AUTOMATISEREDE SAMFUND"
Rapport fra et seminar afholdt i Hvidovre 25-27 april 1983
Red.: Jens Højgaard Jensen, Bent C. Jørgensen og Mogens Niss
- 83/84 "ON THE QUANTIFICATION OF SECURITY" nr. 83 er p.t. udgået
PEACE RESEARCH SERIES NO. 1
af Bent Sørensen
- 84/84 " NOGLE ARTIKLER OM MATEMATIK, FYSIK OG ALMENDANNELSE".
Jens Højgaard Jensen, Mogens Niss m. fl.
- 85/84 "CENTRIFUGALREGULATORER OG MATEMATIK"
Specialerapport af Per Hedegård Andersen, Carsten Holst-Jensen, Else Marie Pedersen og Erling Møller Pedersen
Vejleder: Stig Andur Pedersen
- 86/84 "SECURITY IMPLICATIONS OF ALTERNATIVE DEFENSE OPTIONS FOR WESTERN EUROPE"
PEACE RESEARCH SERIES NO. 2
af Bent Sørensen
- 87/84 "A SIMPLE MODEL OF AC HOPPING CONDUCTIVITY IN DISORDERED SOLIDS"
af Jeppe C. Dyre
- 88/84 "RISE, FALL AND RESURRECTION OF INFINITESIMALS"
af Detlef Laugwitz
- 89/84 "FJERNVARMEOPTIMERING"
af Bjarne Lillethorup & Jacob Mørch Pedersen
- 90/84 "ENERGI I 1.G.- en teori for tilrettelæggelse"
af Albert Chr. Paulsen
-
- 91/85 "KVANTETEORI FOR GYMNASIET"
1. Lærervejledning
Projektrapport af: Birger Lundgren, Henning Sten Hansen og John Johansson
Vejleder: Torsten Meyer

92/85 "KVANTETEORI FOR GYMNASIET
2. Materiale

Projektrapport af: Birger Lundgren, Henning
Sten Hansen og John Johansson

Vejleder: Torsten Meyer

93/85 "THE SEMIOTICS OF QUANTUM-NON-LOCALITY"
af Peder Voetmann Christiansen

94/85 "TREENIGHEDEN BOURBAKI - generalen, matematikeren
og ånden"

Projektrapport af: Morten Blomhøj, Klavs Frisdahl
og Frank M. Olsen

Vejleder: Mogens Niss

95/85 "AN ALTERNATIVE DEFENSE PLAN FOR WESTERN EUROPE"

Peace research series no. 3

af Bent Sørensen

96/85 "ASPEKTER VED KRAFTVARMEFORSYNING"
af Bjarne Lillethorup

Vejleder: Bent Sørensen

97/85 "ON THE PHYSICS OF A.C. HOPPING CONDUCTIVITY"

Jeppe C. Dyre

98/85 "VALGMULIGHEDER I INFORMATIONSDEREN"

af Bent Sørensen

99/85 "Der er langt fra Q til R"

Projektrapport af: Niels Jørgensen og Mikael Klintorp
Vejleder: Andur Pedersen

100/85 "TALSYSTEMETS OPBYGNING"

af Mogens Niss

101/85 "EXTENDED MOMENTUM THEORY FOR WINDMILLS
IN PERTURBATIVE FORM"

af Ganesh Sengupta

102/85 "OPSTILLING OG ANALYSE AF MATEMATISKE MODELLER, BELYST VED
MODELLER OVER KØRS FODEROPTAGELSE OG - OMSÆTNING"

Projektrapport af: Lis Eilertzen, Kirsten Habekost, Lill Røn
og Susanne Stender

Vejleder: Klaus Grünbaum

103/85 "ØDSLE KOLDKRIGERE & VIDENSKABENS LYSE IDEER"

Projektrapport af: Niels Ole Dam og Kurt Jensen

Vejleder: Bent Sørensen

104/85 "ANALOGREGNEMASKINEN OG LORENZLIGNINGER"

af: Jens Jæger

105/85 "THE FREQUENCY DEPENDENCE OF THE SPECIFIC HEAT AT THE GLASS
TRANSITION"

af Tage Christensen

"A SIMPLE MODEL OF AC HOPPING CONDUCTIVITY"

af Jeppe C. Dyre

Contributions to the Third International Conference on the
Structure of Non-Crystalline Materials held in Grenoble
July 1985

106/85 "QUANTUM THEORY OF EXTENDED PARTICLES"

af Bent Sørensen

107/85 "ÉN MYG GØR INGEN EPIDEMI"

- flodblindhed som eksempel på matematisk modellering af et
epidemiologisk problem.

Projektrapport af: Per Hedegård Andersen, Lars Boye, Carsten

Holst Jensen, Else Marie Pedersen og Erling Møller Pedersen
Vejleder: Jesper Larsen

108/85 "APPLICATIONS AND MODELLING IN THE MATHEMATICS CURRICULUM"
- state and trends -
af Mogens Niss

109/85 "COX I. STUDIETIDEN"
- Cox's regressionsmodel anvendt på studenteroplysninger
fra RUC
Projektrapport af: Mikael Wennerberg Johansen, Poul Kattler
og Torben J. Andreasen
Vejleder: Jørgen Larsen

110/85 " PLANNING FOR SECURITY "
af Bent Sørensen

111/85 "JORDEN RUNDT PÅ FLADE KORT"
Projektrapport af: Birgit Andresen, Beatriz Quinones og
Jimmy Staal.
Vejleder: Mogens Niss

112/85 "VIDENSKABELIGGØRELSE AF DANSK TEKNOLOGISK INNOVATION.
FREM TIL 1950 - BELYST VED EKSEMPLER"
Projektrapport af: Erik Odgaard Gade, Hans Hedal, Frank
C. Ludvigsen, Annette Post Nielsen og Finn Physant.
Vejleder: Claus Bryld og Bent C. Jørgensen

113/85 "DESUSPENSION OF SPLITTING ELLIPTIC SYMBOLS II"
Af: Bernhelm Booss og Krzysztof Wojciechowski

114/85 "ANVENDELSE AF GRAFISKE METODER TIL ANALYSE AF
KONTIGENSTABELLER"
Projektrapport af: Lone Billmann, Ole R. Jensen
og Anne-Lise von Moos
Vejleder: Jørgen Larsen

115/85 "MATEMATIKKENS UDVIKLING OP TIL RENESSANCEN"
af: Mogens Niss

116/85 "A PHENOMENOLOGICAL MODEL FOR THE MEYER-
NELDEL RULE"
af: Jeppe C. Dyre

117/85 "KRAFT & FJERNVARMEOPTIMERING"
af: Jacob Mørch Pedersen
Vejleder: Bent Sørensen

118/85 "TILFÆLDIGHEDEN OG NØDVENDIGHEDEN IFØLGE
PEIRCE OG FYSIKKEN"
af: Peder Voetmann Christiansen

119/86 "DET ER GANSKE VIST-- EUKLIDS FEMTE POSTULAT
KUNNE NOK SKABE RØRE I ANDEDAMMEN"
af: Iben Maj Christiansen
Vejleder: Mogens Niss

120/86 "ET ANTAL STATISTISKE STANDARDMODELLER"
af: Jørgen Larsen