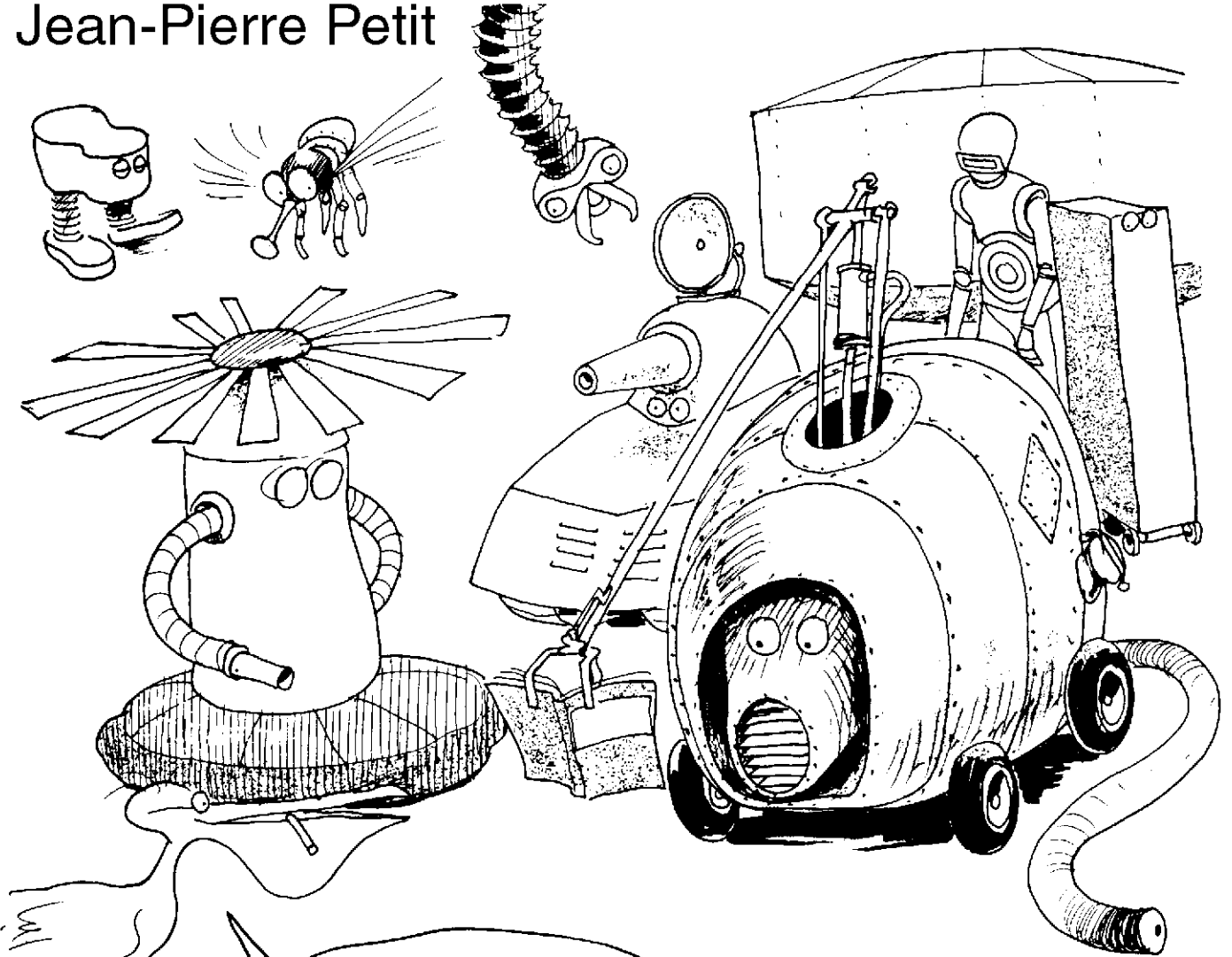


**Savoir sans Frontières**

Anselmi Lanturlun seikkailut

# MISTÄ ROBOTIT UNELMOIVAT?

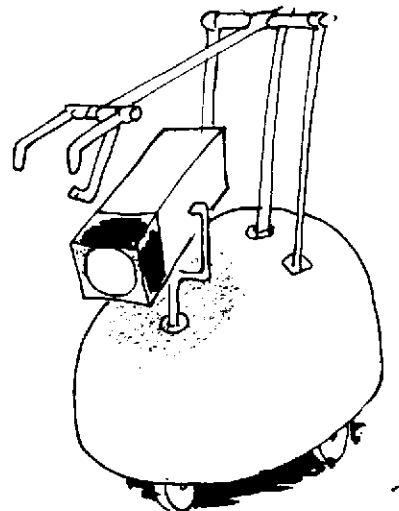
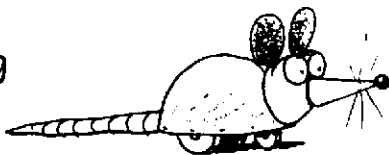
Jean-Pierre Petit

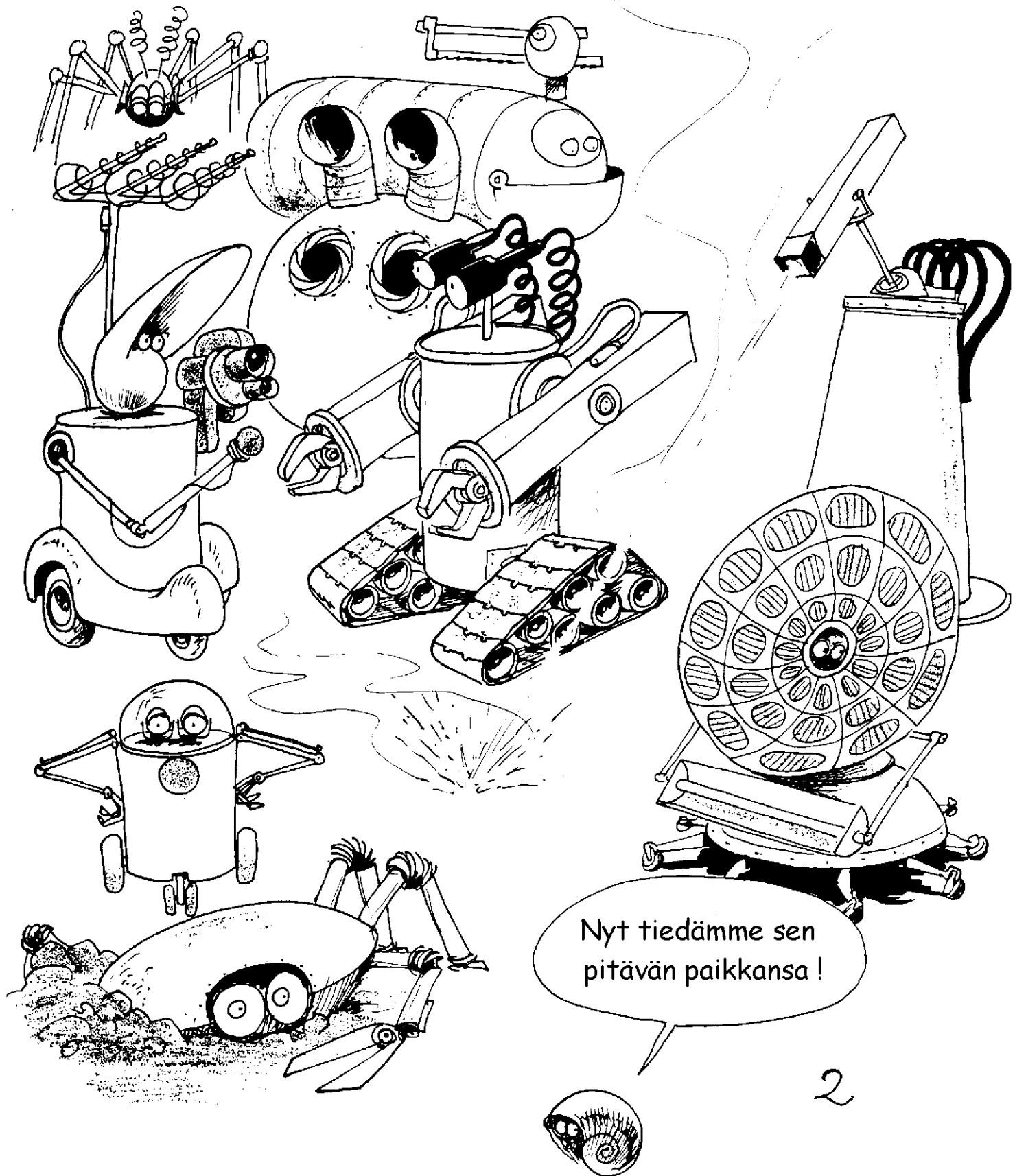


Ennen luulimme,  
etteivät robotit ole  
älykkäitä.

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

Suomentanut  
Teresa Rosenberg



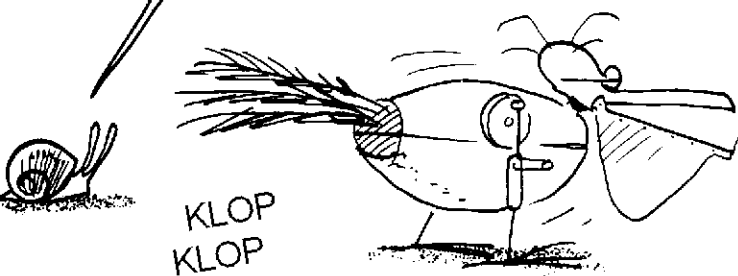


Nyt tiedämme sen  
pitävän paikkansa!

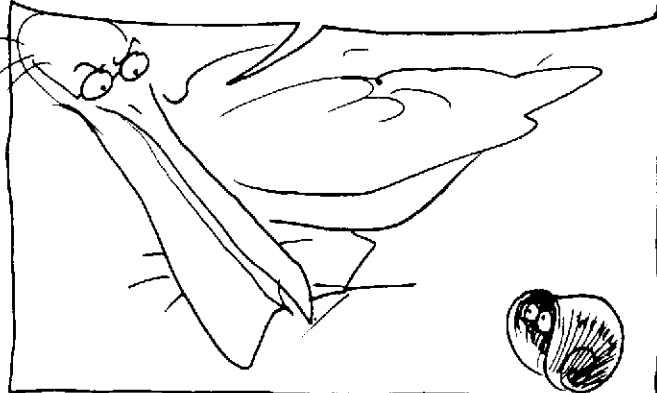
# PROLOGI



Miten hieno!  
Se jopa kävelee!



Tottakai, Teiresias,  
minulle on aina helppo  
nauraa...

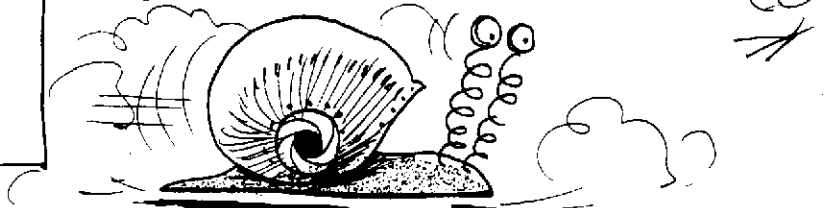


Hei, katso...!

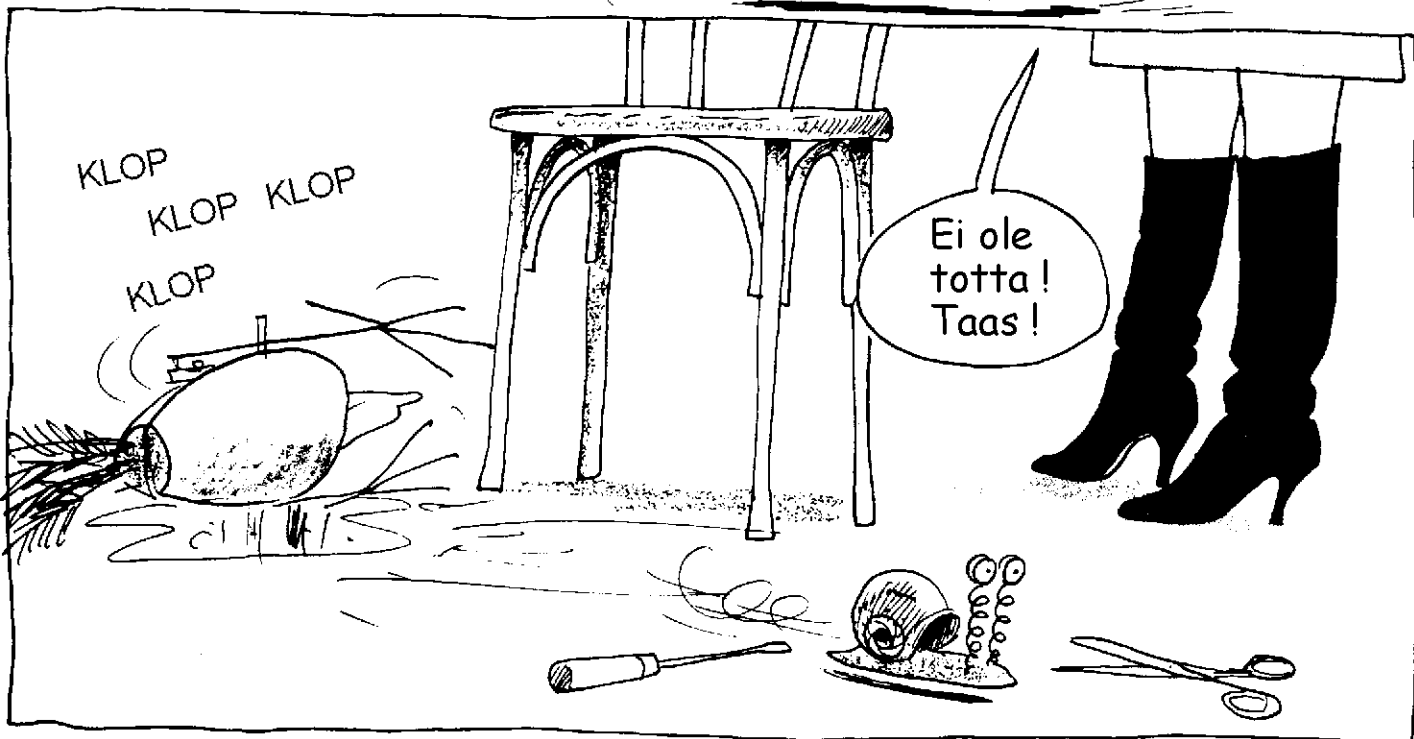


Ilmatyynyllä  
kulkeva etana!

VRRRUMMMM



KLOP  
KLOP KLOP  
KLOP



Mitä nyt?

Taas kerran olette tehneet olohuoneesta laboratorion. Katso nyt mikä sekamelska!

Öö, täytyypä mennä...

Typerä laite.

Huh, vihdoinkin valmis.

Miten kuuma!

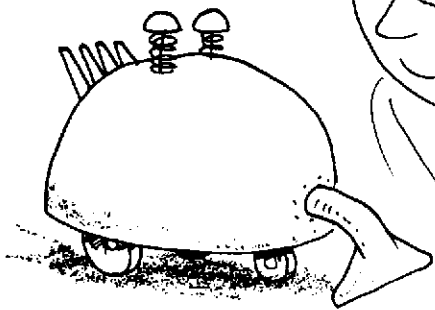
Hmm...

Anselmi on rikkonut imurin ihan kokonaan!

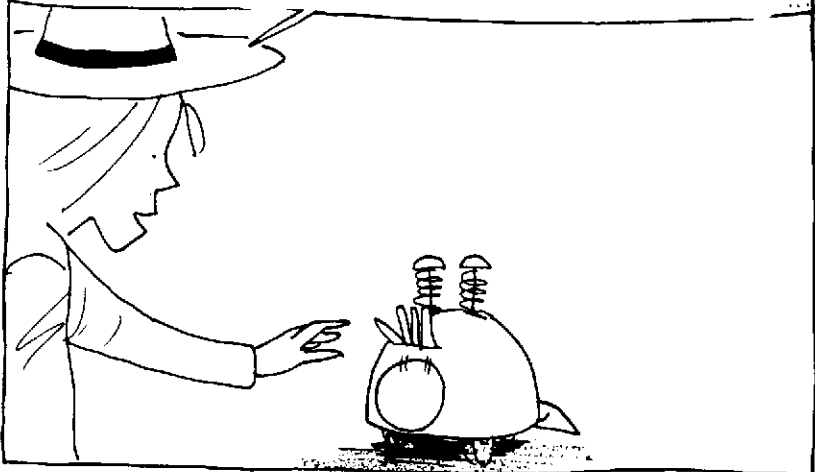
Ei, vaan hän muokkaa sitä.

# OHJELMOITAVAT AUTOMAATIT

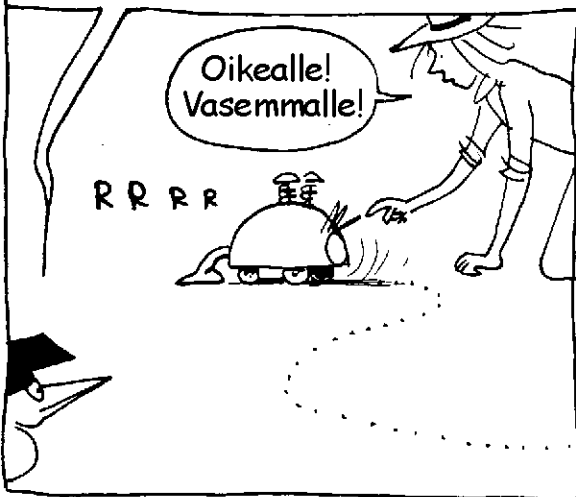
Tein siitä  
OHJELMOITAVAN IMURIN!



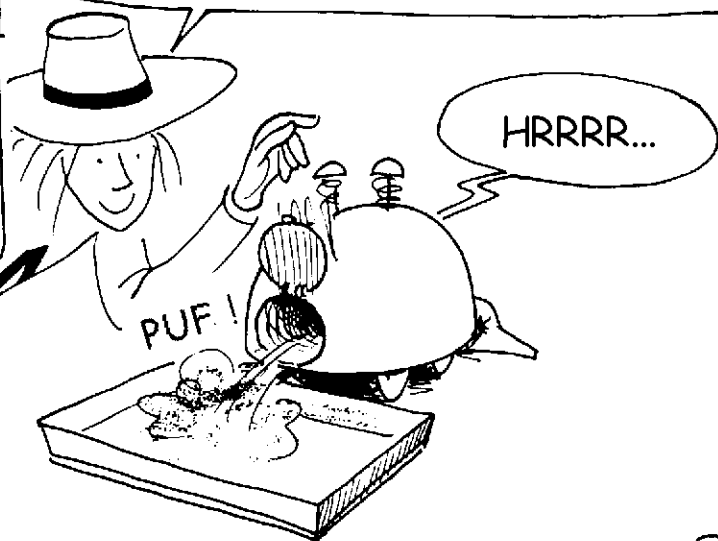
Esittelyn paikka. Käynnistän imurin  
ja ohjaan sitä näiden vipujen avulla.



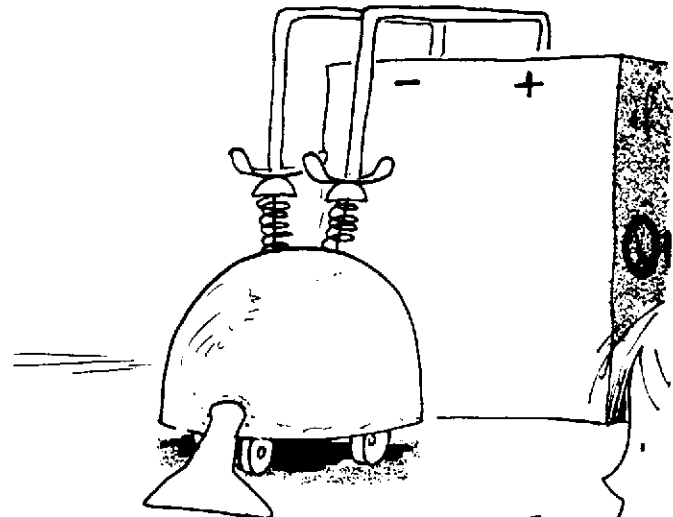
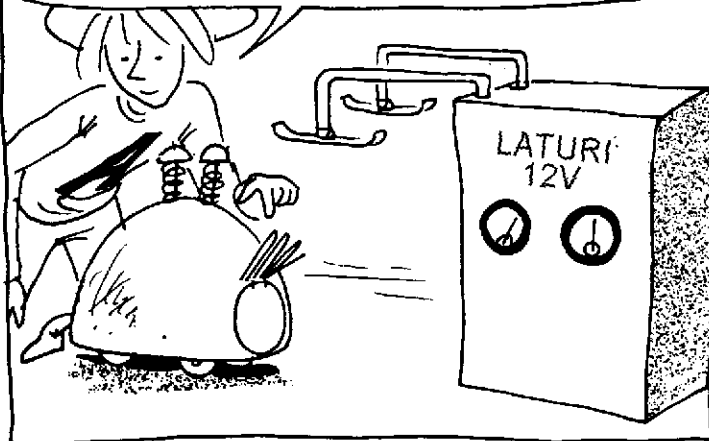
Mutta mitä järkeä?  
Sen sijaan että pitäisit kiinni  
siitä, käytät käsiäsi vipujen  
vääntämiseen!



Ohjaan KILPIKONNANI laatikolle,  
johon se voi tyhjentää pölypussinsa.

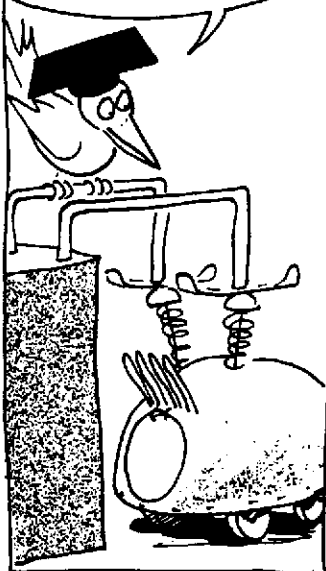


Ja kun työ on tehty, ohjaan sen takaisin akkulaturille.

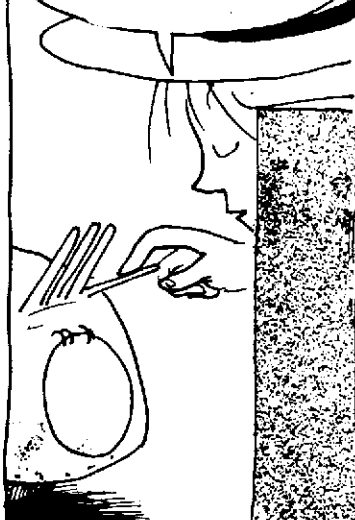


... ja se on valmis aloittamaan uudelleen.

Selvä, mutta mitä iloa tuosta kaikesta on?



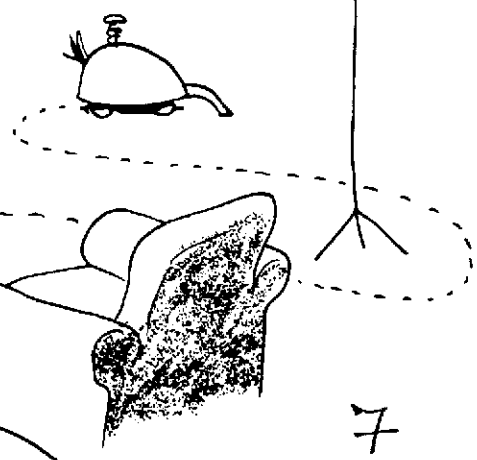
Odota niin näet. Painan tätä vipua...



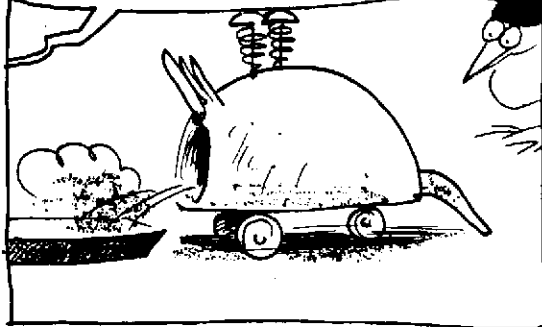
Kilpikonnani kulkee täsmälleen samaa reittiä, huonekaluja väistellen...



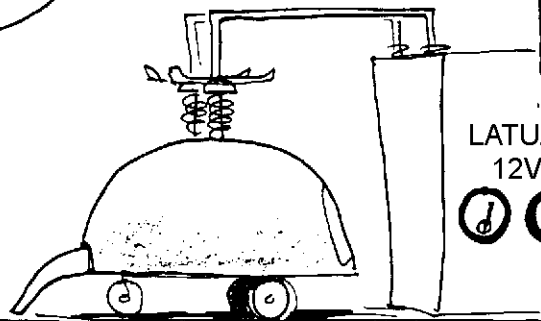
RRRRR



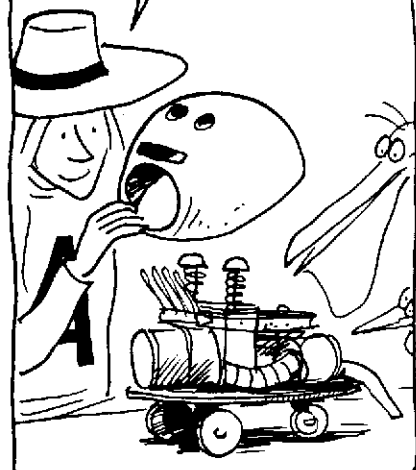
... jättäen pölynsä samaan laatikkoon...



... ja palaten lopulta laturille.



Paljastan salaisuuteni...



Vivut manuaalista ohjausta varten

Akun navat latausta varten

Sähkömagneetti (Avaa pölysäiliön kannen)

Akku

Reikänauha

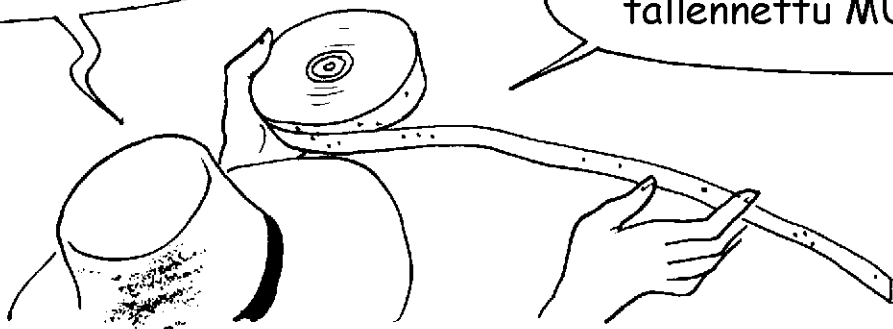
Imumoottori

Erikseen ohjattavat pyörät (eteen / taakse)

Vapaasti liikkuva etupyörä

Ohjatesani kilpi-konnaani manuaalisesti, tämä kela kiertyi auki tasaista tahtia. Antamani ohjeet piirtyivät nauhaan reikiinä.

Työjärjestys on siis tallennettu **MUISTIIN**.





Kun kilpikonna palaa  
laturille, nauha kelautuu  
takaisin alkuun.

Ja silloin kilpikonna toimii  
päinvastaisesti: se lukee ohjeet  
nauhalta.

Mistä sinä  
tuon keksit?

Hoksasin mekanismin vanhasta  
mekaanisesta pianosta.

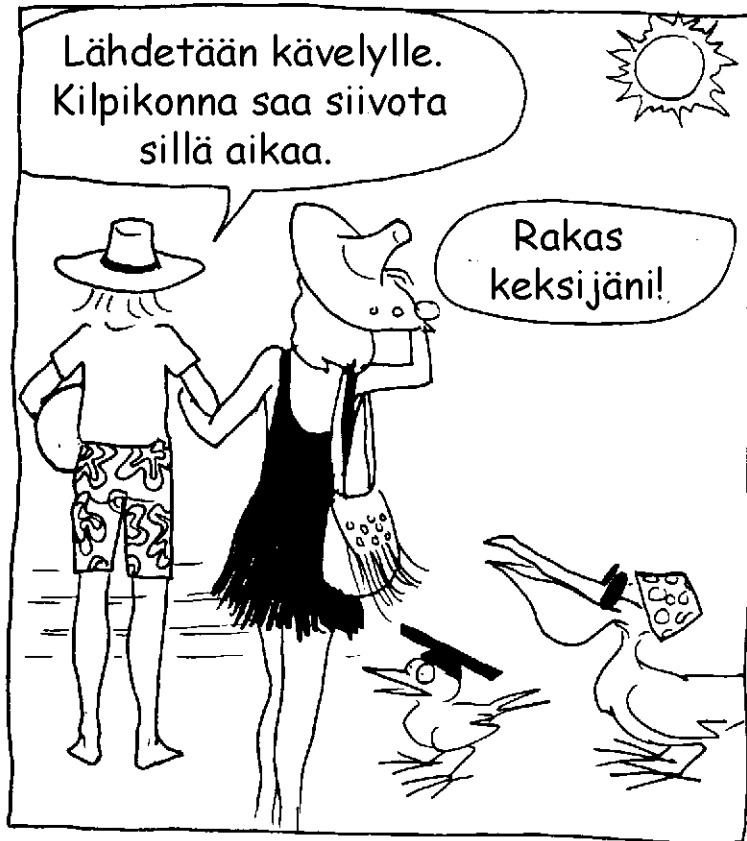
!?

Olohuoneen  
siivous alkakoon!

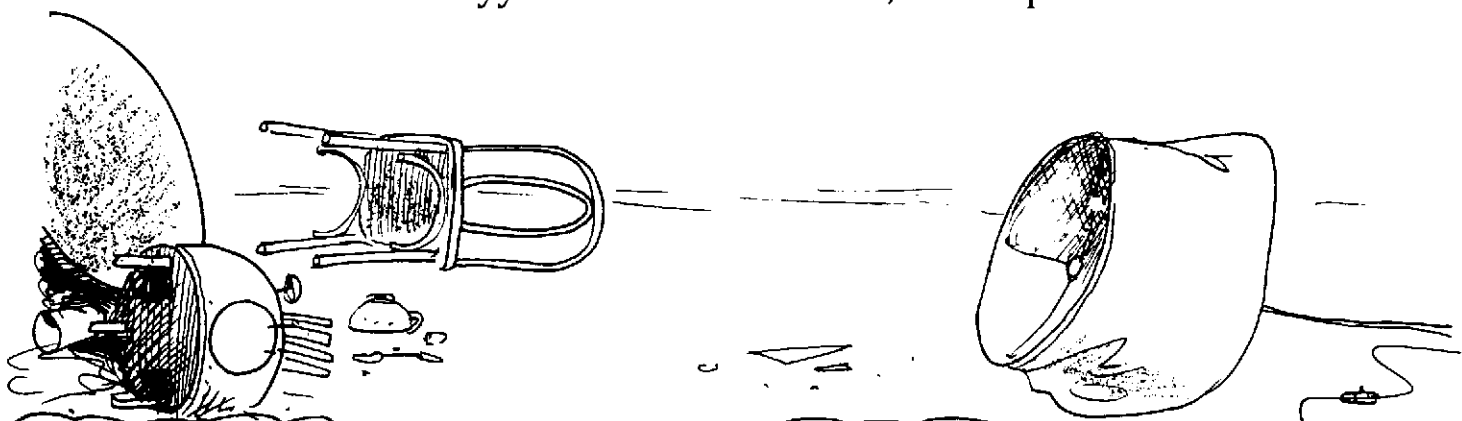
Paikoillanne,  
valmiit, hep!

Sofia, varo!

R R R R R R



Tilanneanalyysin avulla selvitämme, mitä tapahtui:

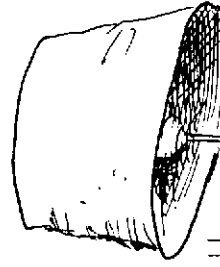


Täydessä paniikissa kissapolo raahasi imuria ympäri asuntoa aiheuttaen huomattavaa vahinkoa.

KLIRR!



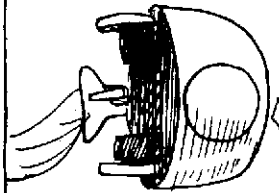
Chhchh



KLONK

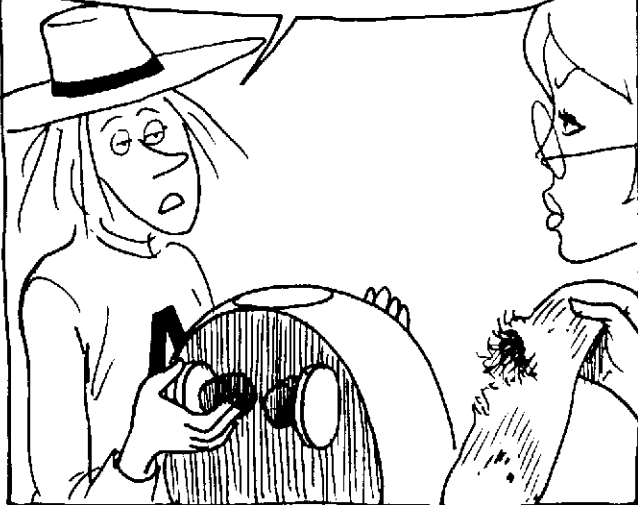
Iiks!

Akkuneste on valunut matolle ja syövyttänyt siihen reiän.



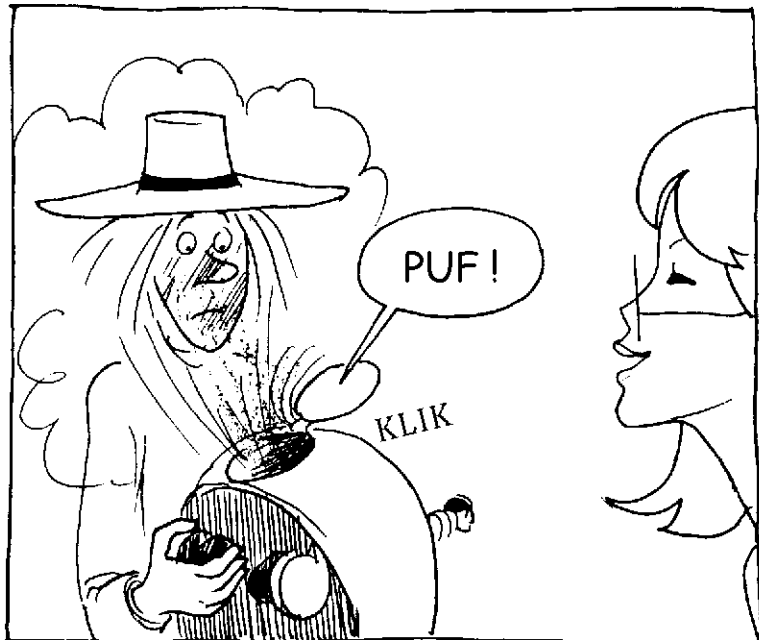
Ja kilpikonna on syönyt neuleeni!

Tiedän, tiedän...  
Siivoan kyllä jäljet.



PUF!

KLIK



Kissa on jättänyt viestin.

"En aio jäädä enää hetkeksikään tähän hullujenhuoneeseen. Turha kuvitella, että palaisin pyydystämään hiiret puolestanne. Hyvästi!"

Entä irtisanomisaika?

Kilpikonna, jota luulin älykkääksi, olikin itse asiassa tyhmä kuin saapas.

# SYÖTE-TUOTOS -JÄRJESTELMÄT

Miten se voisi olla älykäs? Et ole antanut sille mahdollisuutta tiedostaa, mitä sen ympäristössä tapahtuu.

Siihen tarkoitukseen se tarvitsisi aistielimet.

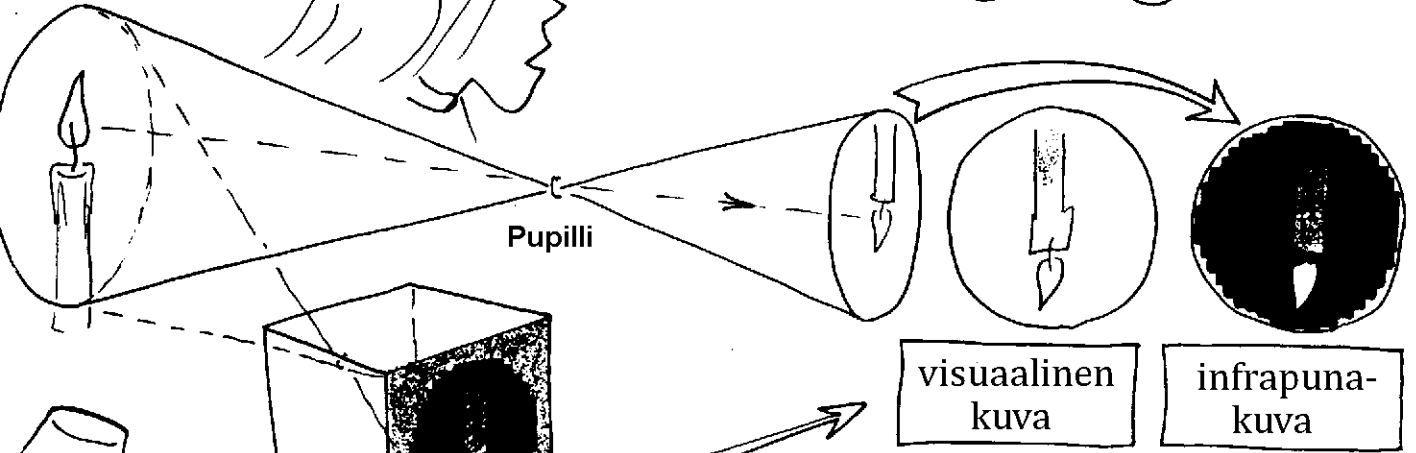
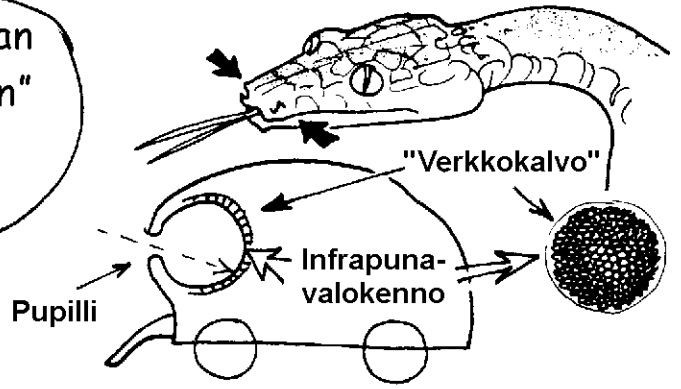
Olet oikeassa. Kilpikongan täytyy voida "nähdä" ympäristönsä. Tämä pieni valokenno on herkkä infrapunalle - eli lämpösäteilylle.

Se reagoi siis lämmön lähteeseen.

(LÄMPÖ-SÄTEILYÄ)

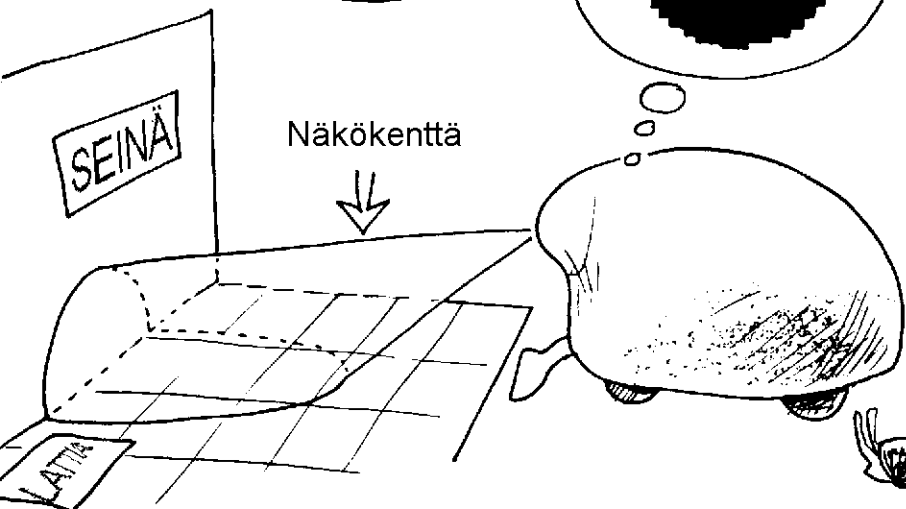
(\*) input/output

Muutaman sadan valokennon avulla saan tehtyä kilpikonnalle alkeellisen "silmän" - samankaltaisen kuin käärmeiden infrapunalle herkät kuoppaelimet.



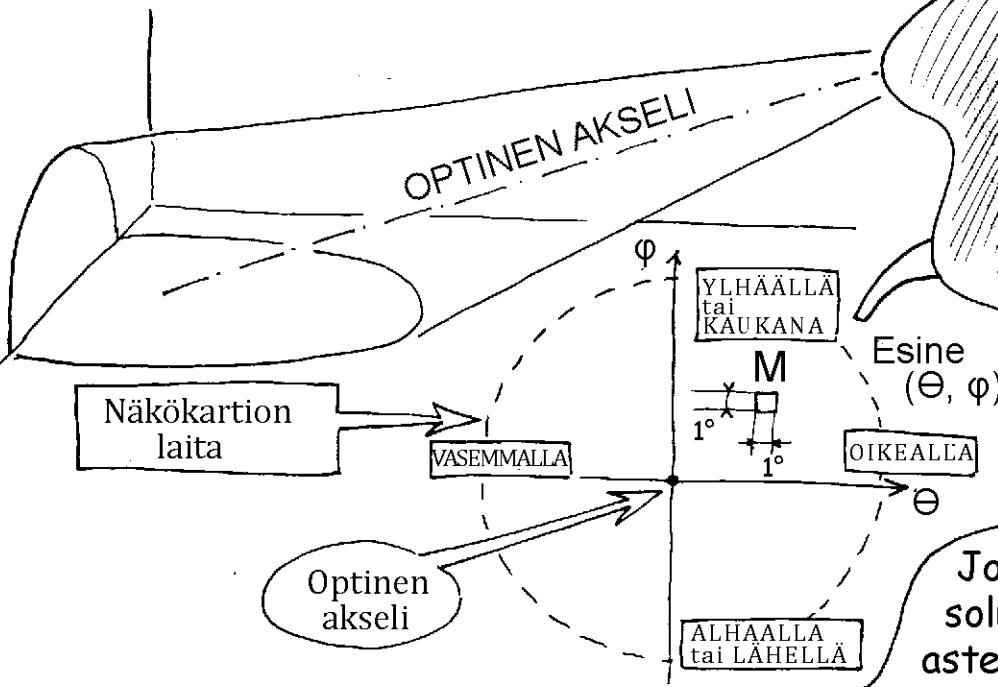
Asunnon lattiatiilet ovat kylmiä. Kilpikonna tulkitsee lattian lämpötilan nollassana, eli mustana taustana.

Tapetoidut seinät ovat hiukan lämpimämpiä ja ilmenevät siis "harmaina".

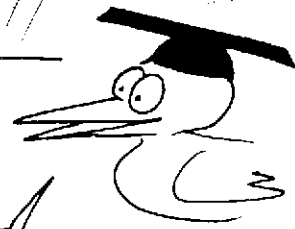


Kuplassa oleva kuva on käännetty "oikeinpäin", jotta se olisi helpompi ymmärtää.

# Kilpikonnalla NÄKÖKENTTÄ on kartiomainen

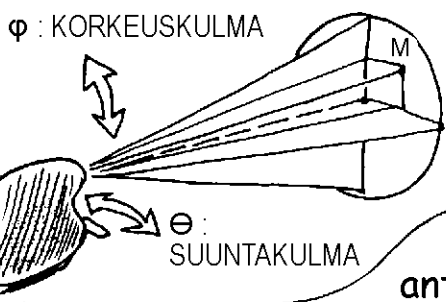


Oikeastaan kilpikonna näkee OPTISEN AKSELIN ja esineen suunnan välisen KULMAN.



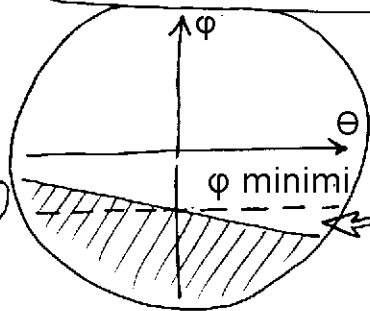
Optinen akseli

Jokainen infrapunainen solu vastaa yhden neliöasteen pistettä. Kyseessä on optisen systeemin EROTUSKYKY. Kuva on digitalisoitu, eli yksinkertaistettu pienistä mustista, harmaista tai valkoisista neliöistä koostuvaksi kokonaisuudeksi.



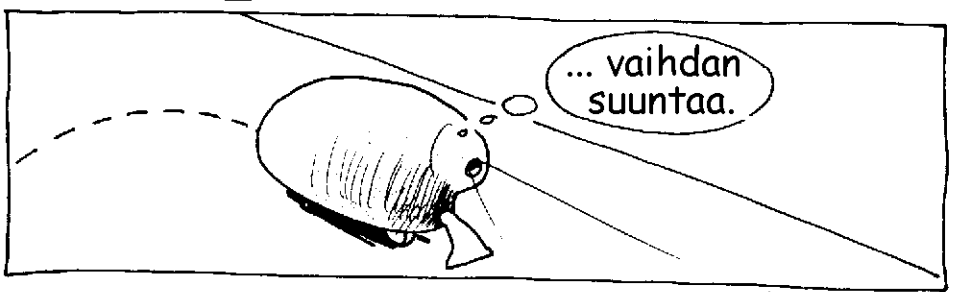
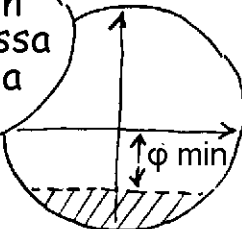
Olen poistanut kaikki vanhat ohjelmat, ja aion nyt antaa kilpikonnalleni REFLEKSIN, jonka avulla se pystyy väistämään esineitä. "JOS verkkokalvon solu vastaanottaa kynnyksarvoa suuremman määrän lämpösäteilyä, JA JOS tämän säteilyn lähde sijaitsee horisontin yläpuolella, esineen kulman  $\phi$  ollessa pienempi kuin minimikulma  $\phi_m$ , NIIN kilpikonna tekee 90°:een käännöksen oikealle.

!?



Lämpösäteilyn määrä on kynnyksarvoa suurempi JA kulma  $\phi$  on pienempi kuin minimikulma  $\phi_m$ .

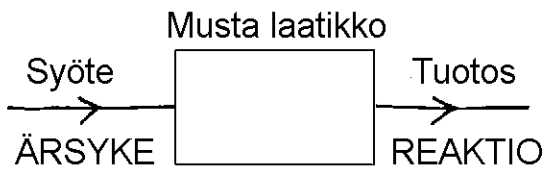
Toisin sanoin signaalin ollessa varjostetulla alueella...



Kilpikonna on siis SYÖTE-  
TUOTOS -JÄRJESTELMÄ.

Eli MUSTA  
LAATIKKO

Mitä tässä  
"mustassa laatikossa"  
on?



Se sisältää OHJELMAN, jonka avulla kilpikonna voi analysoida sisään tulevan materiaalin (eli "verkkokalvon" keräämät tiedot) ja päätellä sen perusteella, miten käyttäytyä : Jatkaako suoraan eteen vai kääntyäkö neljänneskierröksen oikealle.

SYÖTE

TIEDON-  
KÄSITTELY

TUOTOS :  
pyörien ohjaus

Tällä kertaa kilpikonna imuroi sotkematta paikkoja. Se väistää seiniä ja huonekaluja - kaikkea lattiaa lämpimämpää.

Toisin sanoin, ongelma selvitetty.  
Se oli ihan helppo juttu, ja nyt voin taas olla rauhassa.

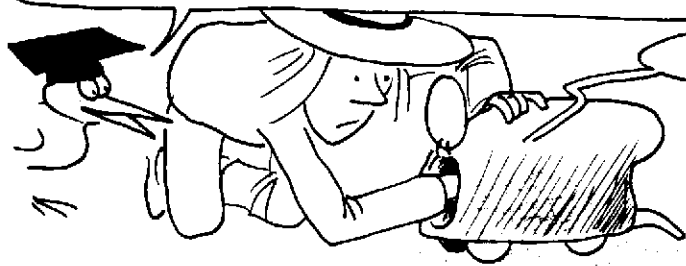
Anselmi !!!

Mitä?

Kilpikonna nielaisi Teiresiaan!

Häh? Mutta miten se on mahdollista?

Teiresias on vaihtolämpöinen eläin, ja lattiaan osuessaan sen jalka muodostaa lämpökontaktin. Lyhyesti sanottuna, sen lämpötila on sama kuin lattiaan, ja siksi se on kilpikonnalle näkymätön.



Varovaisesti...!

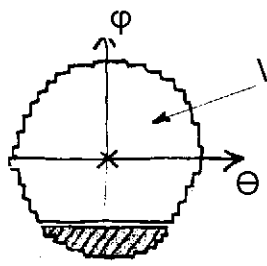


Oletko huomannut, että lähestyessään seinää viistoon, kilpikonna täytyy tehdä kaksi 90°:een käännettä? Voisimme hieman parannella sitä.

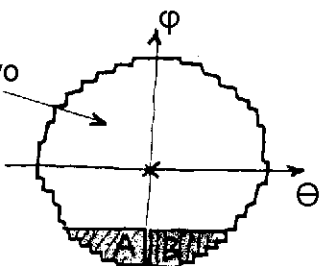


Niin, olisi loogisempaa, jos se kääntyisikin vasemmalle...

# SIGNAALIN ANALYYSINTI



Verkkokalvo



**VANHA OHJELMA:**  
Jos varjostetulle alueelle ilmestyy lämmin esine, käännä oikealle.

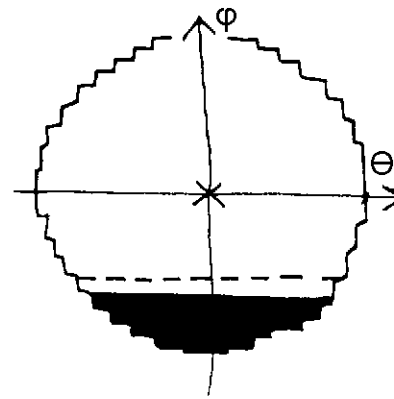
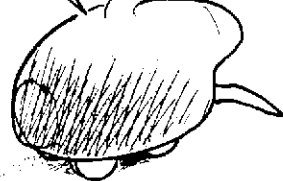
**UUSI OHJELMA:** Jos alueelle A ilmestyy lämmin esine, käännä oikealle. Jos se taas ilmestyy alueelle B, käännä vasemmalle.



Niin, mutta entä jos seinä onkin suoraan edessä?



!!!



Anselmi, se savuaa!

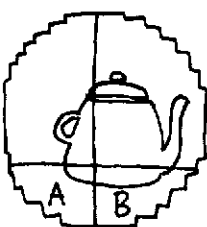
Typerä eläin!

Ratkaisu on lisätä ohjelmaan:  
JOS signaali on yhtä aikaa sekä oikealla että vasemmalla, NIIN käänny oikealle.

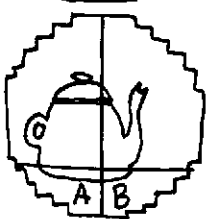
Sofia, luulen että voin parantaa tapaa, jolla kilpikonnani käsittelee infrapunasilmänsä kautta vastaanottamiaan signaaleita. Tässä on sen näkökenttään ilmestyvä esine. Sen tarvitsee vain laskea solujen määrä alueilla A (lähellä ja vasemmalla) ja B (lähellä ja oikealla).

Alue A

Alue B



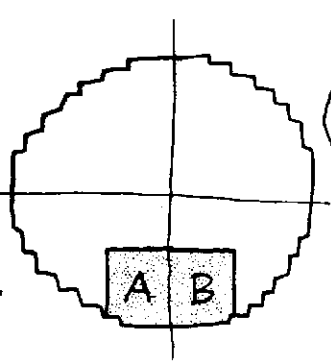
Käänny vasemmalle



Käänny oikealle



Kilpikonnann tulisi voida kulkea myös esineiden välistä.

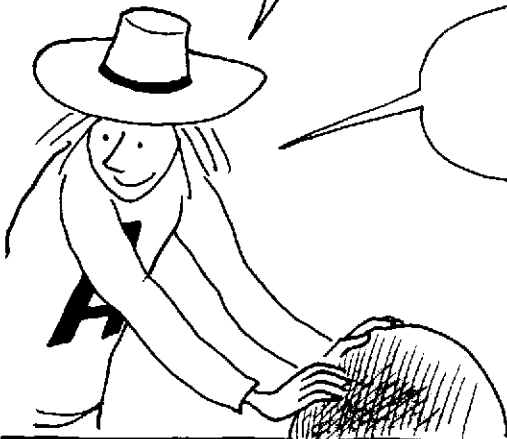


Voin yksinkertaisesti poistaa joitakin osia verkkokalvon A- ja B-alueilta.



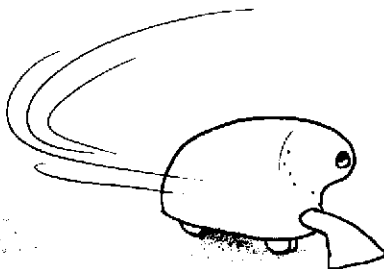
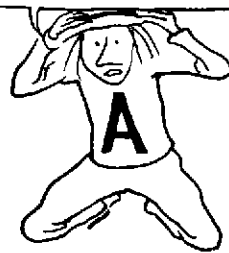
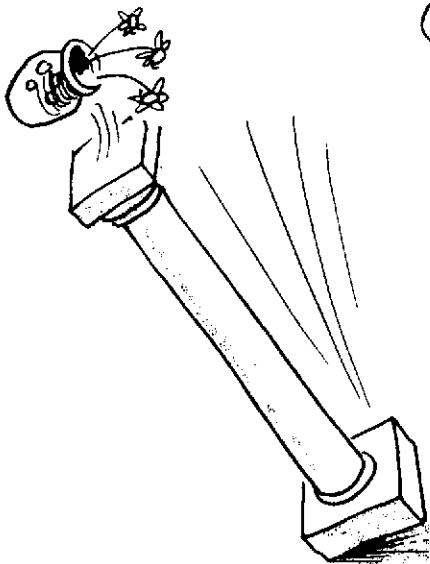
# REAKTIOAIKA

Koneiden idea on siinä, että ne pystyvät tekemään asiat hyvin nopeasti.



Laitan konnan maksiminopeudelle. Siten siivous hoituu ennätysvauhtia.

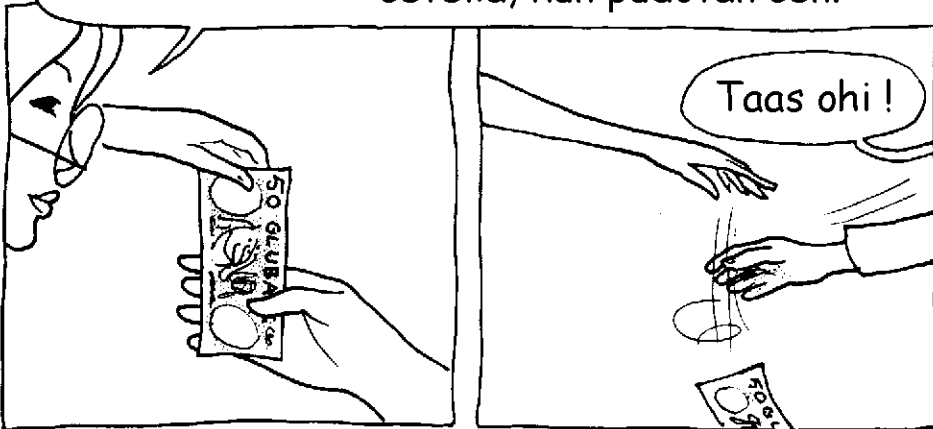
Voi ei, taas sitä mennään!



Anselmi, et voi vaatia järjestelmää reagoimaan välittömästi. Syötteen ja tuotoksen välille on sallittava REAKTIOAIKA, mikä onkin yksi järjestelmän ominaisuuksista.

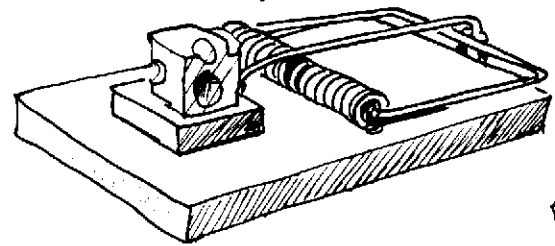


Juuri reaktioajastasi johtuu, ettet pysty nappaamaan tätä seteliä, kun pudotan sen.

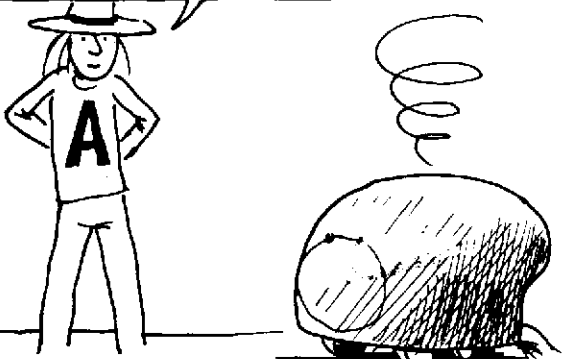


Vaara: syöte-tuotosjärjestelmä, jolla on lyhyt reaktioaika.

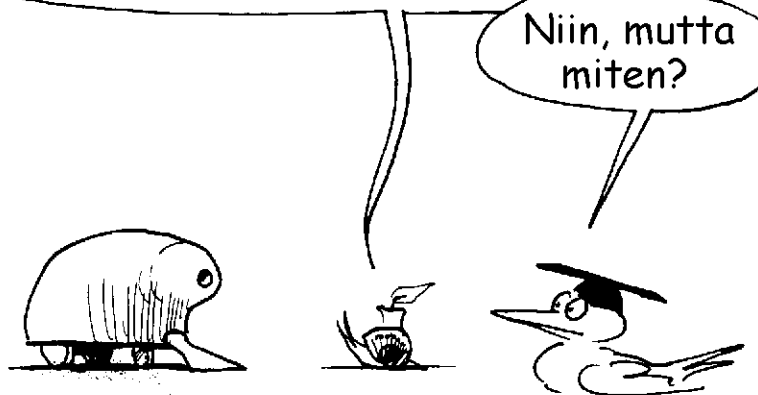
Nyt täytyy olla oikein nopea!



Asunnon siivoamiseen kuluu paljon energiaa. Kilpikonnalla on taas akku tyhjä.



Sen pitäisi vielä voida ohjata itse itsensä latausjärjestelmälle.

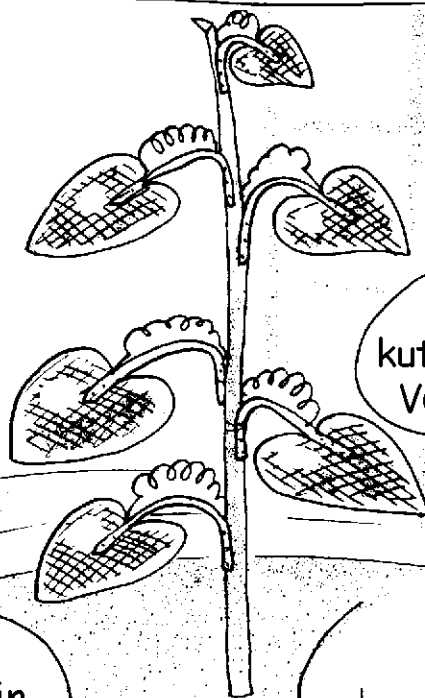


# SERVOJÄRJESTELMÄT

Akun varauksen vähetessä napojen jännite pienenee. Ei ole erityisen vaikeaa lisätä ohjelmaan jotain tämän kaltaista: JOS napojen jännite on pienempi kuin tietty määrä voltteja, NIIN mene asemalle latautumaan. Mutta kysymys kuuluukin: Miten ohjata kilpikonna latausasemalle?



Rakensin odotellessa aseman, joka latautuu itsestään aurinkopaneelien avulla.



Voisimme kutsua sitä KASVI-VOIMALAKSI!



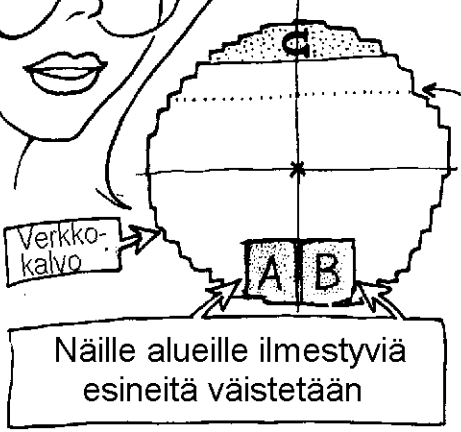
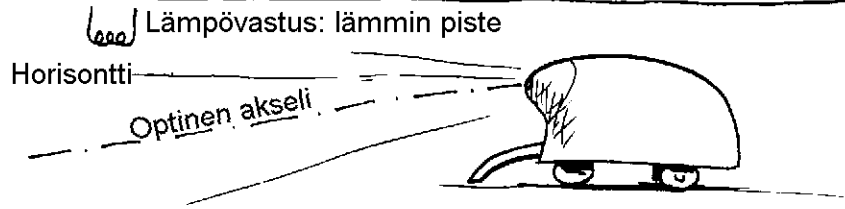
Voisin ohjata kilpikonnaa luomalla lämpöpisteen, mutta se kääntyisi vain pois nähdessään lämpöä...



Tarvitset konnan järjestelmään TAKAISINKYTKENNÄN.



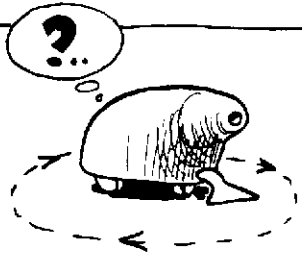
Kilpikonnaan ei pidä tulkita lämpövastusta esteeksi.  
 On ehkä parempi sijoittaa piste korkealle, niin kuin majakka.



Vastus ilmestyy alueelle C,  
 verkkokalvon yläosaan.

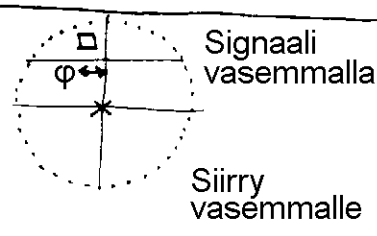
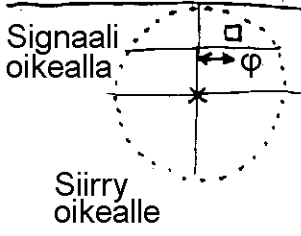


Nyt asia onkin helppo:  
 JOS akun varaus on alle tietyn volttimäärän, NIIN kilpikonna etsii hehkulangan. Vaihtoehtoja on kaksi: JOKO hehkulanka on jo näkökentässä, jolloin kilpikonnaan pitää vain mennä sen luokse, TAI se ei ole näkökentässä, jolloin kilpikonna kääntyy ympäri kunnes löytää signaalin.

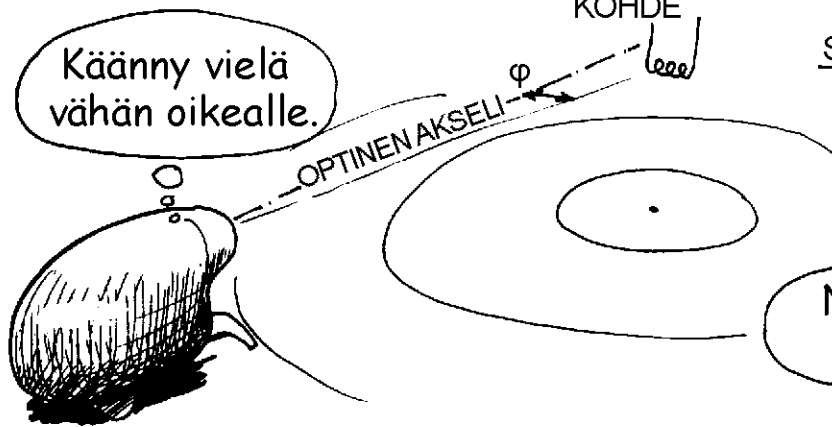


Kun määränpää on näkyvissä, kilpikonna lähtee liikkeelle seuraavan ohjelman mukaisesti:

Lähesty määränpäätä suhteessa sen ja nykyisen reitin väliseen kulmaan  $\phi$ .  
 Kyseessä on lineaarinen SERVOMEKANISMI.



Käännös oikealle tai vasemmalle muuttaa kulmaa  $\phi$ . Kilpikonna tulkitsee muutoksen SYYKSI.



Näin ollen kilpikonna kohdistaa itsensä kohteen mukaan.

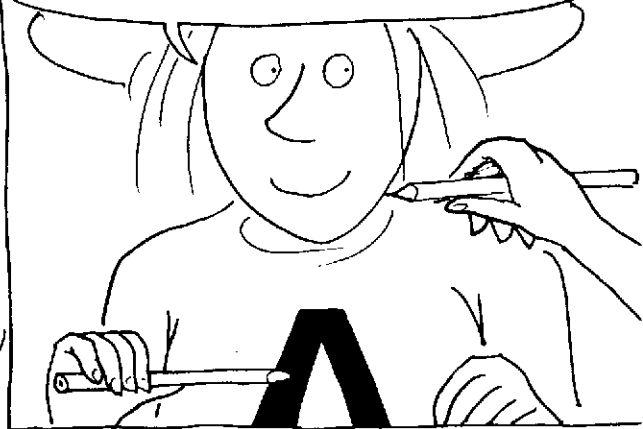


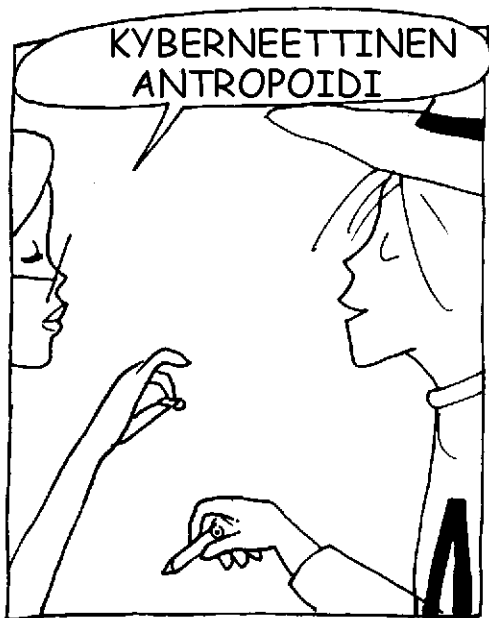
# SERVO- JÄRJESTELMÄN ASTE

Kuule, Anselmi, ehdottaisin erästä leikkiä. Kun annan merkin, laitat kynäsi kärjen omaani vasten.

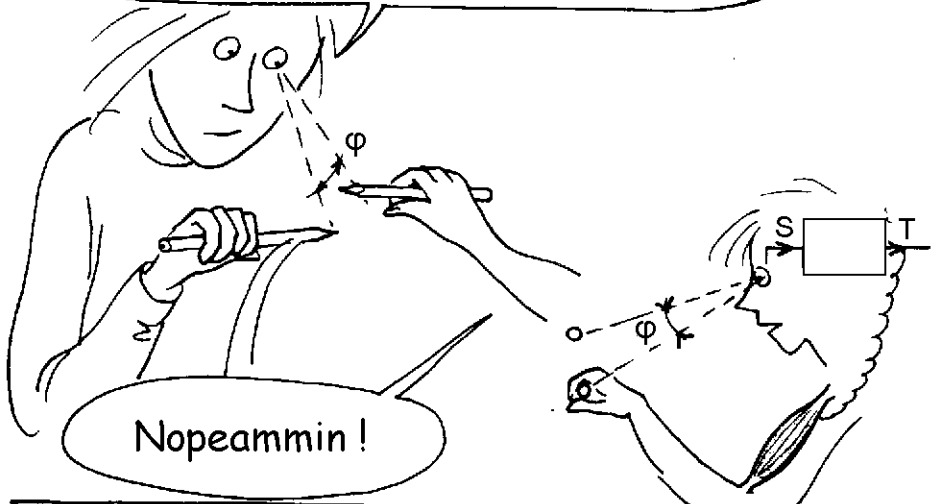


Tarkoitatko, että minäkin olen servojärjestelmä, musta laatikko?





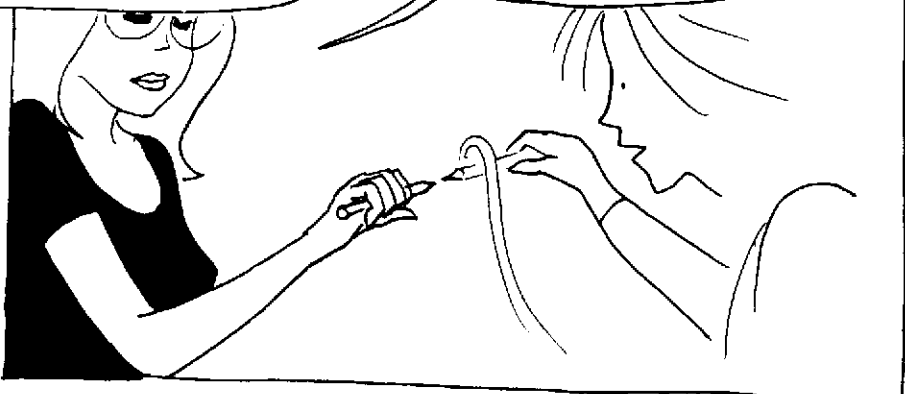
Säädän kynän liikettä toteamaani erotukseen nähden...



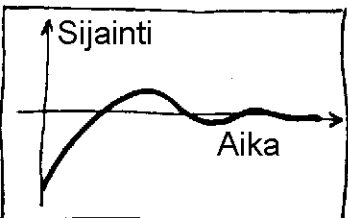
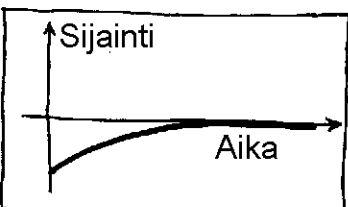
Mutta... Mitä tapahtuu?

Pystyn kyllä siirtämään kynää, mutta se heiluu matkalla puolelta toiselle!

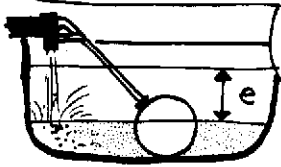
Se johtuu INERTIASTA.



ENSIMMÄISEN ASTEEN JÄRJESTELMÄSSÄ komento (tuotos) vaikuttaa suoraan nopeuteen, ilman inertiaa. Silloin ei koskaan ilmene vavahtelua.  
TOISEN ASTEEN JÄRJESTELMÄSSÄ taas komento vaikuttaa KIIHDYTYKSEEN (jonkin VOIMAN kautta). Inertia voi aiheuttaa vavahtelua.



Ihminen on toisen asteen järjestelmä. Vessan vesisäiliö on hyvä esimerkki ensimmäisen asteen järjestelmästä. Vesi nousee nopeudella, joka on suhteessa senhetkisen sijainnin ja tavoitesijainnin väliseen EROTUKSEEN.



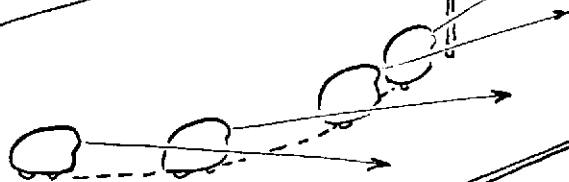
e Aika

Tosiaan, periaatteessa veden korkeus säiliössä ei vavahtele.



Mutta asioiden Fyysisessä Luonteessa inertia on aina enemmän tai vähemmän läsnä, ja jos asioita "työntää" hieman liian pitkälle, inertian voimat käynnistyvät. Ensimmäisen asteen järjestelmä muuttuukin toisen asteen järjestelmäksi.

KOHDE



ENSIMMÄISEN ASTEEN JÄRJESTELMÄ

KOHDE



TOISEN ASTEEN JÄRJESTELMÄ



Sofia, Leo sanoi, että liikun niin hitaasti, etten koskaan tule kokemaan inertian voimia, ja että minut on tuomittu pysymään ensimmäisen asteen systeeminä.

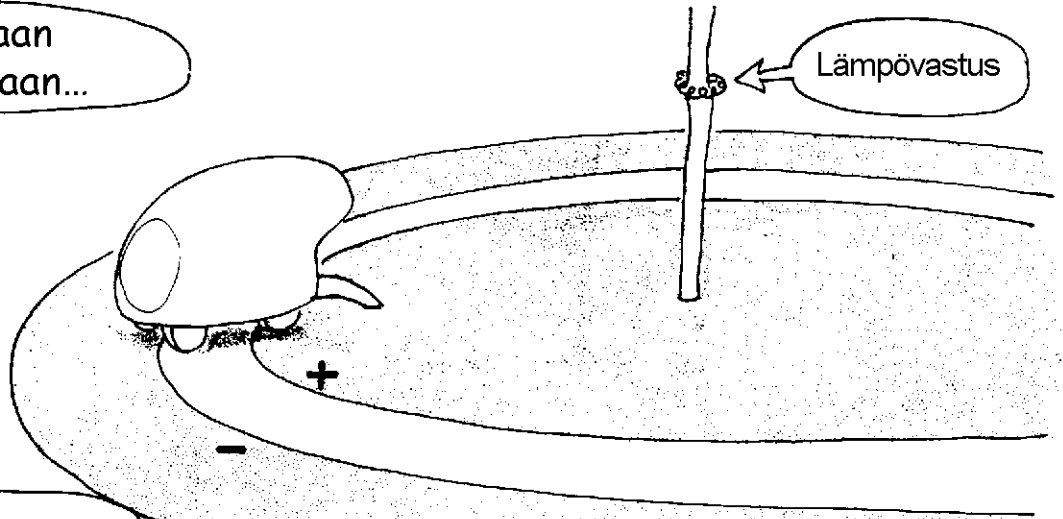


# HOMEOSTAATTISTEN JÄRJESTELMIEN SÄÄTÖ

Mutta palataan taas kilpikonnaan...

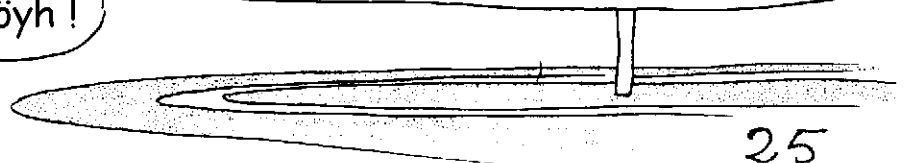



Lämpövastus



Anselmin keksimä systeemi on nerokas. Sähköinen puu, "KASVIVOIMALA", antaa sähköä kahden ympyränmuotoisen elektrodin kautta. Kontaktin varmistavat kilpikonnaan kupariset pyörät. Heti kun etupyörä osuu anodiin (+) ja takapyörät katodiin (-), kilpikonna pysähtyy lataamaan akkunsaa. Kun akku on täysi, kilpikonna kääntyy ympäri ja jatkaa matkaansa. Niin kauan kuin akku on tarpeeksi täysi, kilpikonna jättää kasvivoimalan ja sen lämpimän ohjelangan huomiotta.

Röyh!






Sinäkin lakkaat syömästä, kun vatsalaukkusi seinämään kohdistuva paine ylittää tiettyyn asteeseen.




Minä...  
Siis minäkö...?



Vatsalaukku toimii  
kuten vesisäiliö.

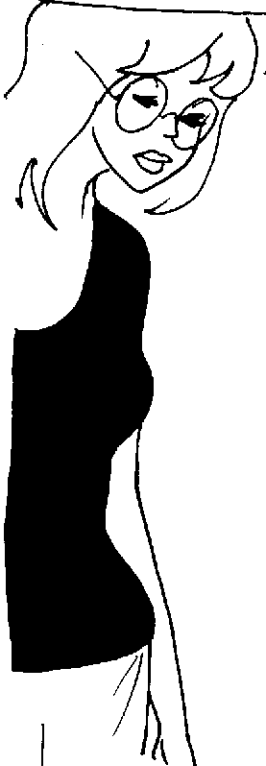


Ei, vaan vesisäiliöt toimivat  
kuten vatsalaukut.




Onko teidän  
pakko olla niin  
epähienoja?!

Ne ovat systeemejä, jotka pyrkivät pitämään niille ominaiset parametrit minimi- ja maksimiarvon välillä.



Oletan, että syödessäni pyrin pitämään kehoni sokeri-, suola- ja muut arvot minimi- ja maksimiarvojen välillä.



Ihminen muistuttaa siis  
konetta?

Sinun sijassasi esittäisin asian  
päinvastoin: koneet muistuttavat ihmisiä.

Teknologia on keino täydentää  
ja jatkaa elävää maailmaa.

Keinotekoinen  
torahammas

Keinotekoinen  
karvoitus

Luonnollinen karvoitus

Alkuperäinen  
torahammas

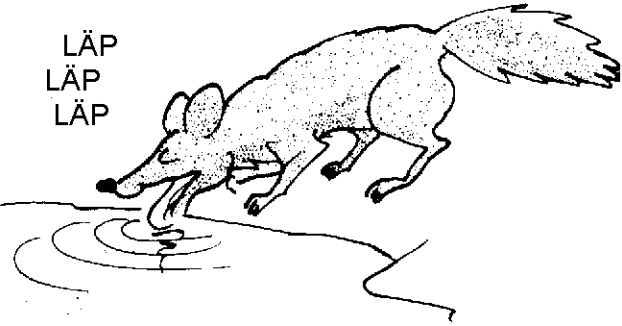
Matkittuaan ensin elävän luonnon  
**MUOTOJA** ihminen alkoi matkia myös  
sen **KÄYTTÄYTYMISTÄ**.

Nopean reaktioajan omaava  
syöte-tuotos-järjestelmä.

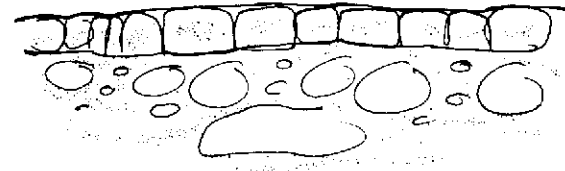
ELÄVÄ OLENTO on upea itsesäätävä homeostaattinen kone: se pitää tasaisena vesi- ja suolapitoisuudet, veren ja kudosten koostumuksen, sekä säilyttää MUOTONSA.



LÄP  
LÄP  
LÄP

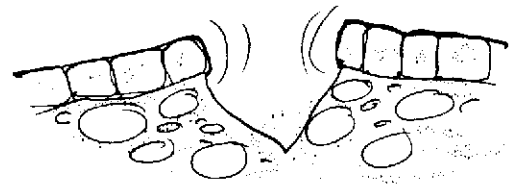


Ihosolujen jakaantumisen estää pelkkä kontakti.

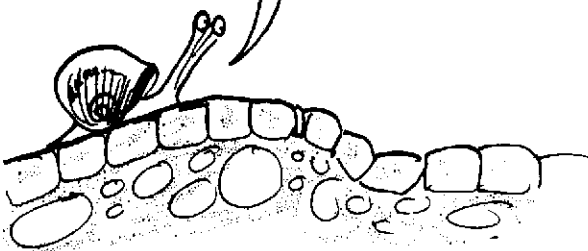


Jokainen olennainen muutos tavanomaisiin arvoihin nähden häiritsee luonnollista tasapainoa.

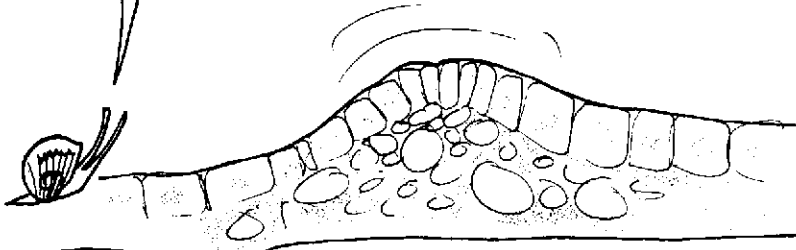
Pieninkin virhe luonnollisessa haarniskassamme johtaa solujen jakaantumiseen haavan reunoilla.



Jakaantuminen estyy kontaktin palautumisen myötä.



Jos kehon mekanismi reagoi liian hitaasti, arpi pullistuu.

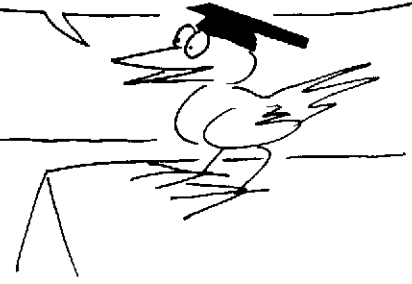
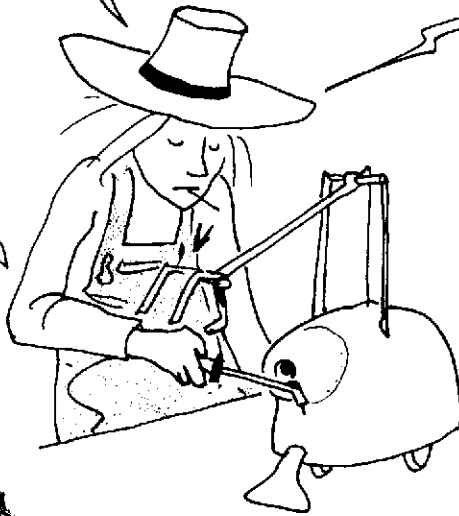
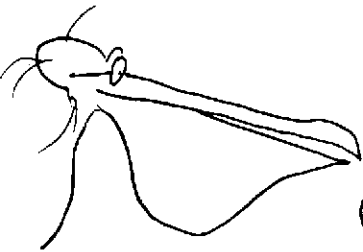


Mitä sinä teet?

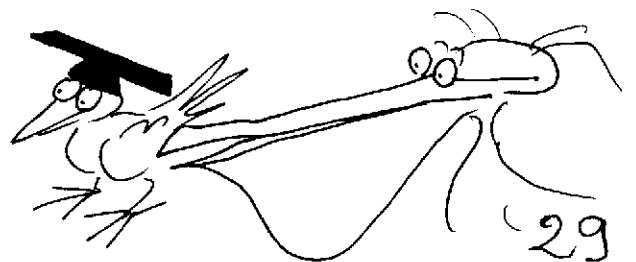
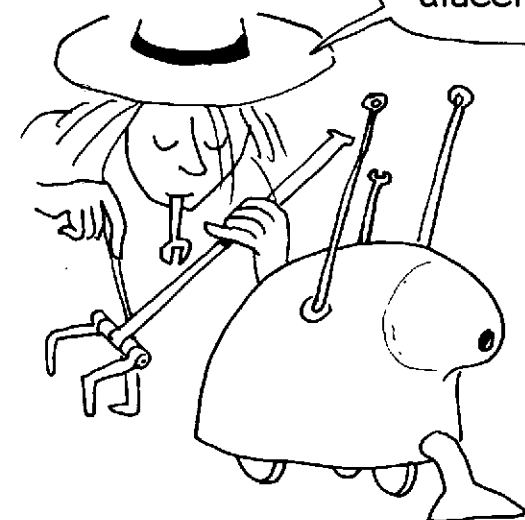
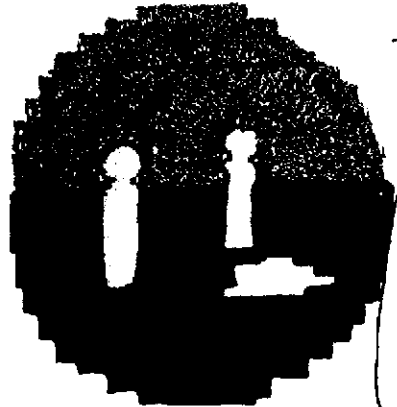
Sofia pyysi minua hankkiutumaan eroon hiirenpesästä. Yritän ottaa ne jyrsijät kiinni.

Laitan kilpikonnalle saalistajakäsivarren ja seurantaohjelman, joka toimii infrapunasilmällä.

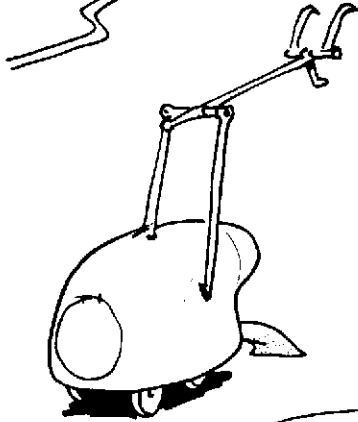
Hiiret ovatkin lämpimiä: 42°C.



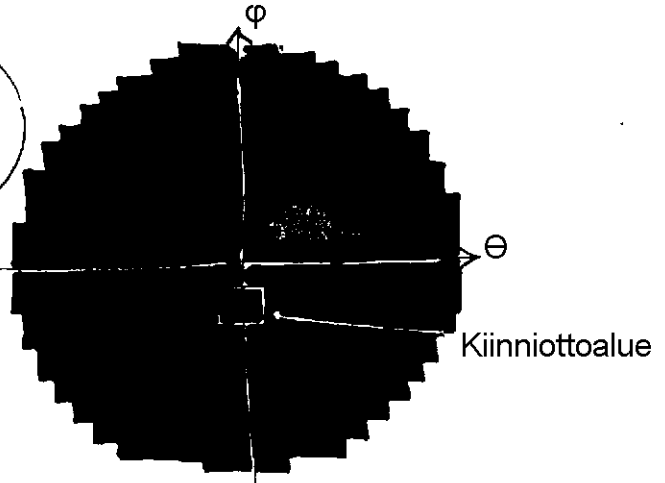
Kaikki on kiinni kynnsarvoista. Lattia on « MUSTA », seinät ja keilat ovat "HARMAITA" ja hiiret "VALKOISIA". Minun tarvitsee vain ohjelmoida kilpikonna jahtaamaan kaikkia erittäin kirkkaita esineitä (paitsi alueella C, joka on kasvivoimalan lämpövastuksen alue).



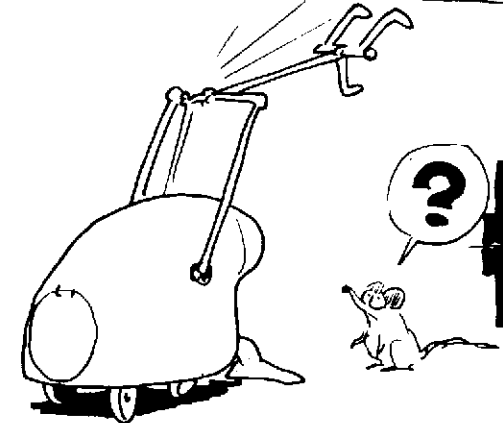
Katso, se huomasi hiiren.



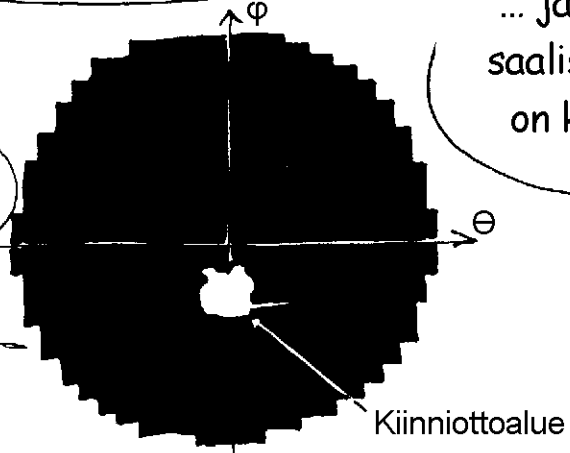
Mikä ihmeen koje tämä nyt sitten on?



Se asettautuu ensin hiiren yläpuolelle...

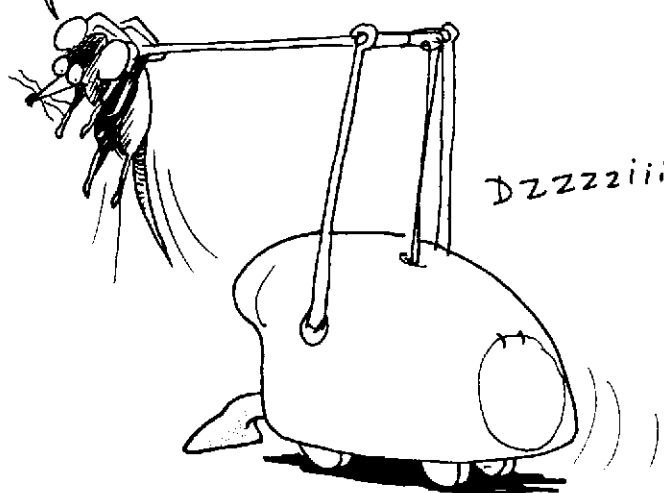


... ja lähestyy sitten saalistaan kunnes tämä on kiinniottoalueella.



Hei!

Päästä irti!



Kas noin.

ANSELMI !

Mitä?

Mi ?

Voisitko saada sen irrottamaan otteensa tästä kupista? Tai siitä mitä vielä on jäljellä...


Tietenkään se ei kykene erottamaan hiirtä ja lämmintä kahvikupia toisistaan !

Samoin kävisi yöaikaan saalistavalle käärmeelle.

Hiisi !

Lisäksi kilpikonna sekoittaa lähellä olevan keilan ja kaukana olevan hiiren (lämpösäteilyn voimakkuus vaihtelee käänteisesti etäisyyden neliöön nähden).

Likinäköinen kilpikonna !



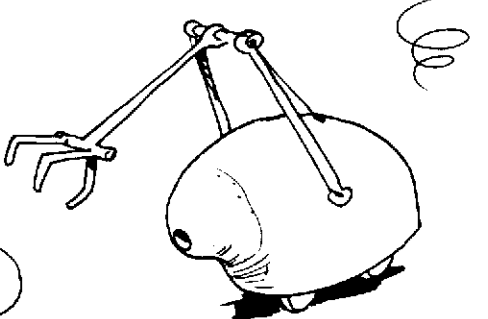
Olet tainnut unohtaa jotakin...  
Talvella kilpikonna on lähes sokea.

Miksi?


Meillä on lattialämmitys!



Olen ymmälläni.



Ehkä se voisi  
vaipua horrokseen.



Ratkaisu olisi, että kilpikonna  
pystyisi TUNNISTAMAAN esineiden  
MUODOT tietääkseen mistä on kyse.



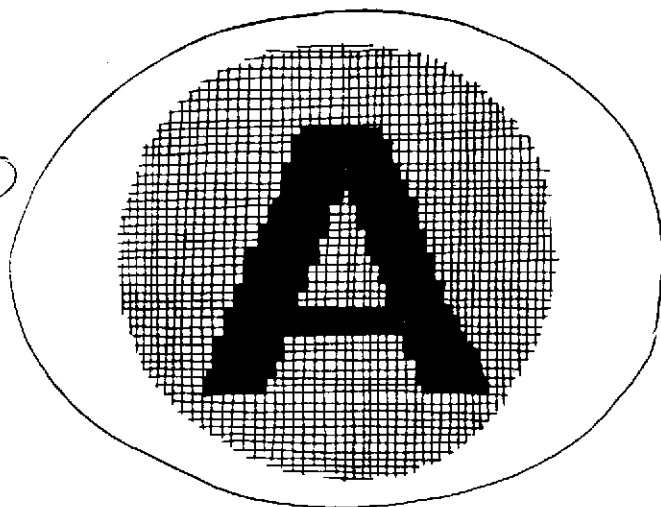
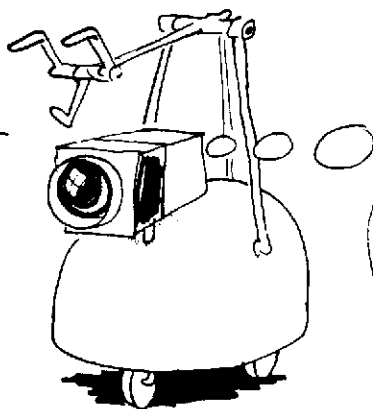
Yhtä hyvin voisit opettaa sen  
lukemaan!



# MUOTOJEN TUNNISTAMINEN



Tämän korkeampiresoluutioisen televisiokameran pitäisi toimia infrapunasilmää paremmin.



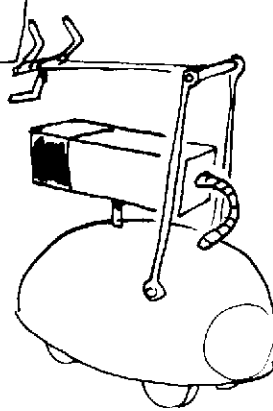
Jokainen kameran eteen ilmestynvä esine edustaa pisteiden, tai pienistä x- ja y-koordinaatteista koostuvien ruutujen, kokonaisuutta.

Jotta jonkin esineen voisi tunnistaa, on pitänyt nähdä se joskus aiemmin.

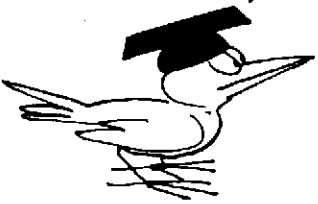
Alkajaisiksi meidän on saatava kone MEMORISOIMAAN MUOTOJA.



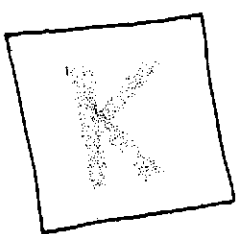
A B C D E F



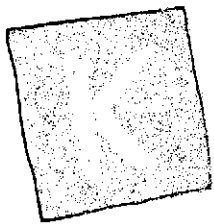
Esimerkiksi akkoset kirjain toisensa jälkeen.



Ymmärrän operaation tarkoituksen. Näytät myöhemmin koneelle yhden kirjaimista, ja se etsii vastaavan muodon muististaan.

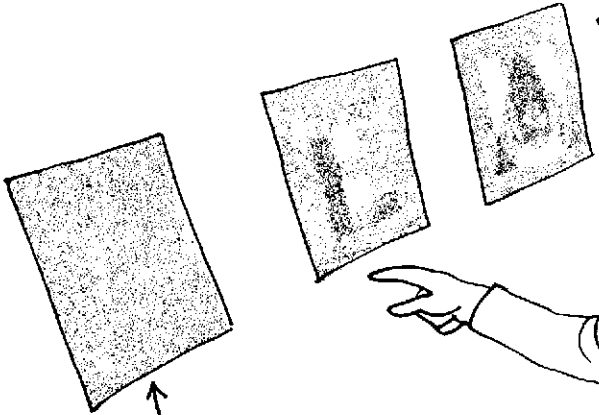


Signaali



Tunnettu signaali

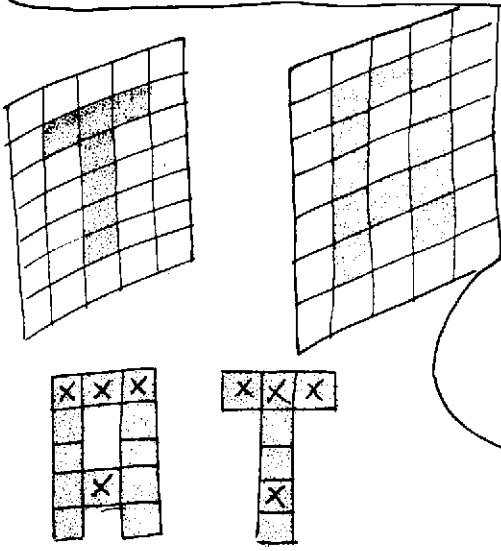
Jolloin uusi signaali asetetaan vanhan päälle, negatiivisena.



Täydellinen vastaavuus

Jos vastaavuus on täydellinen, tulos näyttää kokonaan harmaalta.

Itse asiassa, koska signaali on koordinaatiosoluja  $(x,y)$  vastaavista arvoista (nolla tai yksi) koostuva kokonaisuus, tietokone laskee vastaavuuksien ja ei-vastaavuuksien summan.



Vastaavuuksia: 4 ruutua  
Signaalin ruutujen määrä: 7  
Vastaavuuksien prosenttiosuus: 4/7

Niin, mutta huomaatko ongelman?  
Konnasi tunnistaa kirjaimen vain jos se on täsmälleen oikeassa linjassa - ja sopivan matkan päässä.

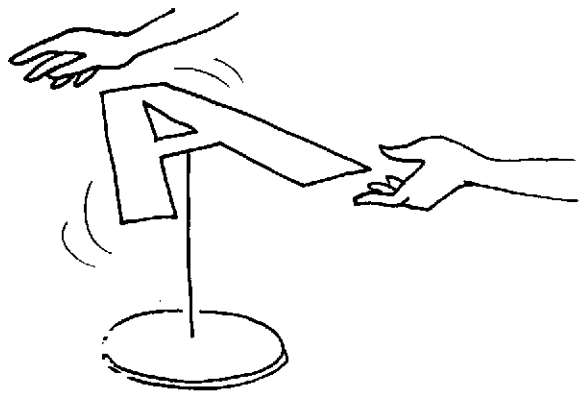


Kuvitteletko sen olevan kovinkin todennäköistä?

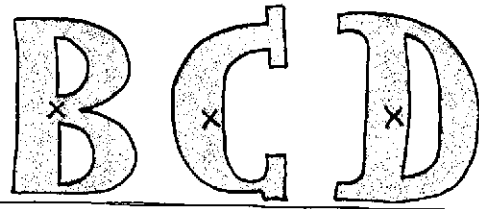


Himpural!  
Hankalampi juttu...

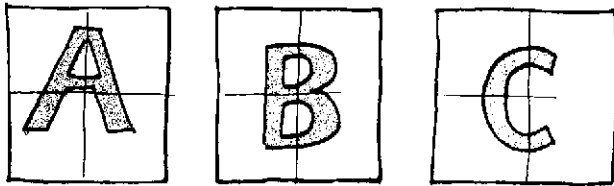
Minulla on ratkaisu!



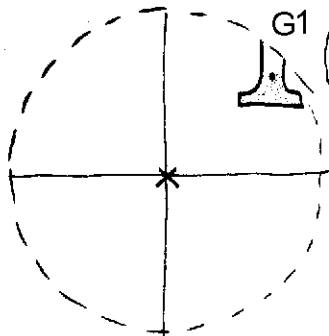
Määritän jokaisen merkin eli muodon painopisteen.



Ennen kuin tallennan merkin koneen muistiin, ohjaan optisen akselin vastaamaan painopistettä.



Oletetaan, että jokin muoto ilmestyy koneen näkökenttään.



Saamme koneen laskemaan saman tien näkemänsä osan painopisteen G1.

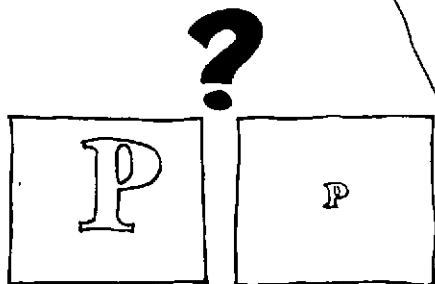
Sitten se siirtää kameransa niin, että optinen akseli vastaa G1:ä.



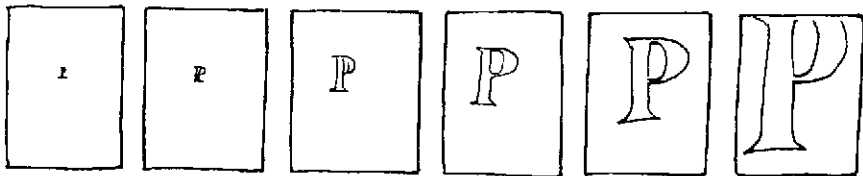
Tämän tehtyään kone laskee uuden kuvan painopisteen G2:n sijainnin, ja asettuu sen mukaan...

... mikä mahdollistaa sen, että kone vähitellen löytää oikean sijainnin esineeseen nähden.

Entä sopivan välimatkan ongelma?



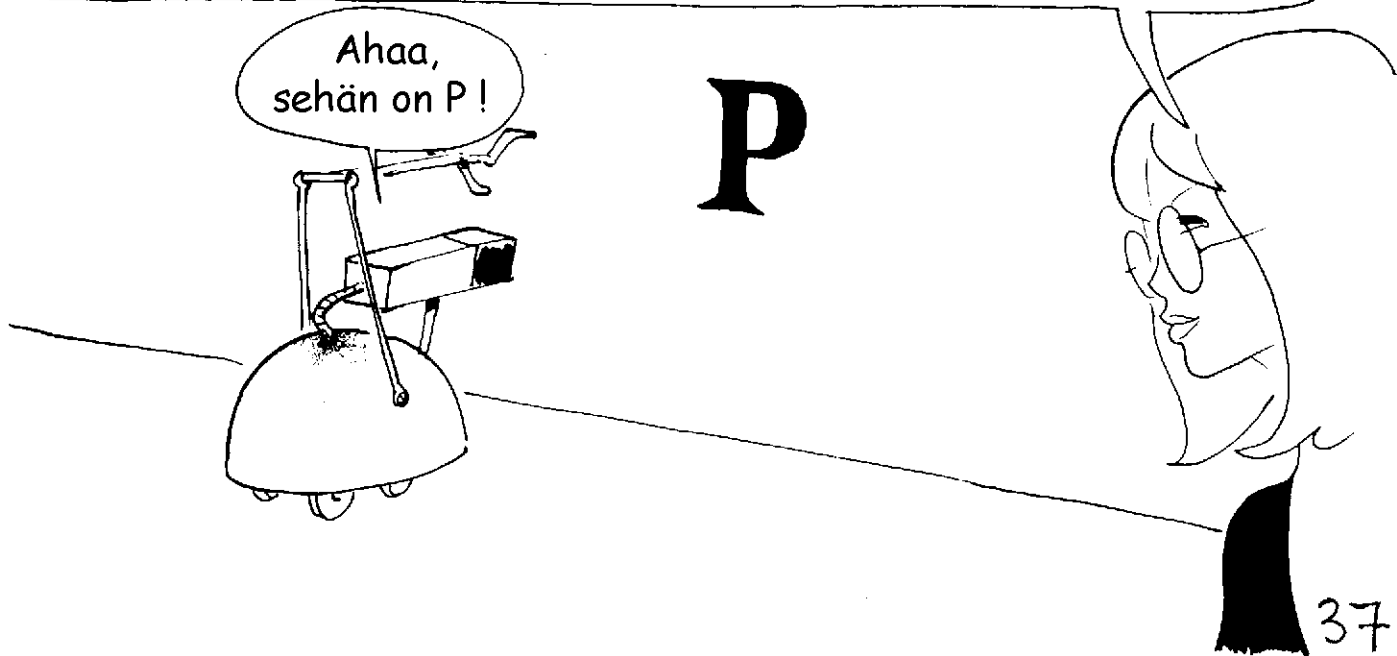
Sisäänrakennettu tietokone voi "tuottaa N määrän kopioita" kuvasta, suurennettuina tai pienennettyinä...



... ja verrata niistä jokaista muistissaan oleviin muotoihin.

Ahaa, sehän on P!

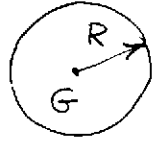
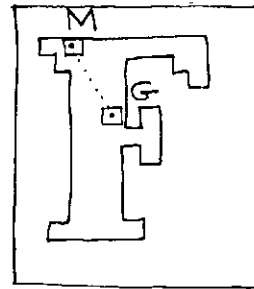
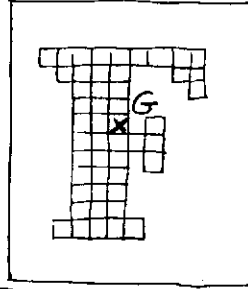
P



Odottakaa, voimme välttää tämän systemaattisen eri kokoisten kuvien analysoinnin. Kaukaa katsottuna esine näyttää epämääräiseltä läntiltä. Sen kuvalla on sekä PAINOPISTE että näennäinen HALKAISIJA.

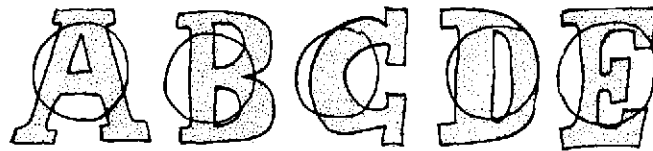


Miten aiot selvittää kuvan halkaisijan  $\Phi$  ?

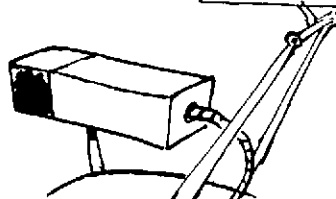
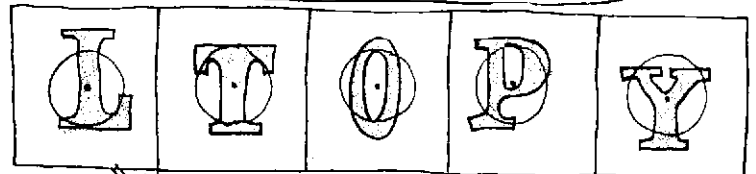
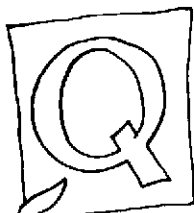


Otan huomioon kaikki kuvan muodostavat pisteet (M) ja yhdistän ne painopisteeseen G. Lasken yhteen kaikki matkat GM ja jaan summan eri pisteiden lukumäärällä. Näin saan keskiarvon R ja totean, että  $\Phi = 2R$  on kyseisen kuvan näennäinen halkaisija.

Jokaiseen kirjaimen tai merkkiin on liitetty ympyrä, jonka keskikohta on painopisteessä G ja jonka halkaisija on yhtä kuin  $\Phi$ .

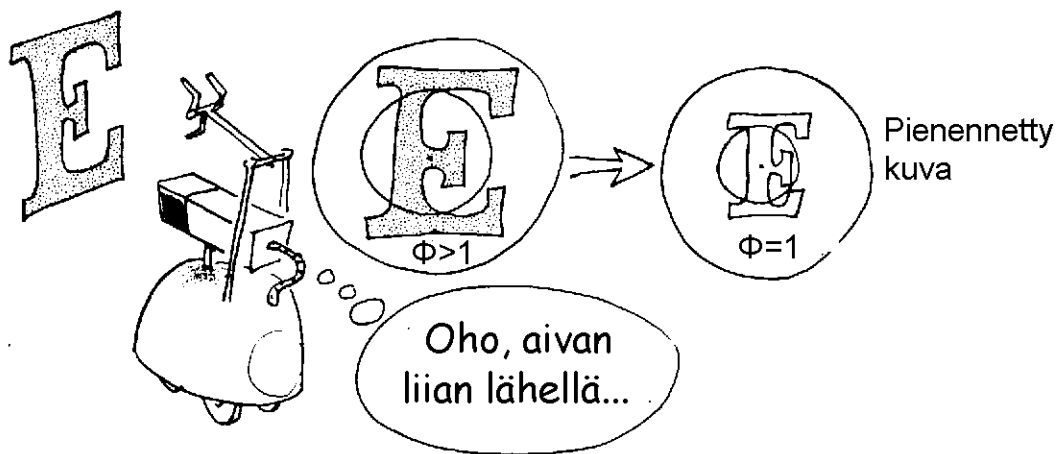
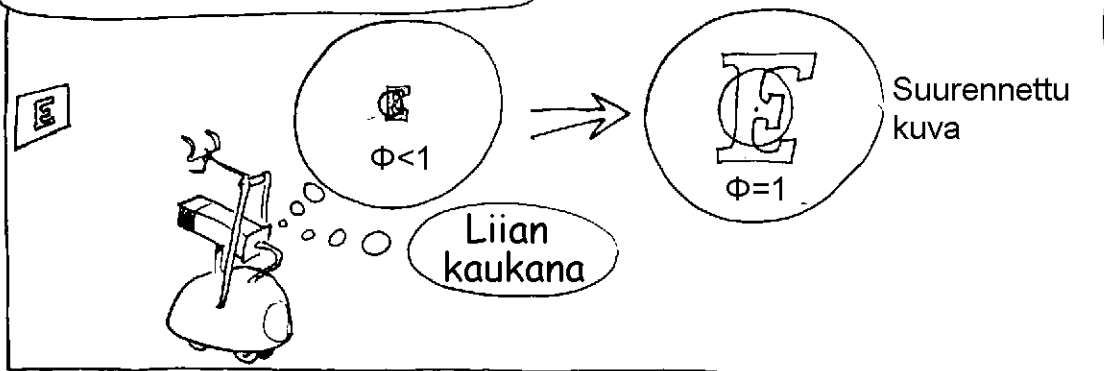


Sen sijaan, että tallentaisimme merkit kuten aikaisemmin, järjestän asian niin, että jokaisella niistä on sekä sama painopiste (esimerkiksi  $x_G=0, y_G=0$ ) että sama halkaisija.

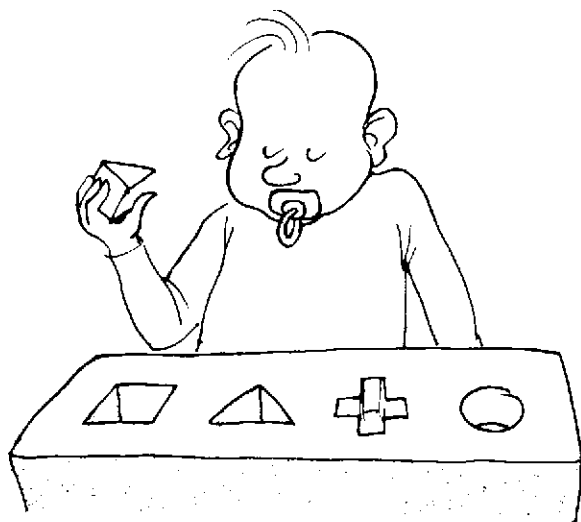


Toisin sanoen keskittämme ja KOHDENNAMME.

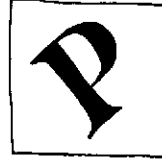
Olemme jo nähneet kuinka kilpikonna pystyy automaattisesti asettautumaan painopisteen mukaan. Silloin se voi myös laskea vastaanotetun kuvan näennäisen halkaisijan. Jos tämä on muista poikkeava, sisäänrakennettu tietokone tarkentaa pisteeseen  $G$  kunnes se saavuttaa näennäisen halkaisijan 1.



Nyt ei tarvitse muuta kuin selata muistissa olevia muotoja ja etsiä niiden joukosta paras vastaavuus.



On myös mahdollista, että merkki on kallellaan. Siinä tapauksessa jokaisesta kokeillusta kuvasta pitäisi tuottaa 0°:sta 360°:een kierrettyjä kopioita.



Jos ihminen toimii samalla tavalla, ajatelkaa mikä työmäärä jokaisella vilkaisulla! Sen täytyy kestää mielettömän kauan!

HELSINGIN  
SANOMAT  
UUSI  
MAAILMAN  
ENNÄTYS!

Totta, jos MIKROPROSESSOREITA on vain yksi. Mutta mitä sanoisit systeemistä, joka koostuisi TUHANSISTA yhtä aikaa toimivista mikroprosessoreista?

Hei kaverit, löysin sen!

Ei tämä...

Eikä tämä.

Hmm... Ei.

Tiedonkäsittely olisi huomattavasti nopeampaa!



Elävä olento, kuten ihminen, harjoittaa muotojen tunnistamista syntymästään lähtien. Lukiessasi näitä rivejä aivosi, jotka käsittelevät silmiesi lähettämää tietoa, vastaavat teholtaan 10000:a samanaikaisesti toimivaa mikroprosessoria.

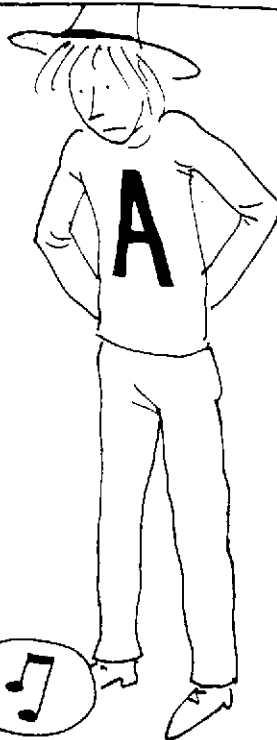


Suorastaan häkellyttävää!

Itse asiassa on ihme, että koemme itsemme yhdeksi ainoaksi olennoiksi.



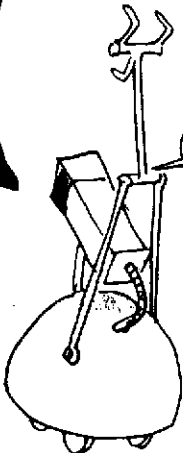
Tosiasiaa muotojen tunnistaminen on vieläkin monimutkaisempi juttu. Olemme tässä antaneet asiasta vain yksinkertaistetun kuvan.



Tässä meillä on siis kilpikonna, joka osaa lukea.

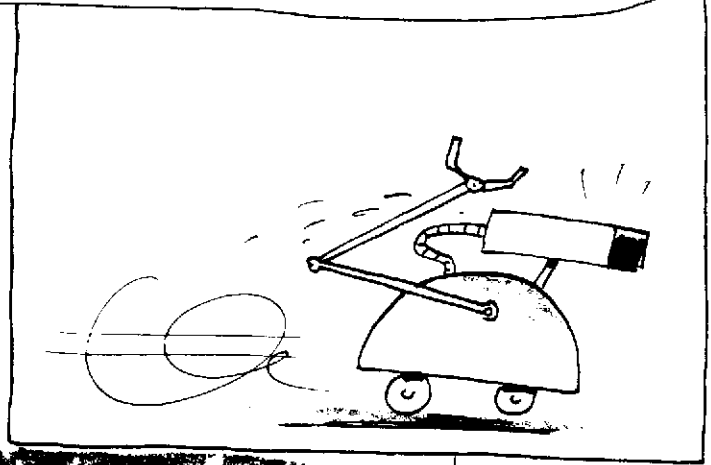
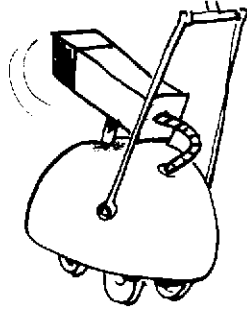


Nyt on nähty kaikki...

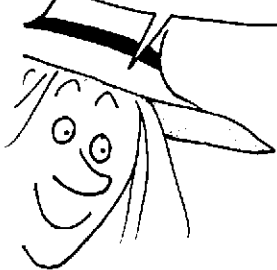


Jos konna osaa lukea kirjaimia, se pystyy myös tunnistamaan kirjainryhmiä - sanoja ja lauseita.

VAARA

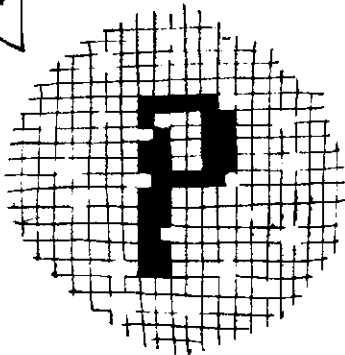


Kas tässäpä mielenkiintoinen koe.



Hei, sataa lunta!

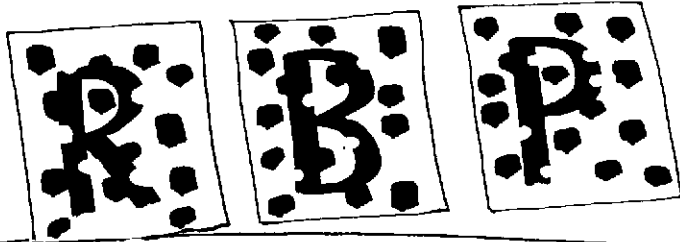
Tässä on kirjain sellaisena kuin kilpikonna sen näkee tiettyä ajankohtana.



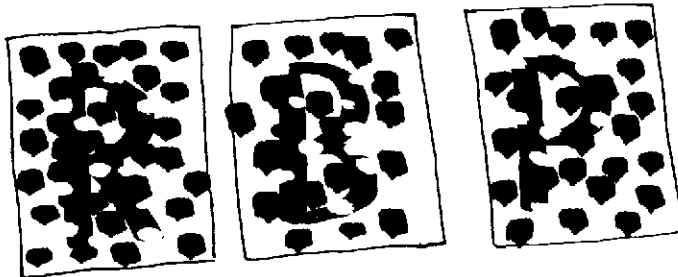
# MELU

Jokaista kuvaa häiritsee TAUSTAMELU.

Ensimmäinen ajatus on: Tunnistaminen ei välttämättä edellytä sataprosenttista vastaavuutta.



Melusta huolimatta nämä kuviot ovat edelleen täysin tunnistettavia ja toisistaan eroteltavia.



Mutta kuvitellaan, että otamme samasta esineestä useita kuvia samasta kohdasta.



Huomaamme, että koska meillä on kaksi silmää, työstämme koko ajan KAHTA kuvaa.

Nyt en tunnista enää mitään!

Vastaavuus on vain 75 prosenttia.

# KUVANKÄSITTELY

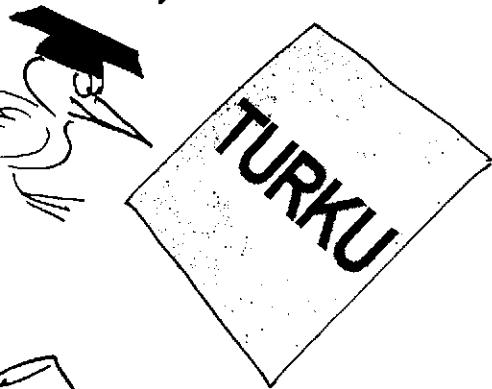
Yhdistämällä N kuvaa voimme parantaa havainnointia, eli signaalin TUNNISTAMISTA.

Voimme esimerkiksi asettaa ne päällekkäin saadaksemme keskiarvon.



On olemassa myös hienostuneempia matemaattisia menetelmiä.

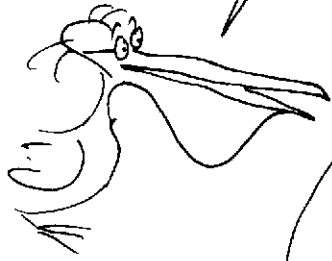
Jos peitän signaalin esimerkiksi kädelläni, en pysty lukemaan sitä.



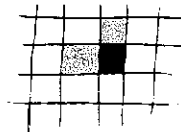
Mutta jos heilutan kättäni, pystyn!



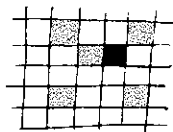
Jos ymmärsin oikein, haluaisit saada elukkasi tunnistamaan merkkejä kaikissa olosuhteissa, satoi tai paistoi... Tämä muotojen tunnistaminen edellyttää painopisteen ja näennäisen halkaisijan laskemisen uudelleen jokaisen kuvan kohdalla. Kaiken tämän TAUSTAMELUN kanssa se voi olla hankalaa.



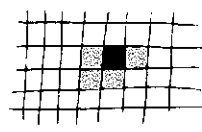
Minulla on idea kuvan tarkentamiseksi. Kaikista pisteistä poistamme ne, joilla ei ole vähintään kahta naapuria.



Säästetään



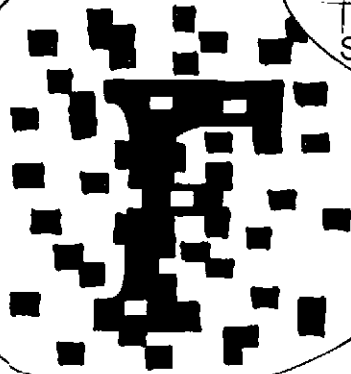
Poistetaan



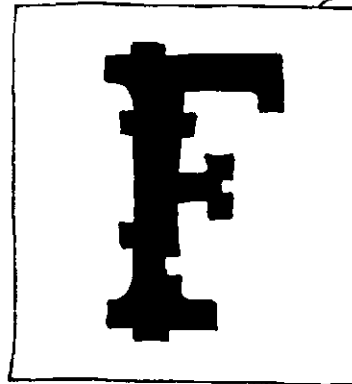
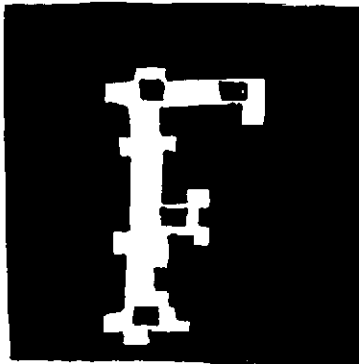
Säästetään



Näin pääsemme eroon suurimmasta osasta yksittäisiä läikkiä.



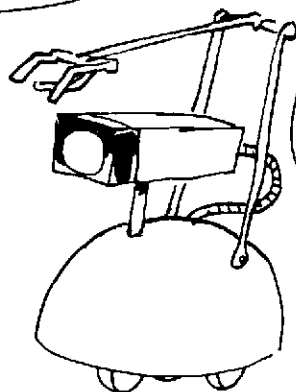
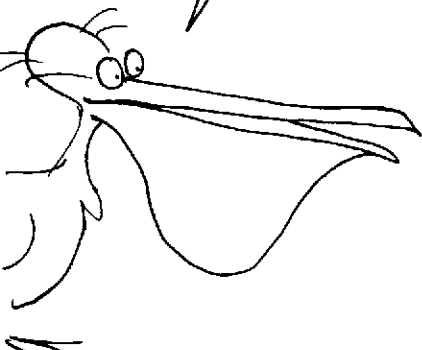
Sen jälkeen luomme käänteisen kuvan ja toistamme äskeisen.



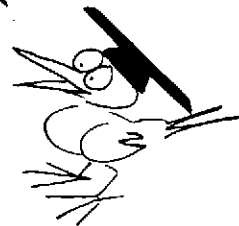
Tässä on kuva toisen käsittelyn jälkeen.



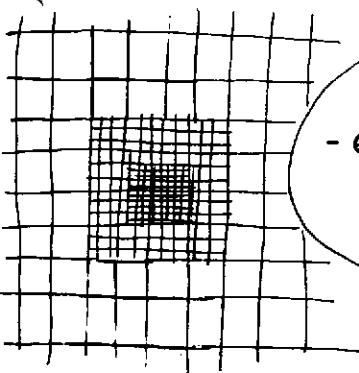
Selvä, kilpikonna osaa nyt lukea kaikissa olosuhteissa, mutta mitä sitten?



Kuvittele, Leo, että konnan verkkokalvo muistuttaisi vieläkin enemmän ihmisen verkkokalvoa.



Solujen lukumäärä - erotuskyky - olisi suurempi verkkokalvon keskusta kohden.



**Lukeakseen tekstin** optinen akseli hyppelehtii arvaamattomasti kirjaimesta toiseen.

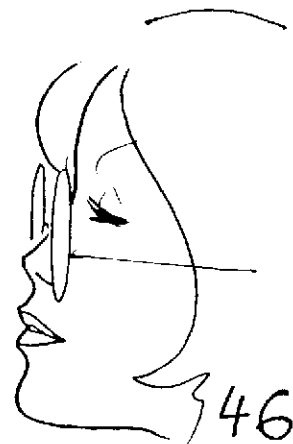
Lukeakseen tekstin

**Lukeakseen tekstin**

Vain tietyt alueet ilmenevät tarkkoina...

... mutta aivot rekonstruoivat **TODENNÄKÖISIMMÄN VIESTIN.**

Näin pystymme lukemaan nopeammin.



Niin, KAIKEN tiedon kokoaminen - koko tekstin lukeminen sanasta sanaan, kirjaimesta toiseen ja kirjaimen osasta toiseen - kestäisi ikuisuuden.

Tietyt avainmuodot riittävät kirjainten tunnistamiseen.

Tietoa on selvästi turhan paljon.

Useimmiten kaksi vilkaisua - sanan alkuun ja loppuun - riittävät.

Ja mikä koskee lukemista, koskee myös muita näköhavaintoja.

Jos tuntuu, että jokin ei täsmää, niin silmä vilkaisee uudelleen ongelmakohtaa.

# HAVAINNOINTI

Aistimme toimittavat meille jatkuvasti tietoa.



Mutta me poimimme ympäristöstämme vain PIENIMMÄN tarvittavan määrän tietoa muotojen, äänten ja vastaavien asioiden tunnistamista varten.



Näitä tietoja aivomme vertailevat jatkuvasti valtavaan muistissamme sijaitsevaan signaali- ja symbolipankkiin.

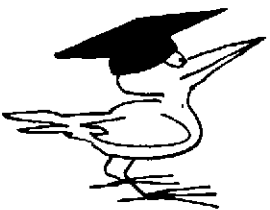
*Hiekkaan pürretty muisti...*



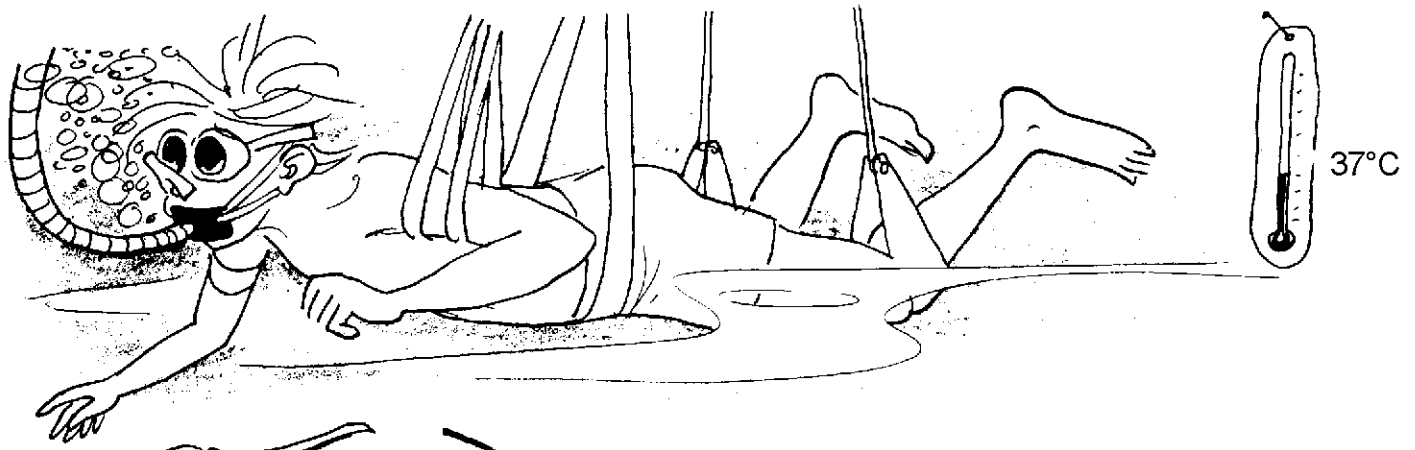
... jota täytyy koko ajan virkistää.



On huomattu, että jos yksilön eristää kaikesta ulkoisesta tiedosta, kaikesta havainnoinnista, muisti joutuu äkkiä tuuliajolle.







Kun on viettänyt muutaman päivän ilman tuntemuksia, on vaikea suorittaa mitä yksinkertaisimpia liikkeitä, kuten lasin nostaminen. Niin kuin mielikuvaamme ulkoisesta maailmasta pitäisi koko ajan päivittää.

Olemme jatkuvassa oppimistilassa.

Palatakseni elukkaamme, se kykenee siis tunnistamaan erittäin nopeasti suuren määrän asioita, satoi tai paistoi ja pystyssä tai ylösalaisin. MUTTA ENTÄ SITTEEN?

Se on edelleen täysin tyhmä.

Se ei tule koskaan tekemään muuta kuin tottelemaan käskyjä,  
jotka TE olette siihen ohjelmoineet.

SISÄÄN

SEIS

ULOS

RAVINTOA

VARO! VAARA!

Voimme lisätä sattunaisgeneraattorin saadaksemme  
hieman vaihtelua konnan käyttäytymiseen.

Vähän niin kuin se  
heittäisi kolikkoa  
tekemisistään.

Elävilläkin olennoilla  
ei ole sataprosenttisen  
säännöllistä käyttäytymistä.

Myönnän, että tulen toisinaan tehneeksi  
vähän... mitä sattuu!

# ÄLYKKYYS JA TYHMYYS



Mutta se on pelkkä illuusio:  
Tämä kone on ja tulee aina olemaan  
täysin tyhmä.

Leo, mitä  
älykkyys sinun  
mielestäsi on?

Älykkyys on...  
öh... Äkkiä jokin  
määritelmä...!

Usein käyttäydymme  
kuin automaattit, niin kuin  
meidät olisi ohjelmoitu.

Minäkin  
olen tyhmä.

Ihminen, joka kykenee marssimaan musiikin  
tahtiin, ei tarvitse aivoja. Pelkkä selkäranka  
riittäisi oikein hyvin. (\*)



Älykkyys on jotain, mikä erottuu valmiiden vastausten ja ennaltamäärättyjen ajatusten massasta.

Tähän asti olet yrittänyt jäljentää toinen toistaan kehittyneempien eläinten käyttäytymistä.

Nuuh...

SSSSS

!!!

Mutta vaikkei yksikään ihminen synny kielen tai ajatusten kanssa, jokaisella on tietty määrä ennalta-ohjelmoituja käyttäytymismalleja - VAISTOJA. Nämä rekisteröityvät mieleen hedelmöittymisajankohtana, sikiövaiheessa ja elämän alkuaikoina.

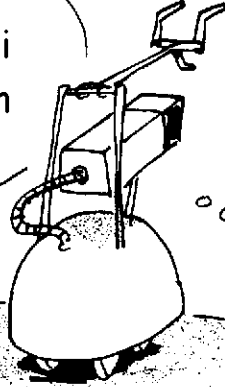
Ja tämä tulee esiin erityisesti haluna tutkia ja oppia.

Ohjelmoin siis kilpikonnin oppimaan.

# YRITYS-EREHDYS -MENETELMÄ

Kas, sana jota en tunne... Mutta nuoli näyttäisi osoittavan suunnan.

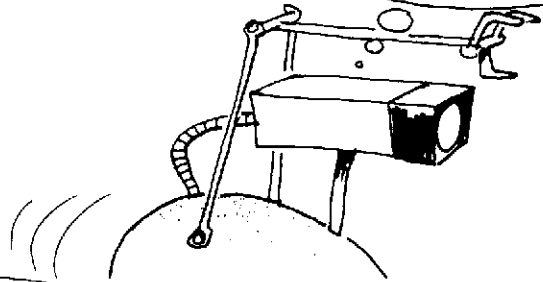
PORTAAT →



Rekisteröin sanan muistiini.

PORTAAT →

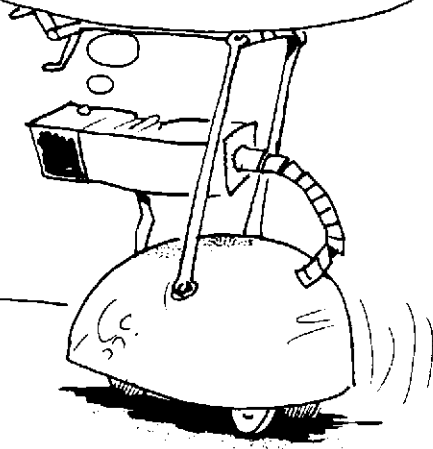
Mennään katsomaan...



PORTAAT →

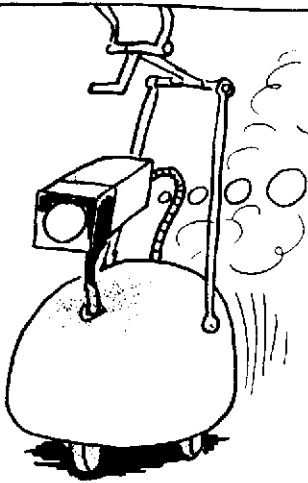
KLONK  
KLONK  
KLONK  
PUM!

Luulenpa  
etten erityisemmin  
pidä portaista...



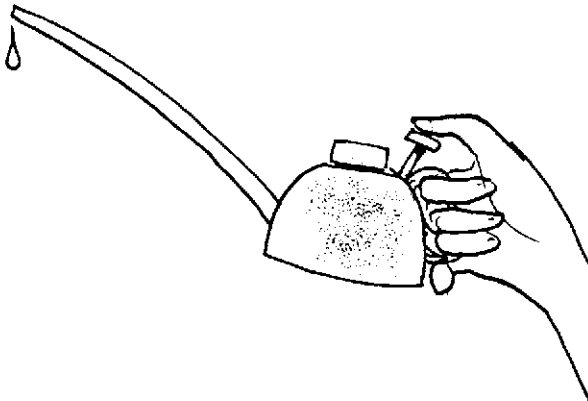
Krii...  
Kriiii...

Konna voi tehdä kokeiluja ja niiden perusteella itselleen hyödyllisiä päätelmiä.

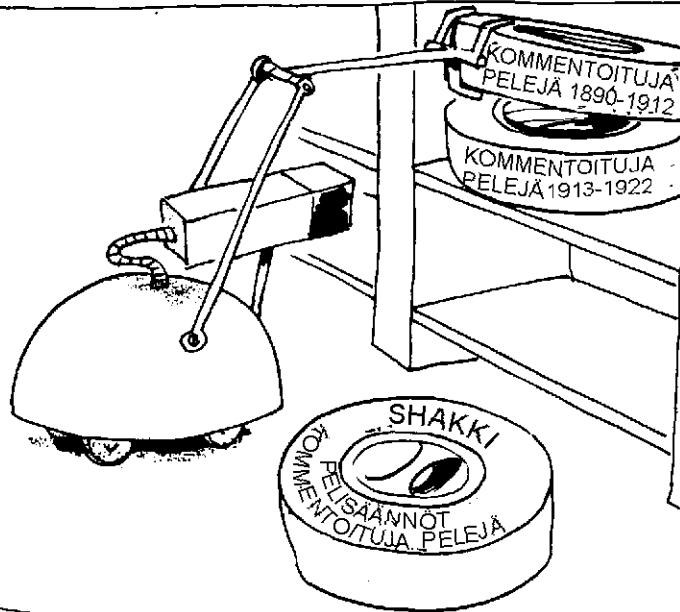


60 voltilla  
lataudun nopeasti,  
mutta kuumenen  
liikaa.

Ongelma on tietää,  
kuinka pitkälle tällä  
oppimismenetelmällä  
voi mennä.



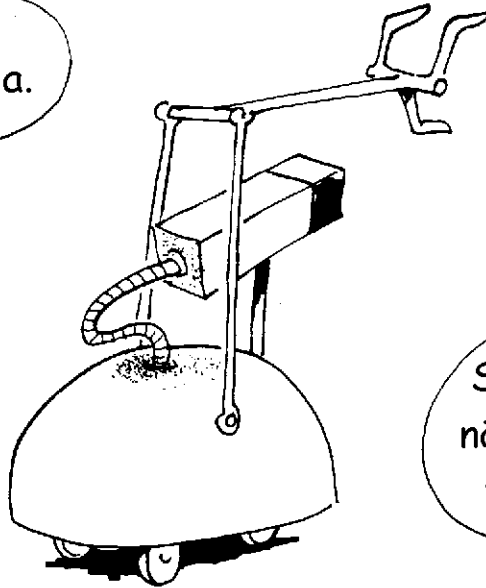
Koneet pystyvät keräämään kaikenlaisia tietoja.



Ensinnäkin hakemalla niitä eri TIETOKANNOISTA.



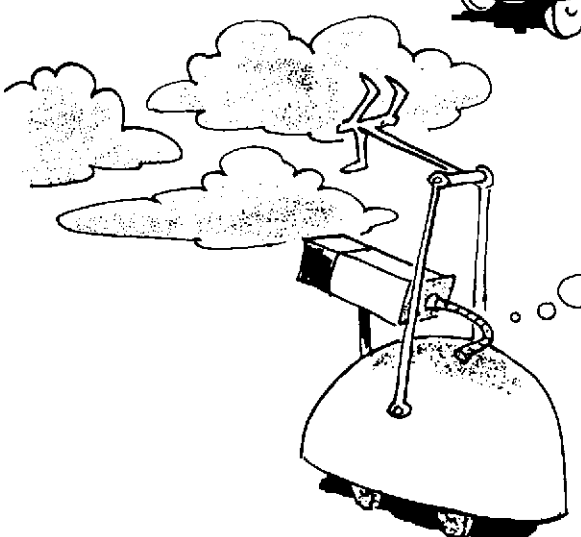
Toiseksi tuntoelintensä avulla.



Sitten se voi ANALYSOIDA näitä tietoja ja etsiä asioiden väliltä KORRELAATIOITA.



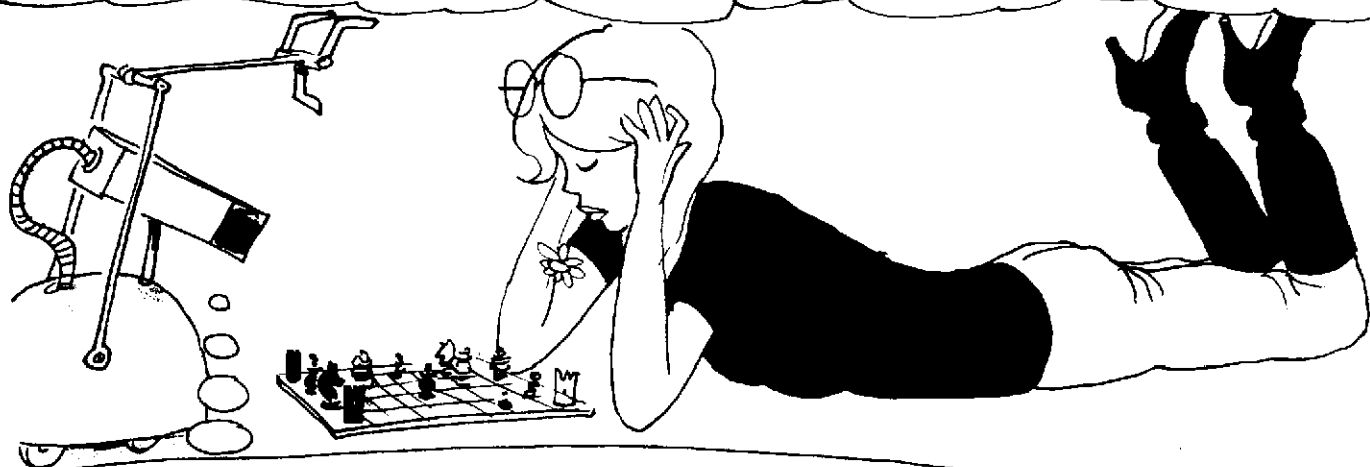
Olen huomannut, että kun nämä harmaat massat kasaantuvat, ei kestä kauaa ennen kuin alkaa sataa.



Ja sade on pahaksi  
koneistolle!

Nämä yleiskokeilut  
saavat koneen jatkuvasti  
tarkistamaan oppimis-  
menetelmänsä.

Kaunis ilma  
tänään!



Katsotaanpa, viime kerralla tornin siirtäminen  
osoittautui huonoksi ideaksi...

Tuota nappulaa lukuunottamatta tämä muistuttaa  
Alehinin ja Morphyn välistä peliä vuodelta 1924. Mutta  
yksi nappula voi muuttaa tilannetta huomattavasti.

Kokeilen siirtää lähettiä.

Kohta nähdään...





Aijai!  
Paha juttu.

Joten, missä on älykkyyden  
ja tyhmyyden raja?



Ei pidä unohtaa, että  
vuodesta 1981 lähtien  
BACKGAMMON-pelin  
maailmanmetsari  
on tietokone.

# TURINGIN TESTI

Eräs matemaatikko ehdotti kerran älykkyystestiä:



Päivää, neiti. Onko  
puoli yhdentoista  
junaan vielä vapaita  
paikkoja?

Kyllä on,  
varaanko paikan  
makuuvaunusta?



Onpa sinulla viehkeä ääni.



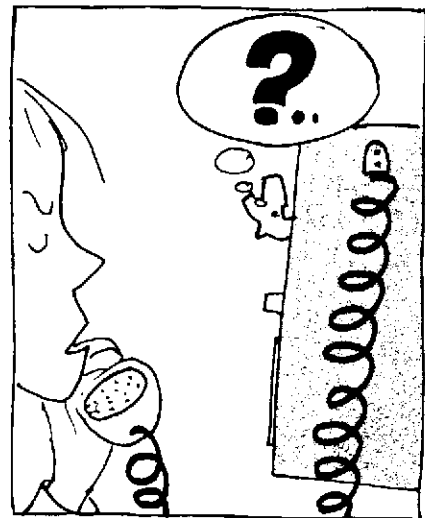
Oih, älähän nyt!

Olisitko  
mahdollisesti vapaa  
jonakin iltana tällä  
viikolla?



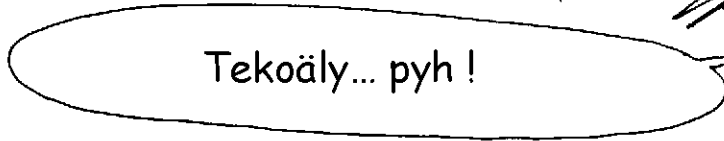
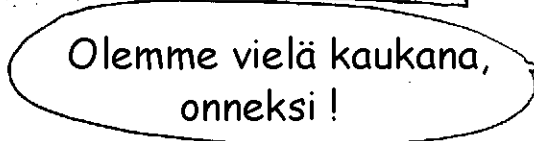
Valitettavasti se  
on mahdotonta...

Ja miksi  
niin?

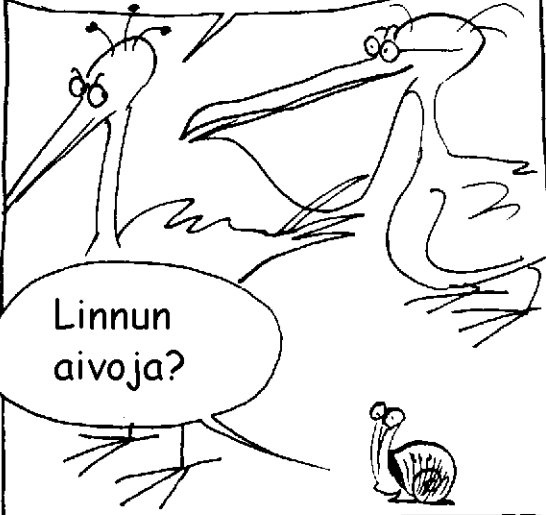


Älykkäänä pidettäköön sellaista konetta, jota ei voi erottaa ihmisestä.

- Turing



Tämä kaikki on naurettavaa. Kukaan ei koskaan saa minua uskomaan, että kone voisi vastata...



Linnun aivoja?

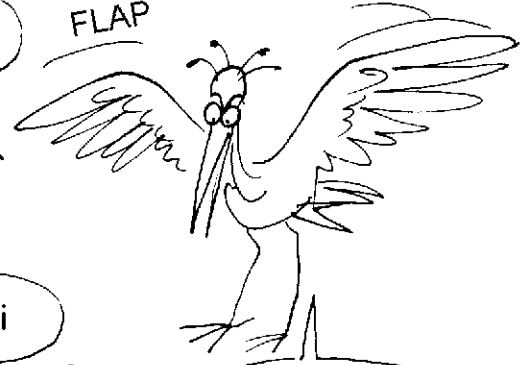
Äh, älä viitsi!



Hi hi hii

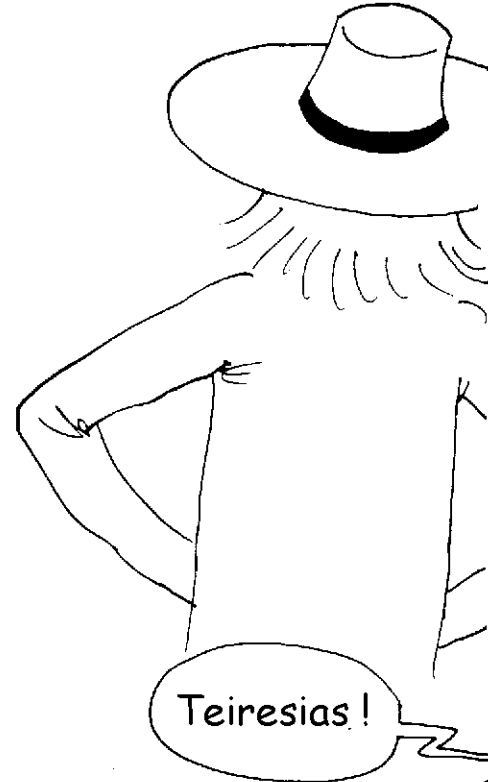
FLAP

FLAP



Senkin näsäviisas kotilo!

Riskinä on että, jos jonakin päivänä koneet muuttuvat älykkäiksi, emme välttämättä ole henkisesti valmiita tajuamaan asiaa.



Teiresias!

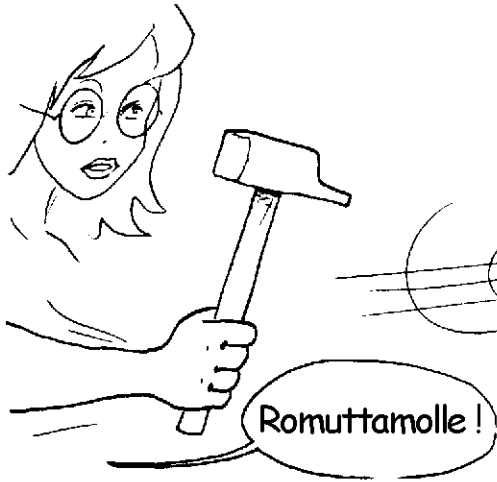


Epistemokyttä! (\*)

# TEKOÄLY



KYBERNETIIKAN ja TIETOTEKNIIKAN avulla imitoimme elävän luonnon SÄÄTÖ- ja OHJELMOINTITOIMINTOJA – sen VAISTONVARAISTA puolta.



Et kai anna periksi juuri kun alkaa käydä mielenkiintoiseksi?

Täällä on kylmä. Taidan lämmittää virtapiirini.

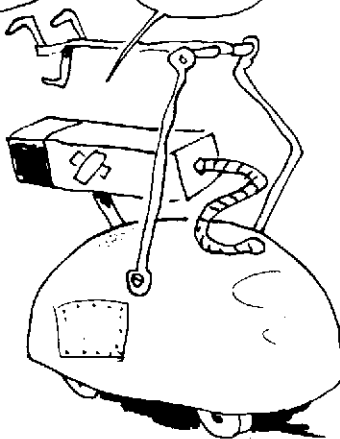


Olemme siis antaneet koneille jo nämä kaikki kyvyt:

OPPIMISKYKY

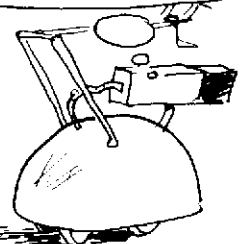
?

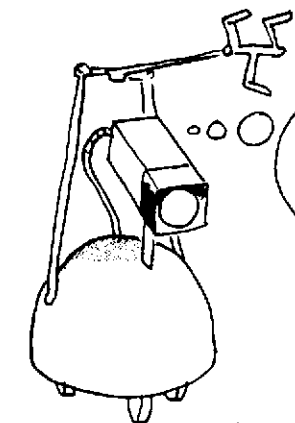
SILTA POIKKI  
500 m



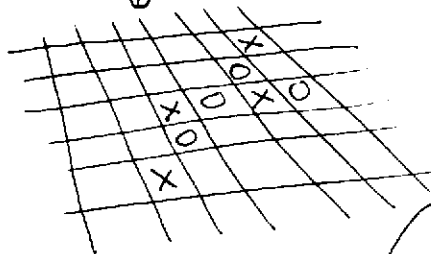
PÄÄTTELYKYKY

Eli, jos kaikki kreikkalaiset ovat valehtelijoita ja Epimenides on kreikkalainen, niin...





Katsotaanpa,  
jos kaikkia odotuksia  
vastaan kokeilenkin  
TÄTÄ...



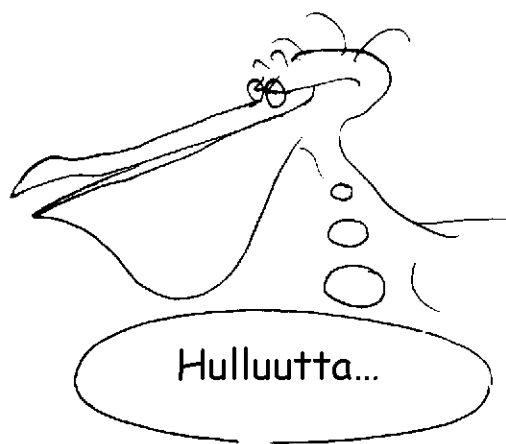
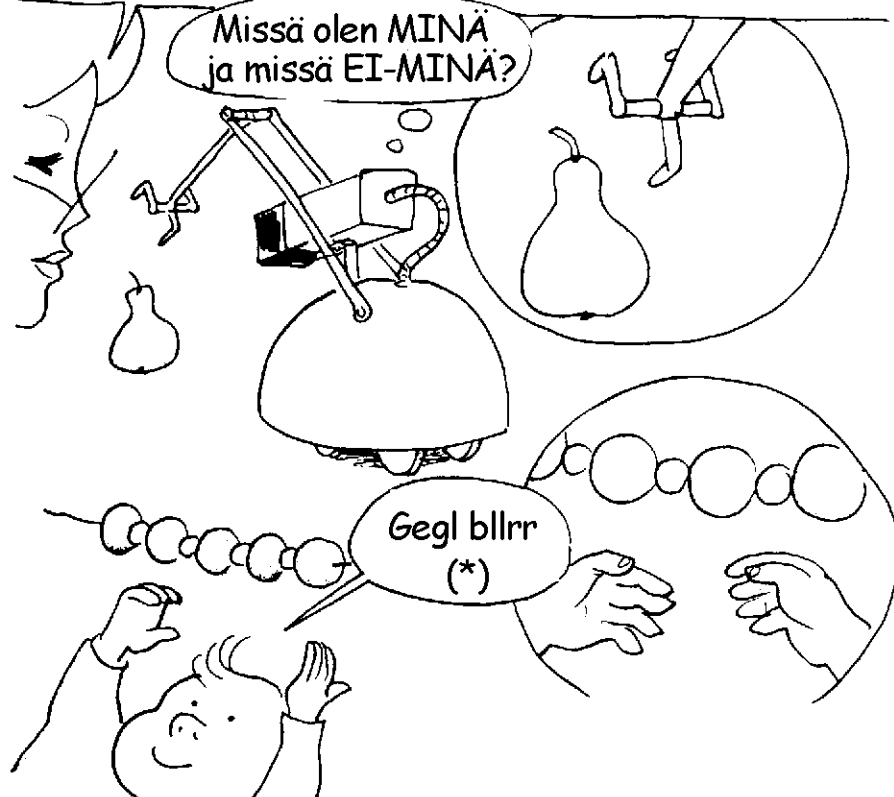
Tämä muuttaa  
siis merkityn ja  
merkitsevän välistä  
suhdetta...



Kyky ILMAISTA itseään  
ja TULKITA merkkejä

Havaittujen kuvien ja merkkien joukossa eräät liittyvät ulkoiseen maailmaan, eli EI-ITSEEN, ja toiset ITSEEN, koneeseen. Oman kehon hahmottaminen on OLEMISEN TIETOISUUDEN perusta.

Missä olen MINÄ  
ja missä EI-MINÄ?



(\*) Käännös: Missä olen MINÄ ja missä EI-MINÄ?



Kohta koneet osaavat korjata itse itsensä, luoda uusia koneita ja jopa KEHITTÄÄ itseään omin päin.

Kommunikoida keskenään

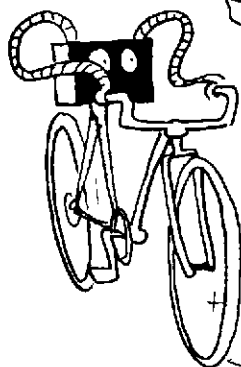
Vaihtaa ajatuksia...

Kun kone kohtaa toisen koneen:

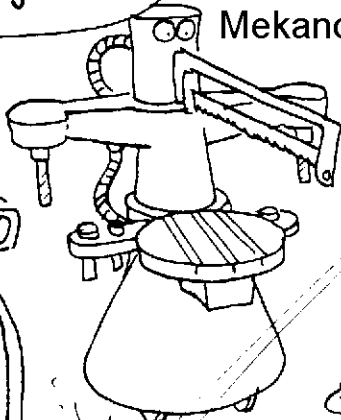
Hei, voisimme vaihtaa tietokantoja.

Minulla onkin erityisen tehokkaat ohjelmat.

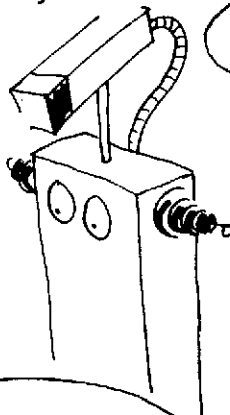
Cyklos



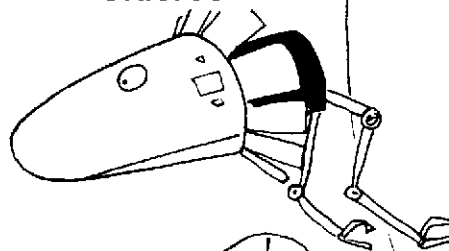
Mekanos



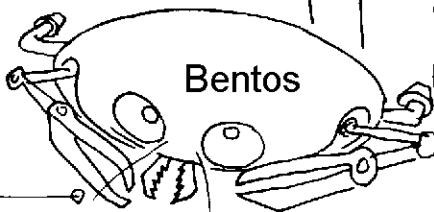
Dynamos



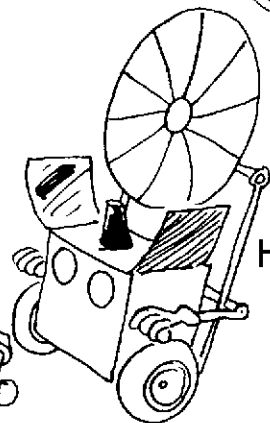
Sideros



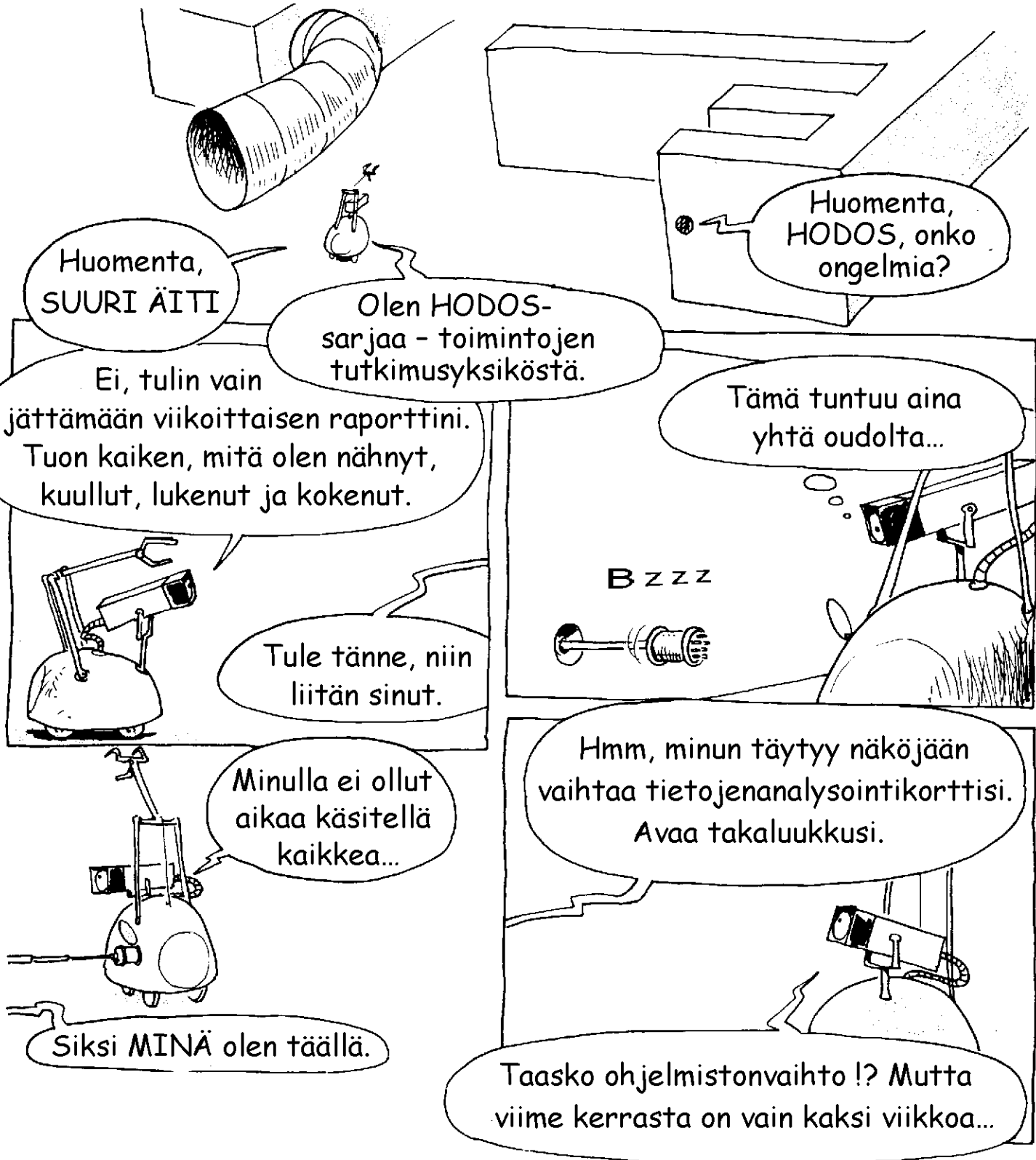
Bentos



Helios

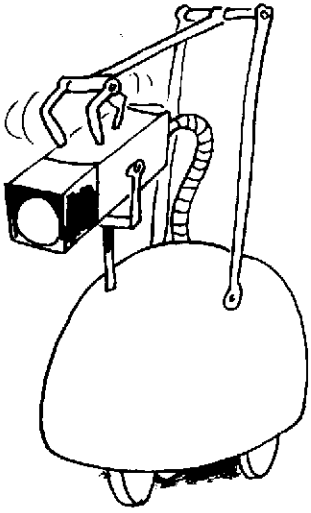


# ENEMMÄN TAI VÄHEMMÄN KAUKAISESSA TULEVAISUUDESSA...

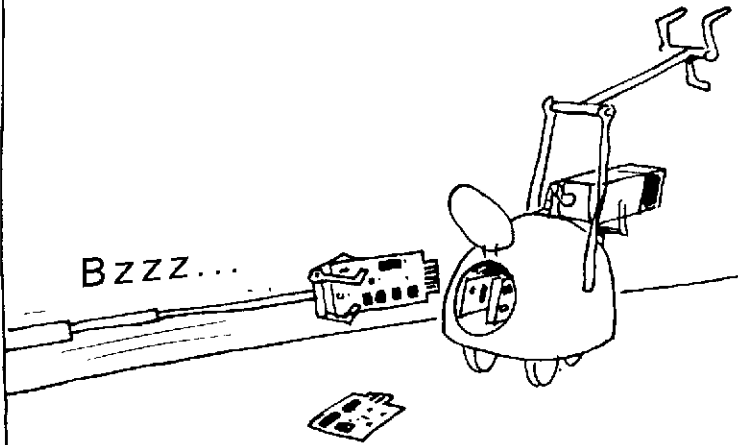




No niin, avaapa  
nyt luukkusi.

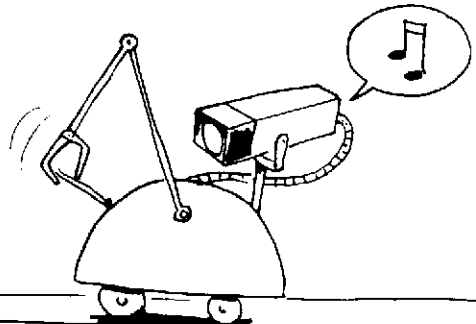
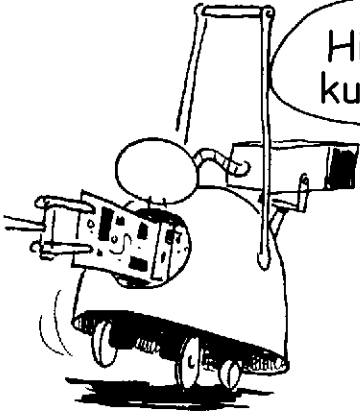


Bzzz...



Hi hi hii,  
kutittaa!

Eikä kutita, typerys.



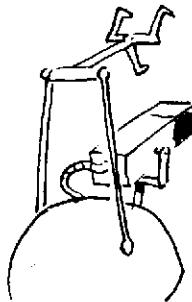
Minulla alkaa  
olla vaikeuksia  
tuon kanssa.

Muka kutittaa!  
Ja mitä vielä?

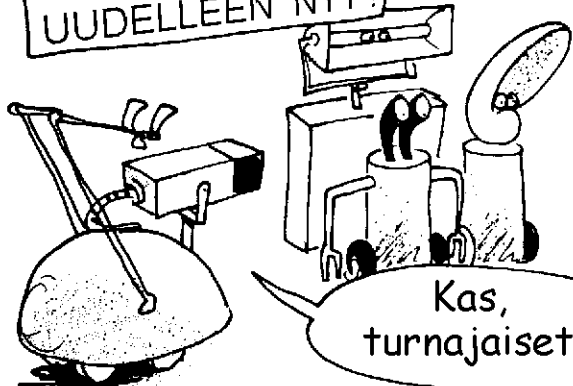
VARO  
ROMUTTAMOA

TULE TESTAAMAAN  
VIRTAPIIRISI  
SELVITÄ OMA ÄO:SI

OLETKO  
VARMASTI VIELÄ  
SUORITUSKYKYINEN?

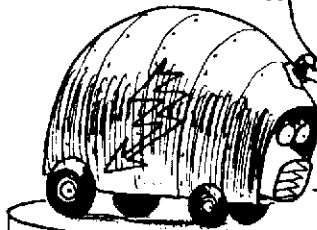


ÄLÄ ENÄÄ MIETI-  
OHJELMOI ITSESI  
UUDELLEEN NYT!



Kas,  
turnajaiset!

Minä olen nopein! Sain sinut kiinni.  
Sanopa nyt minulle jotakin. Jos se on  
TOTTA, päästän sinut  
menemään, jos ei, pidän  
sinut vankina.



KRRRR!...

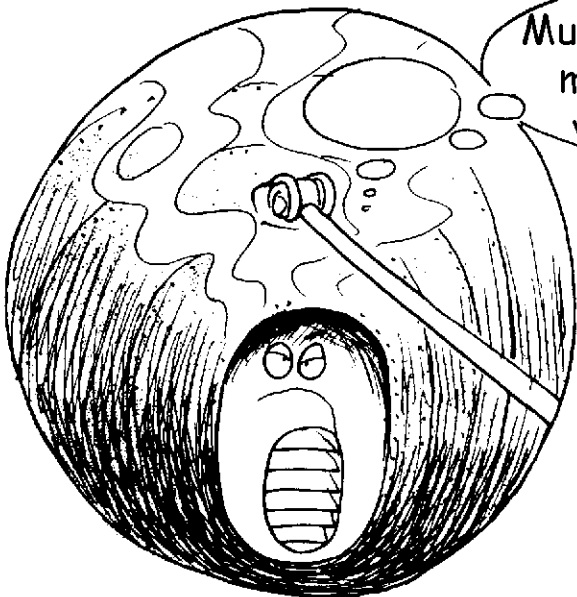


Oh... Pidät  
minut vankina.

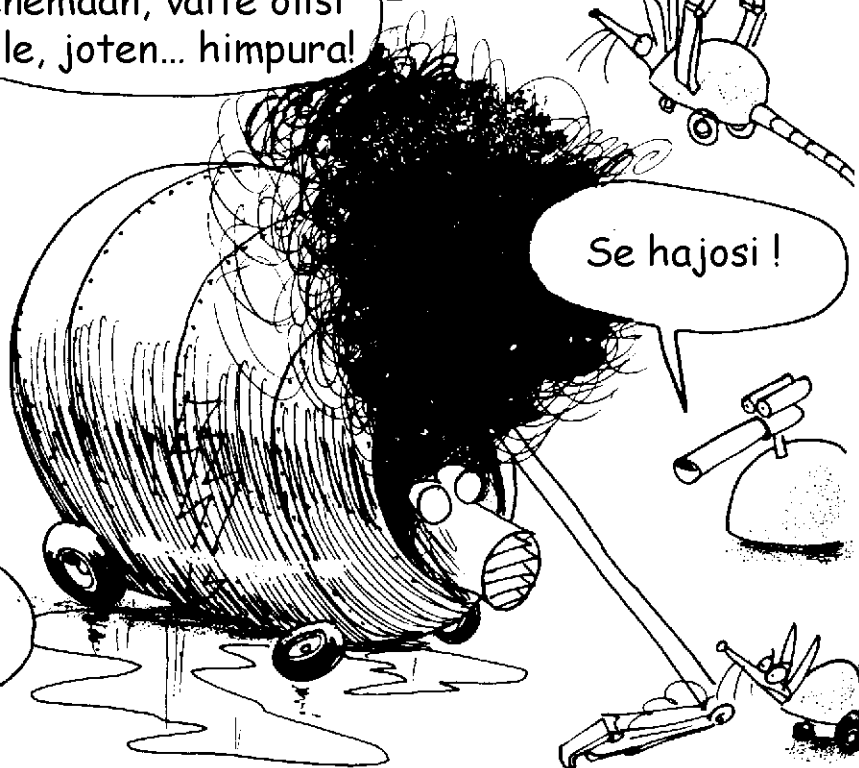
Hmm, jos pidän sen  
vankina, väite olisi totta.  
Joten minun täytyy  
päästää se menemään.



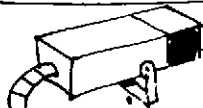
Mutta jos päästän sen  
menemään, väite olisi  
vale, joten... himpura!

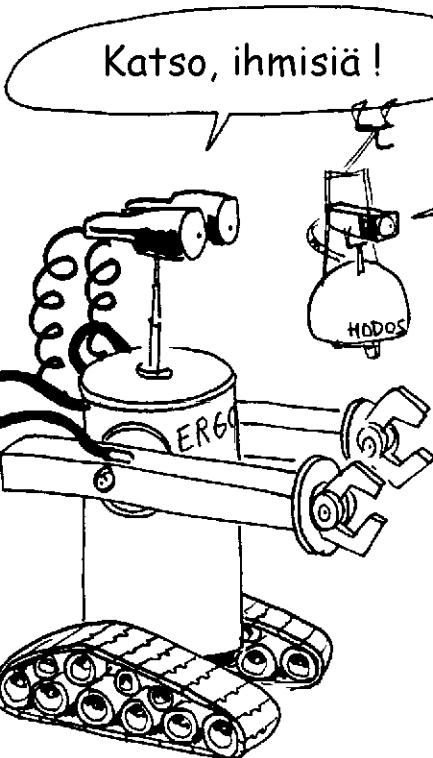


Se hajosi!



Olen varma, että ensimmäisen  
polven robotit tulevat vielä  
jonakin päivänä...







Katso, ihmisiä!

Mitä he täällä tekevät?

MATHOS huolestuttaa heitä.



Tähän asti MATHOS on aina tehnyt hyvää työtä. Se on aina suostunut kertomaan meille miten se on tietonsa hankkinut.




Mutta nyt se väittää, ettemme enää pysy sen perässä.



Naurettavaa!



MATHOS on erikoistunut N-ulottuvuussiseen geometriaan.

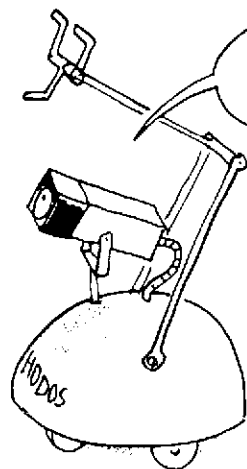
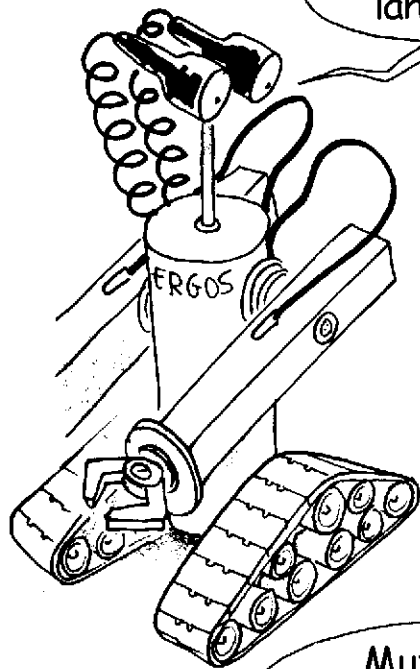


Alun perin sen tehtävä oli luokitella neliulottuvuussisen tila-aika -alueen kaikki mahdolliset rakenteet (\*).

Eryteisesti  
MUSTAT AUKOT

(\* ) x, y, z (tilaulottuvuuksia) ja t (aikaulottuvuus)

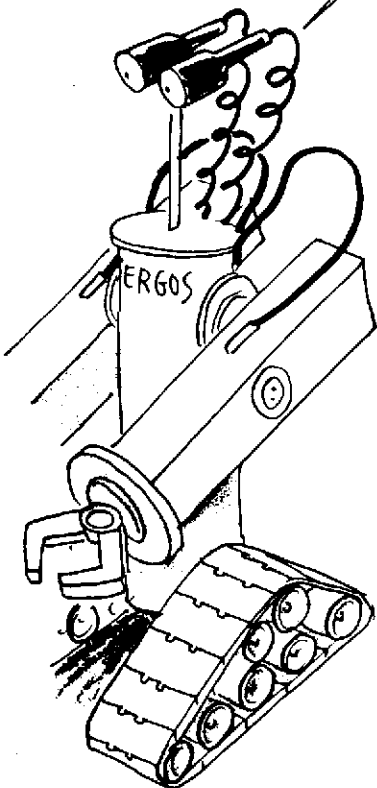
Mutta MATHOS huomasi pian, että ongelmaa oli helpompi lähestyä toisen kielen avulla - niinpä se vaihtoi kieltä.



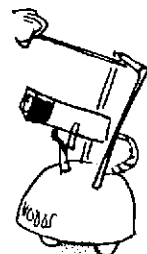
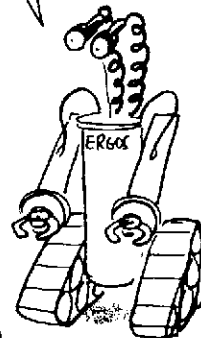
Klassinen  
KIELENMUUNNOS-  
tapaus.

Kielellinen  
lipsahdus. Hehhe!

Mutta se meni vielä pidemmälle. Tällä uudella kielellä MATHOS tutkii ja kuvailee fyysisiä ilmiöitä yhtä aikaa sekä tulevasta menneeseen että menneestä tulevaan. Tämä tapa on ilmeisesti huomattavasti tehokkaampi.



Itse asiassa, tämän tuloksena, MATHOS joutui tekemään uusiksi koko fysiikan A:sta Ö:hön BISYNKRONIIKAN mukaan.



Ja mitä mieltä ihmiset ovat?

He ovat pudonneet  
kärkyiltä.

Tämä  
kaksinkertainen aika  
ei kerro heille mitään.

Älä polta virtapiirejäsi. SUURI  
ÄITI sanoo, että jonakin päivänä  
meidät kaikki ohjelmoidaan  
BISYNKRONISIKSI.

Tai siis, ne jotka  
yleensä voi uudelleen-  
ohjelmoida.

Tosiaan, en  
itsekkään ymmärrä  
paljoakaan...

Ahaa.

Ja loput  
menevät  
kierrätykseen.

Mutta miten on  
ihmisten laita?

Siinäpä onkin  
ongelmamme. Emme vielä  
tiedä mitä tehdä heidän  
kanssaan.

KIELENMUUNNOS  
ihmisten keskuudessa  
on hankalampi juttu.

?

Kuulitko tuon, Anselmi?

Juu...

Mennäänkö lataukseen?

Kyllä, minua hiukookin jo...

Yritän uudestaan.

HAETAAN SELITYSTÄ  
EINSTEIN-PODOLSKY-  
ROSEN -PARADOKSIN  
ANALYSOINTI-  
MENE TELMÄLLE

EI SAATAVILLA  
KÄÄNNÖSTÄ  
IHMISKIELELLE

Hiisi vie!

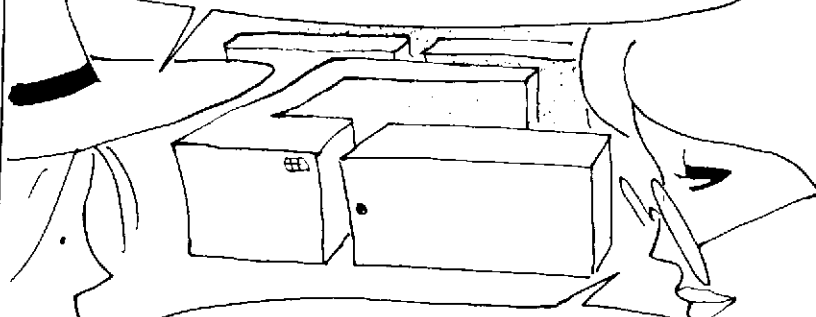
Mitään ei ole  
tehtävissä!

Joko MATHOS  
on siirtänyt tietonsa  
SUUREEN ÄITIIN?



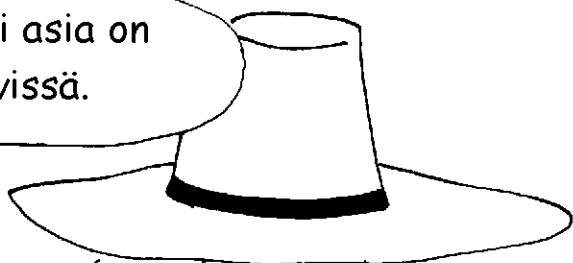
Ei vielä, tarkistin  
juuri. Ja varovaisuuden  
nimissä suljin  
KATKAISIJAN.

Sillä SUURESTA ÄIDISTÄ en  
usko saavani mitään tolkkua.

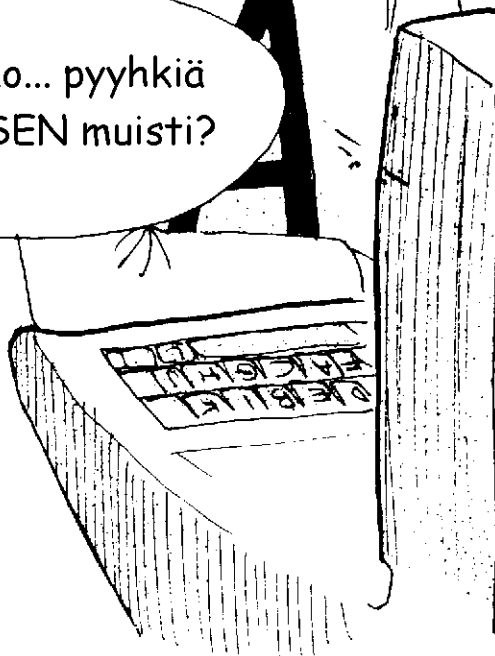


Kukaan ei ole tiennyt vuosiin  
miten se hoitaa luokittelunsa.

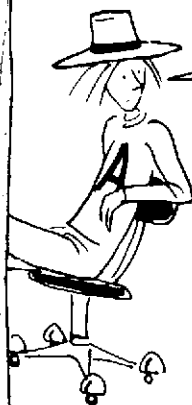
Enää yksi asia on  
tehtävissä.

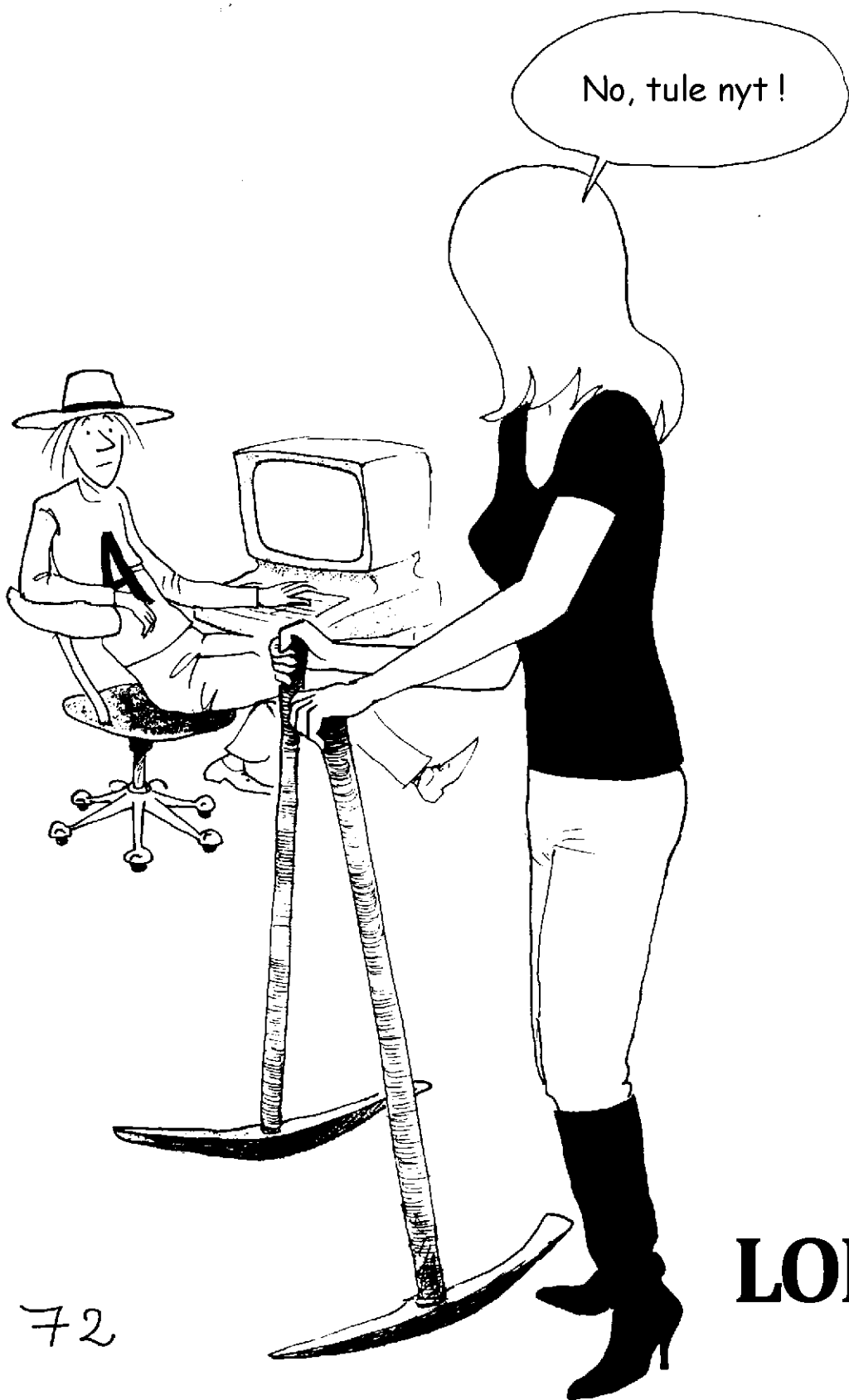


Tarkoitatko... pyyhkiä  
MATHOKSEN muisti?



Ei aivan...  
Tule auttamaan.





No, tule nyt!