

Intel·ligència Artificial aplicada a la Medicina

Eva Armengol

Institut d'Investigació en Intel·ligència Artificial (IIA-CSIC)
Barcelona





Intel·ligència Artificial



Inicis

1941: primer ordenador



Inicis

1941: primer ordinador





Inicis

1941: primer ordinador

1943: ENIAC. 18000 vàlvules, 30 tones

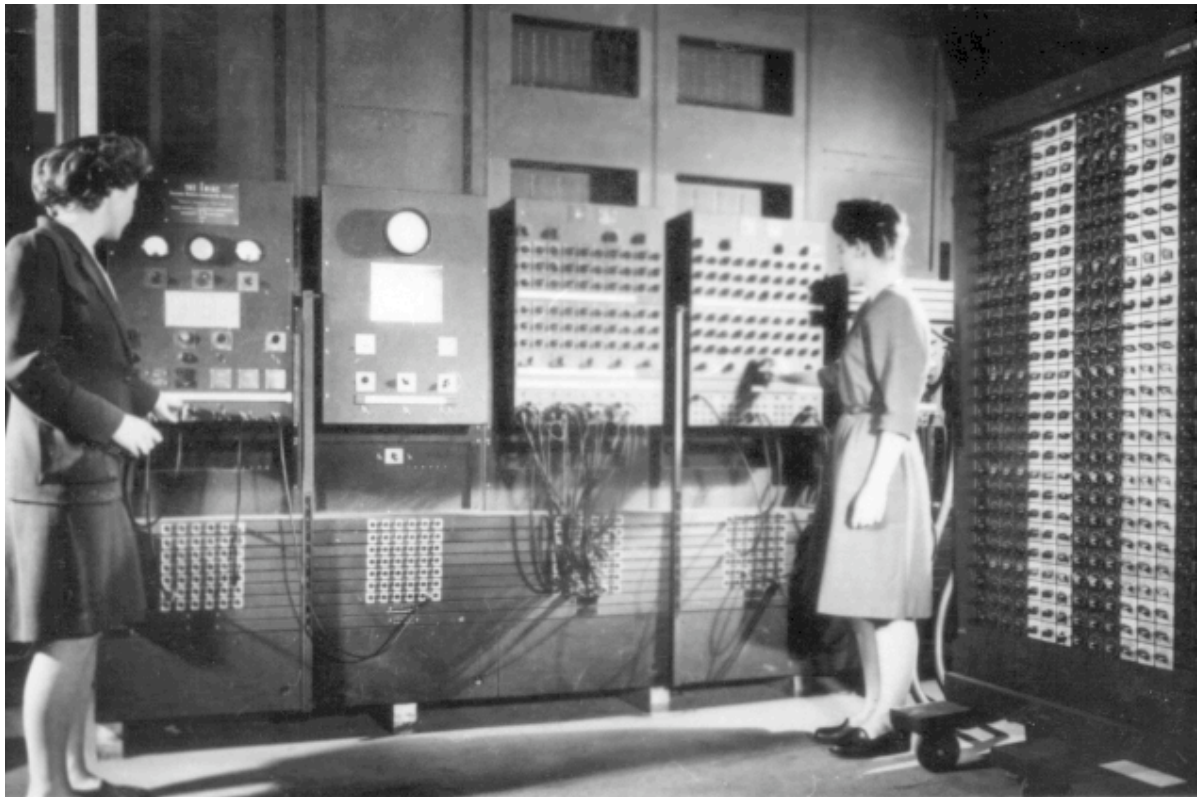




Inicis

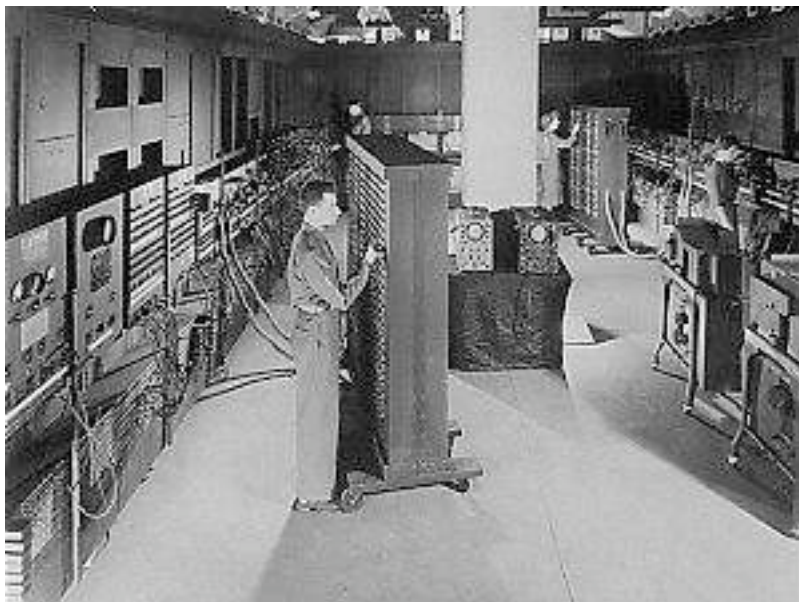
1941: primer ordinador

1943: ENIAC. 18000 vàlvules, 30 tones



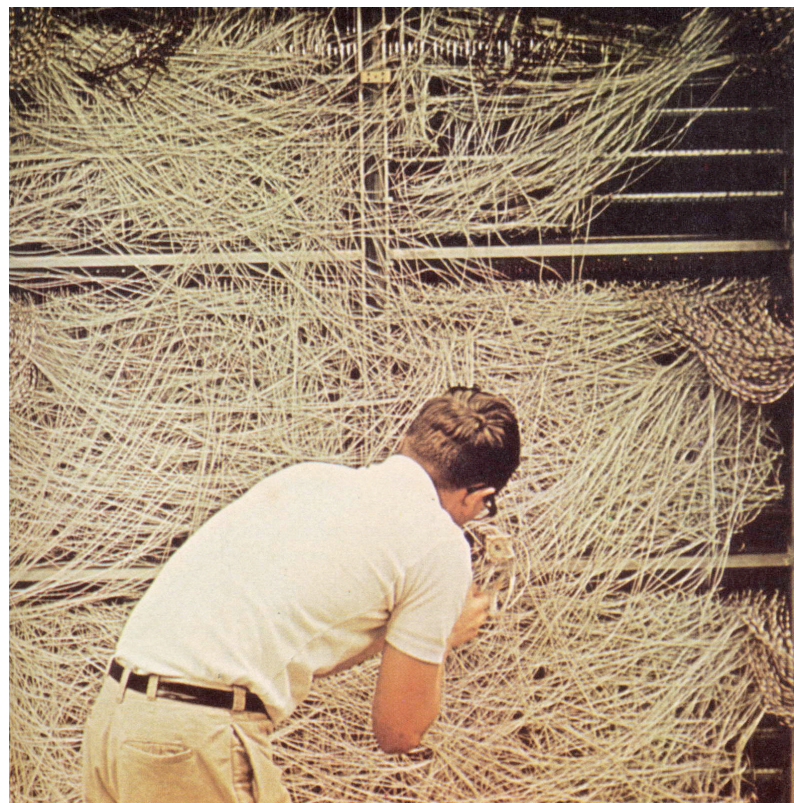
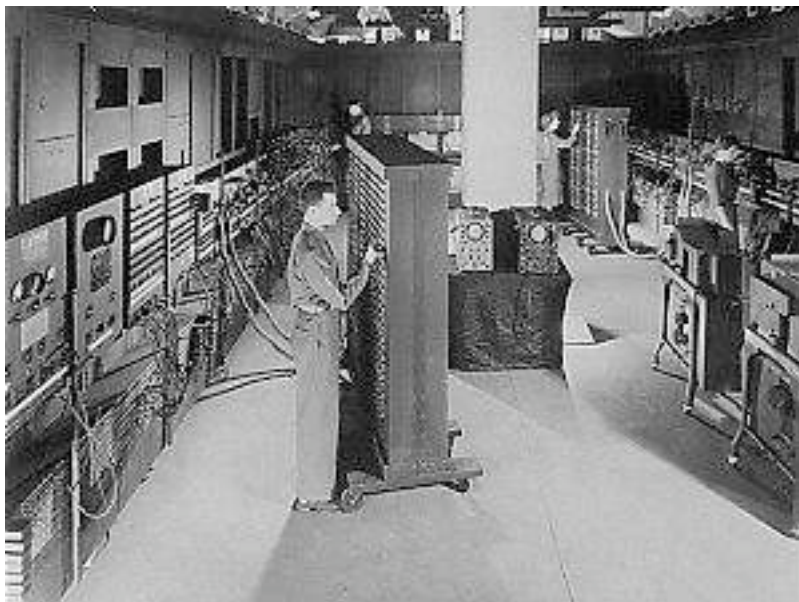


Els ordinadors d'abans





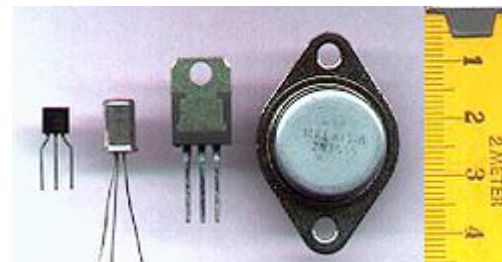
Els ordinadors d'abans





La miniaturització

1957: Japó. Transistor



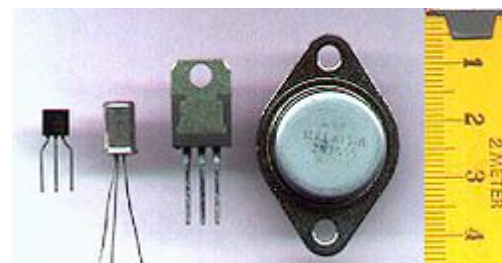
1958-59: Texas Instruments. Primer circuit integrat





La miniaturització

1957: Japó. Transistor



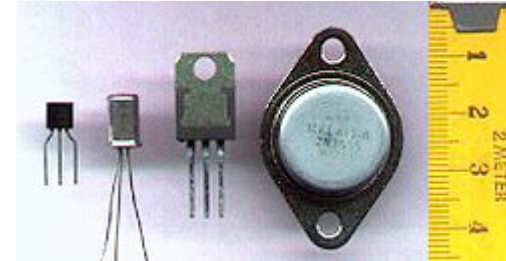
1958-59: Texas Instruments. Primer circuit integrat



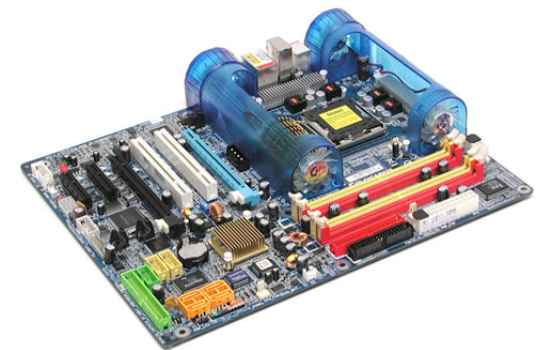


La miniaturització

1957: Japó. Transistor



1958-59: Texas Instruments. Primer circuit integrat

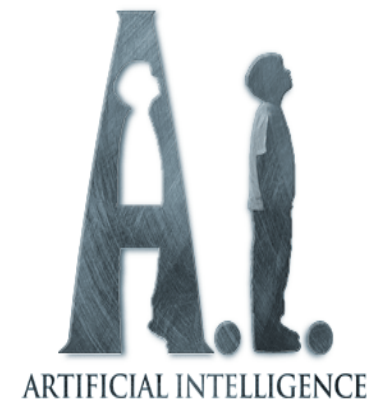
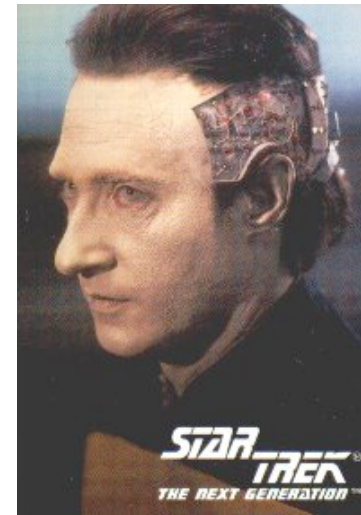


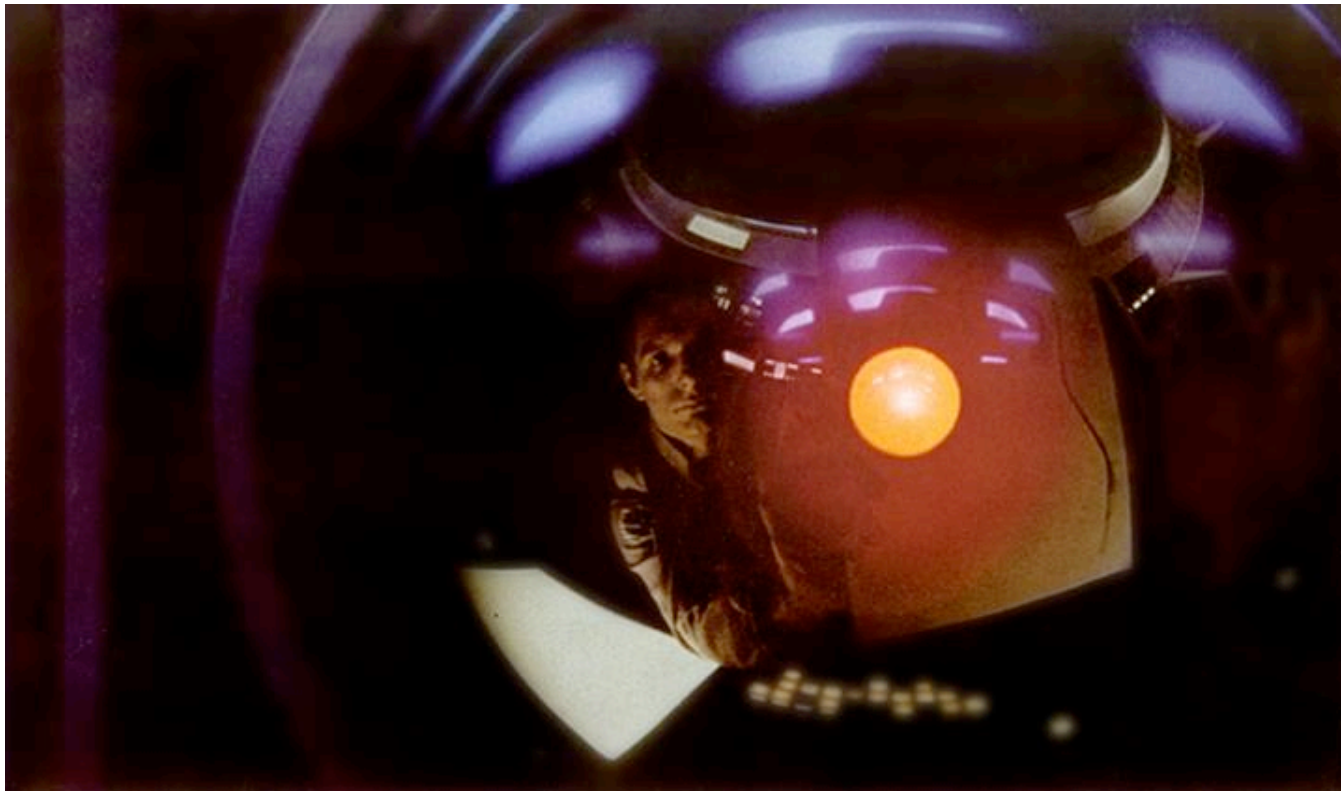


- Dartmouth college (EEUU), 1956: Reunió fundacional
 - 10 investigadors (Newell, Simon, Shannon, Minsky, McCarthy...)
- Introducció del terme INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL
 - mimetitzar la intel·ligència i el comportament intel·ligent



Referents....

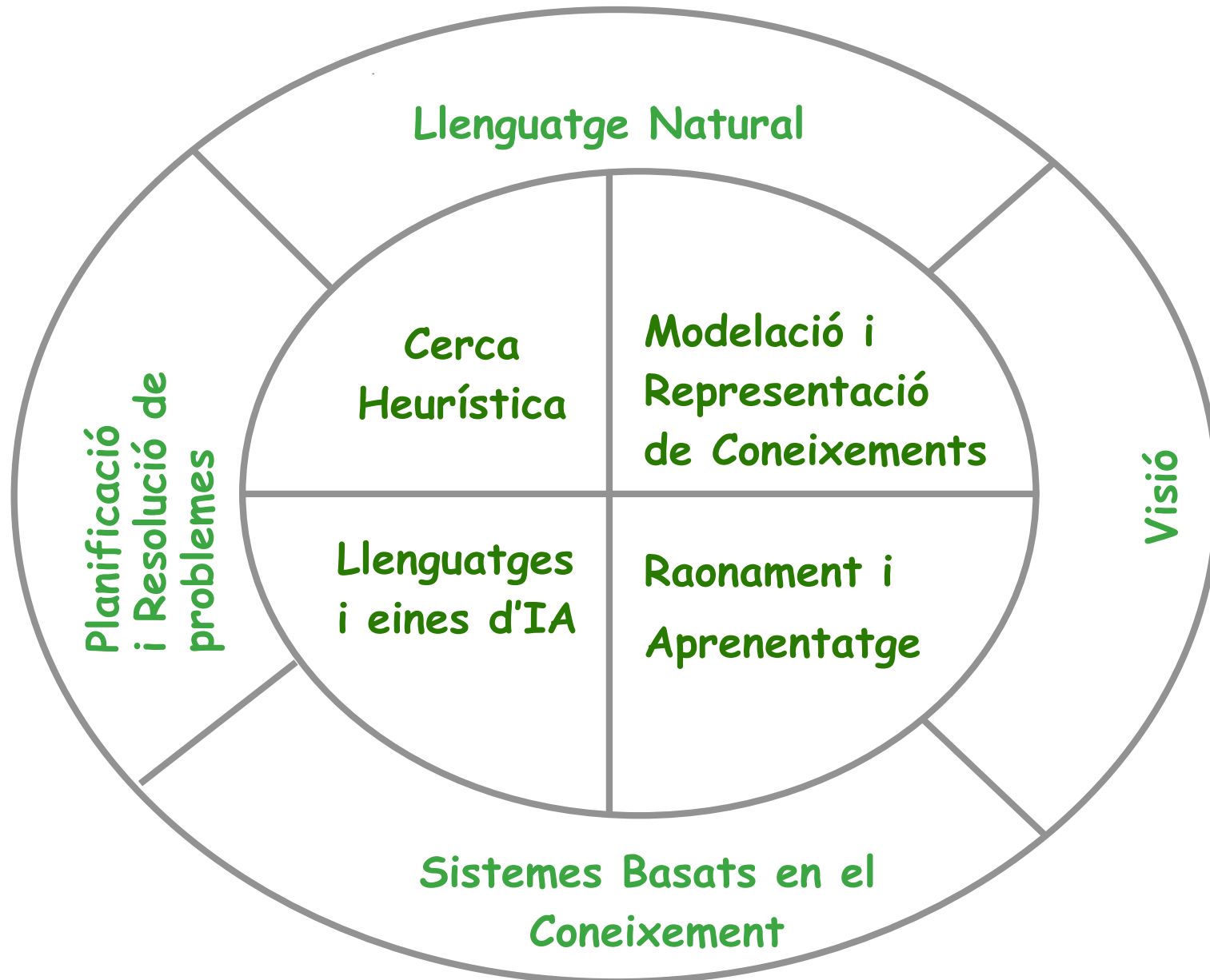




HAL (2001: una odissea de l'espai)



Àrees de recerca en Intel·ligència Artificial



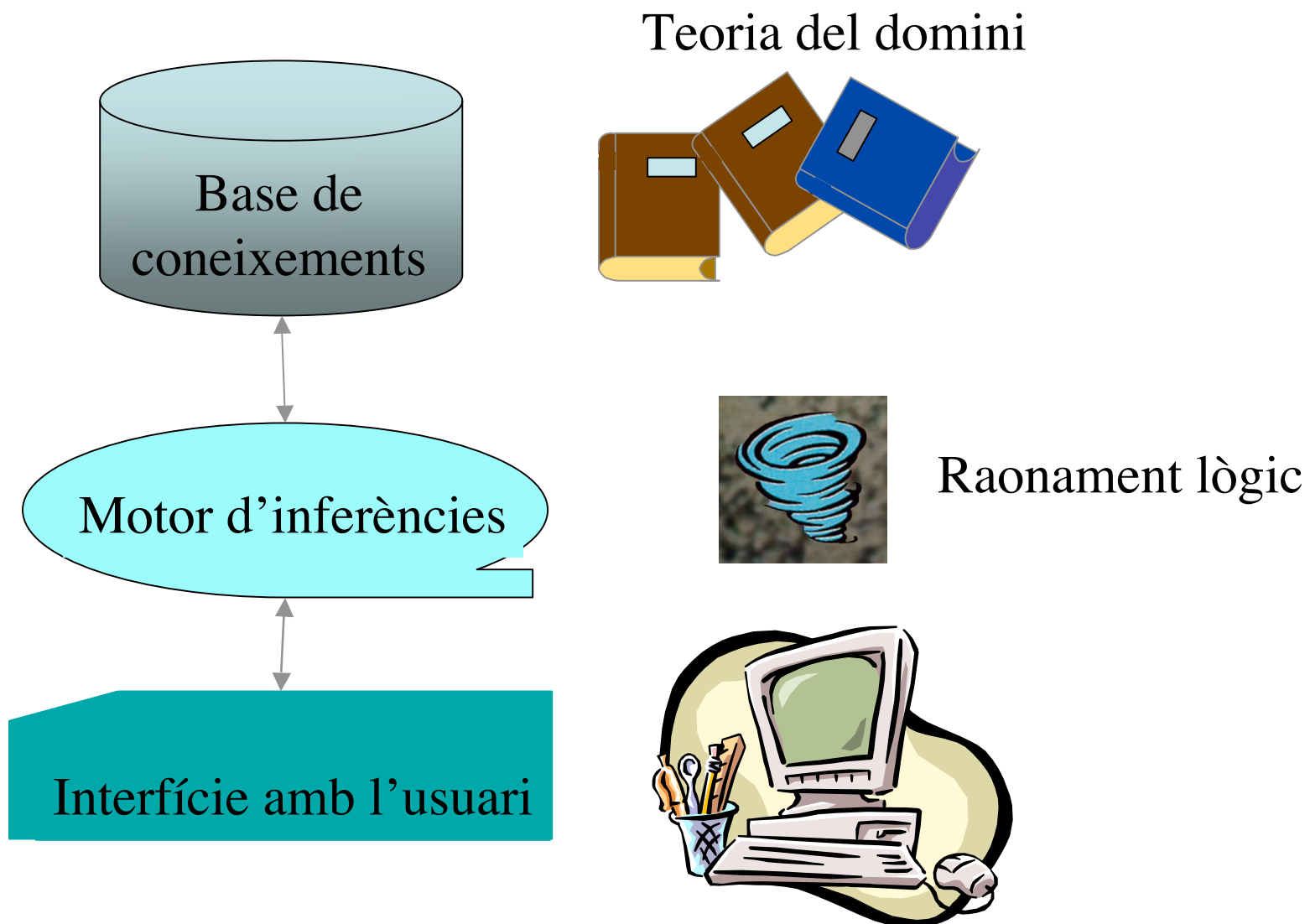


Sistemes Experts

- L'objectiu dels sistemes experts és adquirir coneixement formal i heurístic d'especialistes en algun domini particular i després usar-lo per resoldre problemes
- Resolució de problemes en àrees molt definides
 - Anys 70: Mycin, Dendral, Prospector



Sistemes Experts





Exemple

- Teoria del Domini

si TÉ-TAQUES (x) i BOVÍ(x) llavors VACA(x)

si HERBÍVOR(X) i TÉ-CUA(x) llavors BOVÍ(x)

si TÉ-DENTS(X) i MENJA-HERBA(x) llavors HERBÍVOR(x)

si TÉ-DENTS(X) i MENJA-CARN(X) llavors CARNÍVOR(X)

si PELUT(x) llavors MAMÍFER(x)

si PRODUËIX-LLET(x) llavors MAMÍFER(x)

si CARNIVOR(X) i TE-RATLLES(X) i PELUT(X) llavors TIGRE(X)





Exemple

- Teoria del Domini

si TÉ-TAQUES (x) i BOVÍ(x) llavors VACA(x)

si HERBÍVOR(X) i TÉ-CUA(x) llavors BOVÍ(x)

si TÉ-DENTS(X) i MENJA-HERBA(x) llavors HERBÍVOR(x)

si TÉ-DENTS(X) i MENJA-CARN(X) llavors CARNÍVOR(X)

si PELUT(x) llavors MAMÍFER(x)

si PRODUEIX-LLET(x) llavors MAMÍFER(x)

si CARNIVOR(X) i TE-RATLLES(X) i PELUT(X) llavors TIGRE(X)



Mu



Exemple

- Teoria del Domini

si TÉ-TAQUES (x) i BOVÍ(x) llavors VACA(x)

si HERBÍVOR(X) i TÉ-CUA(x) llavors BOVÍ(x)

si TÉ-DENTS(X) i MENJA-HERBA(x) llavors HERBÍVOR(x)

si TÉ-DENTS(X) i MENJA-CARN(X) llavors CARNÍVOR(X)

si PELUT(x) llavors MAMÍFER(x)

si PRODUEIX-LLET(x) llavors MAMÍFER(x)

si CARNIVOR(X) i TE-RATLLES(X) i PELUT(X) llavors TIGRE(X)



Mu

- Exemple conegut: PRODUEIX-LLET(Mu) i TÉ-TAQUES (Mu) i TÉ-CUA(Mu)
i TÉ-DENTS(Mu) i QUATRE-POTES(Mu)
i MENJA-HERBA(Mu)



Exemple

- Teoria del Domini

si TÉ-TAQUES(x) i BOVÍ(x) llavors VACA(x)

si HERBÍVOR(X) i TÉ-CUA(x) llavors BOVÍ(x)

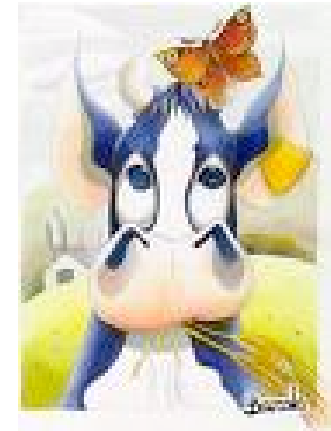
si TÉ-DENTS(X) i MENJA-HERBA(x) llavors HERBÍVOR(x)

si TÉ-DENTS(X) i MENJA-CARN(X) llavors CARNÍVOR(X)

si PELUT(x) llavors MAMÍFER(x)

si PRODUEIX-LLET(x) llavors MAMÍFER(x)

si CARNIVOR(X) i TE-RATLLES(X) i PELUT(X) llavors **TIGRE(X)**



- Exemple conegut: PRODUEIX-LLET(Mu) i TÉ-TAQUES (Mu) i TÉ-CUA(Mu)
i TÉ-DENTS(Mu) i QUATRE-POTES(Mu)
i MENJA-HERBA(Mu)



Exemple

- Teoria del Domini

si TÉ-TAQUES(x) i BOVÍ(x) llavors VACA(x)

si HERBÍVOR(X) i TÉ-CUA(x) llavors BOVÍ(x)

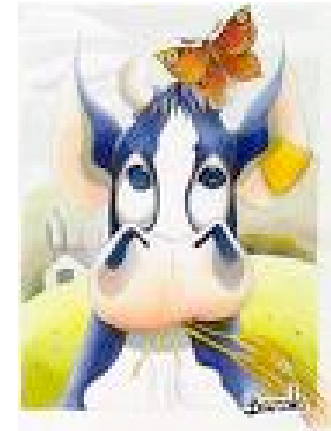
si TÉ-DENTS(X) i MENJA-HERBA(x) llavors HERBÍVOR(x)

si TÉ-DENTS(X) i MENJA-CARN(X) llavors **CARNÍVOR(X)**

si PELUT(x) llavors MAMÍFER(x)

si PRODUEIX-LLET(x) llavors MAMÍFER(x)

si CARNIVOR(X) i TE-RATLLES(X) i PELUT(X) llavors **TIGRE(X)**



- Exemple conegut: PRODUEIX-LLET(Mu) i TÉ-TAQUES (Mu) i TÉ-CUA(Mu)
i TÉ-DENTS(Mu) i QUATRE-POTES(Mu)
i MENJA-HERBA(Mu)



Exemple

- Teoria del Domini

si TÉ-TAQUES(x) i BOVÍ(x) llavors **VACA(x)**

si HERBÍVOR(X) i TÉ-CUA(x) llavors BOVÍ(x)

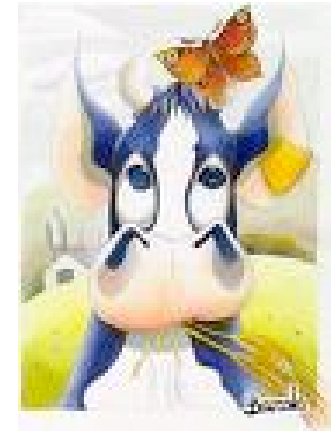
si TÉ-DENTS(X) i MENJA-HERBA(x) llavors HERBÍVOR(x)

si TÉ-DENTS(X) i MENJA-CARN(X) llavors CARNÍVOR(X)

si PELUT(x) llavors MAMÍFER(x)

si PRODUEIX-LLET(x) llavors MAMÍFER(x)

si CARNIVOR(X) i TE-RATLLES(X) i PELUT(X) llavors TIGRE(X)



- Exemple conegut: PRODUEIX-LLET(Mu) i ROSSA(Mu) i TÉ-CUA(Mu)
i TÉ-DENTS(Mu) i QUATRE-POTES(Mu)
i MENJA-HERBA(Mu)



Exemple

- Teoria del Domini

si TÉ-TAQUES(x) i BOVÍ(x) llavors VACA(x)

si HERBÍVOR(X) i TÉ-CUA(x) llavors BOVÍ(x)

si TÉ-DENTS(X) i MENJA-HERBA(x) llavors HERBÍVOR(x)

si TÉ-DENTS(X) i MENJA-CARN(X) llavors CARNÍVOR(X)

si PELUT(x) llavors MAMÍFER(x)

si PRODUEIX-LLET(x) llavors MAMÍFER(x)

si CARNIVOR(X) i TE-RATLLES(X) i PELUT(X) llavors TIGRE(X)



- Exemple conegut: PRODUEIX-LLET(Mu) i TÉ-TAQUES(Mu) i TÉ-CUA(Mu)
i TÉ-DENTS(Mu) i QUATRE-POTES(Mu)
i MENJA-HERBA(Mu)



Exemple

- Teoria del Domini

si TÉ-TAQUES(x) i BOVÍ(x) llavors VACA(x)

si HERBÍVOR(X) i TÉ-CUA(x) llavors BOVÍ(x)

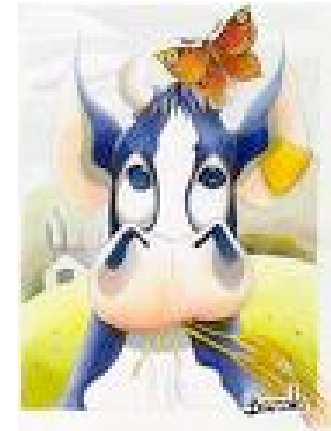
si TÉ-DENTS(X) i MENJA-HERBA(x) llavors HERBÍVOR(x)

si TÉ-DENTS(X) i MENJA-CARN(X) llavors CARNÍVOR(X)

si PELUT(x) llavors MAMÍFER(x)

si PRODUEIX-LLET(x) llavors MAMÍFER(x)

si CARNIVOR(X) i TE-RATLLES(X) i PELUT(X) llavors TIGRE(X)



- Exemple conegut: PRODUEIX-LLET(Mu) i TÉ-TAQUES(Mu) i TÉ-CUA(Mu)
i TÉ-DENTS(Mu) i QUATRE-POTES(Mu)
i MENJA-HERBA(Mu)



Exemple

- Teoria del Domini

si TÉ-TAQUES(x) i BOVÍ(x) llavors VACA(x)

si HERBÍVOR(X) i TÉ-CUA(x) llavors BOVÍ(x)

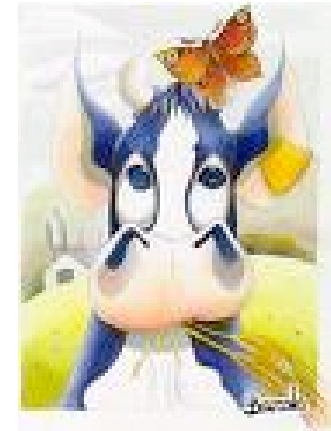
si TÉ-DENTS(X) i MENJA-HERBA(x) llavors HERBÍVOR(x)

si TÉ-DENTS(X) i MENJA-CARN(X) llavors CARNÍVOR(X)

si PELUT(x) llavors MAMÍFER(x)

si PRODUEIX-LLET(x) llavors MAMÍFER(x)

si CARNIVOR(X) i TE-RATLLES(X) i PELUT(X) llavors TIGRE(X)



- Exemple conegut: PRODUEIX-LLET(Mu) i TÉ-TAQUES(Mu) i TÉ-CUA(Mu)
i TÉ-DENTS(Mu) i QUATRE-POTES(Mu)
i MENJA-HERBA(Mu)



Exemple

- Teoria del Domini

si TÉ-TAQUES(x) i BOVÍ(x) llavors VACA(x)

si HERBÍVOR(X) i TÉ-CUA(x) llavors BOVÍ(x)

si TÉ-DENTS(X) i MENJA-HERBA(x) llavors HERBÍVOR(x)

si TÉ-DENTS(X) i MENJA-CARN(X) llavors CARNÍVOR(X)

si PELUT(x) llavors MAMÍFER(x)

si PRODUEIX-LLET(x) llavors MAMÍFER(x)

si CARNIVOR(X) i TE-RATLLES(X) i PELUT(X) llavors TIGRE(X)



- Exemple conegut: PRODUEIX-LLET(Mu) i TÉ-TAQUES(Mu) i TÉ-CUA(Mu)
i TÉ-DENTS(Mu) i QUATRE-POTES(Mu)
i MENJA-HERBA(Mu)



Exemple

- Teoria del Domini

si TÉ-TAQUES(x) i BOVÍ(x) llavors VACA(x)

si HERBÍVOR(x) i TÉ-CUA(x) llavors BOVÍ(x)

si TÉ-DENTS(x) i MENJA-HERBA(x) llavors HERBÍVOR(x)

si TÉ-DENTS(x) i MENJA-CARN(x) llavors CARNÍVOR(x)

si PELUT(x) llavors MAMÍFER(x)

si PRODUEIX-LLET(x) llavors MAMÍFER(x)

si CARNIVOR(x) i TE-RATLLES(x) i PELUT(x) llavors TIGRE(x)

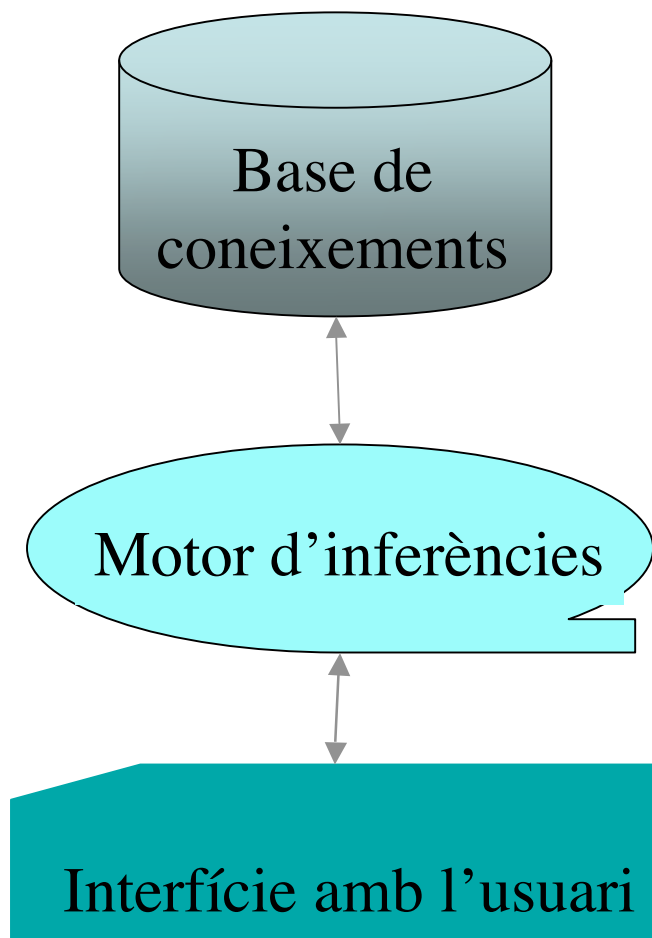
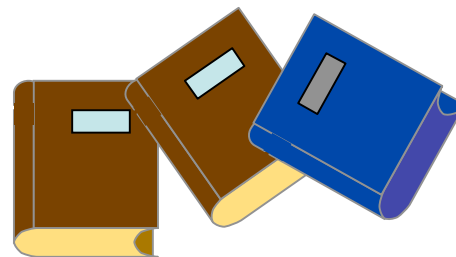


- Exemple conegut: PRODUEIX-LLET(Mu) i TÉ-TAQUES(Mu) i TÉ-CUA(Mu)
i TÉ-DENTS(Mu) i QUATRE-POTES(Mu)
i MENJA-HERBA(Mu)



Sistemes Experts

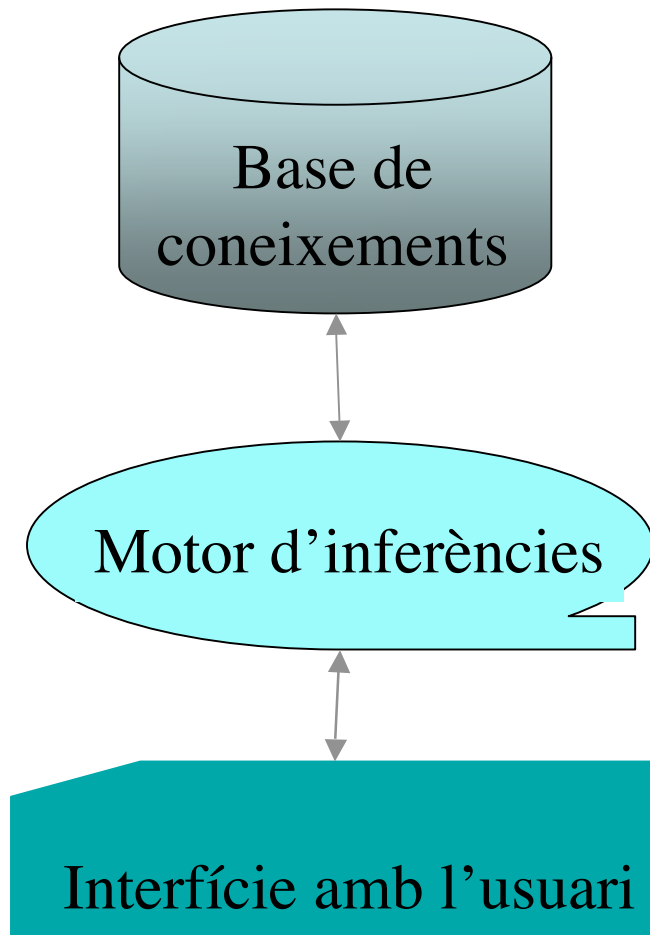
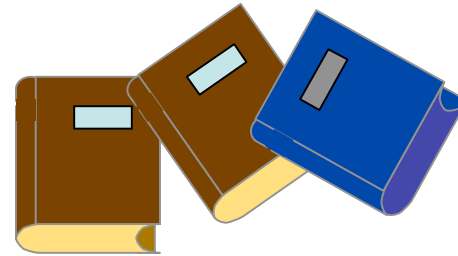
Teoria del domini





Sistemes Experts

Teoria del domini





Sistemes Experts: construcció

- Adquisició de coneixements
 - Vocabulari
 - Conceptes
 - Relacions entre conceptes
 - Regles
 - Consistents, coherents
- Llenguatge de representació
- Raonament





Sistemes Experts: Problemes

- No aprofiten l'experiència adquirida
 - Resoldre nous tipus de problemes
 - Resoldre un problema de manera més eficient
- Es difícil l'actualització
 - El nou coneixement ha de ser consistent amb el que ja hi ha

Introducció de l'aprenentatge



La Intel·ligència Artificial a la Medicina



- La Medicina és un dels primers camps en els quals es va experimentar amb els sistemes experts
 - El problema està ben delimitat
 - Hi ha coneixement del domini
 - Hi ha incertesa, soroll, etc
 - Podien ser útils per obtenir models



MYCIN (Shortliffe, 1970)

- Objectiu: detectar enfermetats infeccioses de la sang
- Està basat en regles que s'encadenen per deduir una conclusió



MYCIN (Shortliffe, 1970)

REGLA 047:

(Aquesta regla es refereix a organismes i s'aplica per descobrir la identitat de l'organisme)

SI 1) A: no és segura la identitat de l'organisme

o

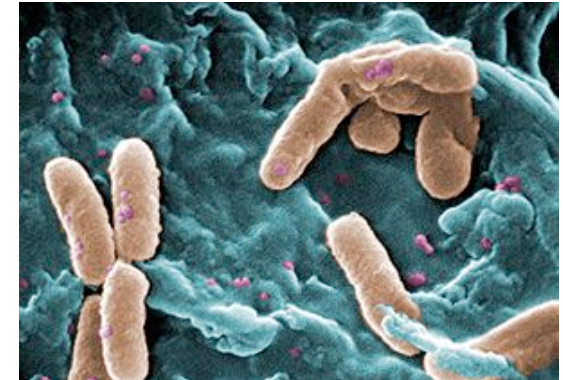
B: el gènere de l'organisme es *Pseudomonas*,

2) El lloc de cultiu és la sang

3) L'organisme es Gram-negatiu

4) La morfologia de l'organisme es bastó

5) El pacient té cremades greus



LLAVORS: hi ha evidència que suggereix feblement (0.4) que la identitat de l'organisme es *Pseudomonas-aeruginosa*



Resultats

- Si el problema estava ben delimitat funcionaven bé
- En problemes complexos cal manegar moltes regles
- Mal funcionament degut a que no tenien un model clínic de la malaltia ni del raonament seguit per aconseguir un diagnòstic
- Afegir noves regles pot portar a una degradació del sistema

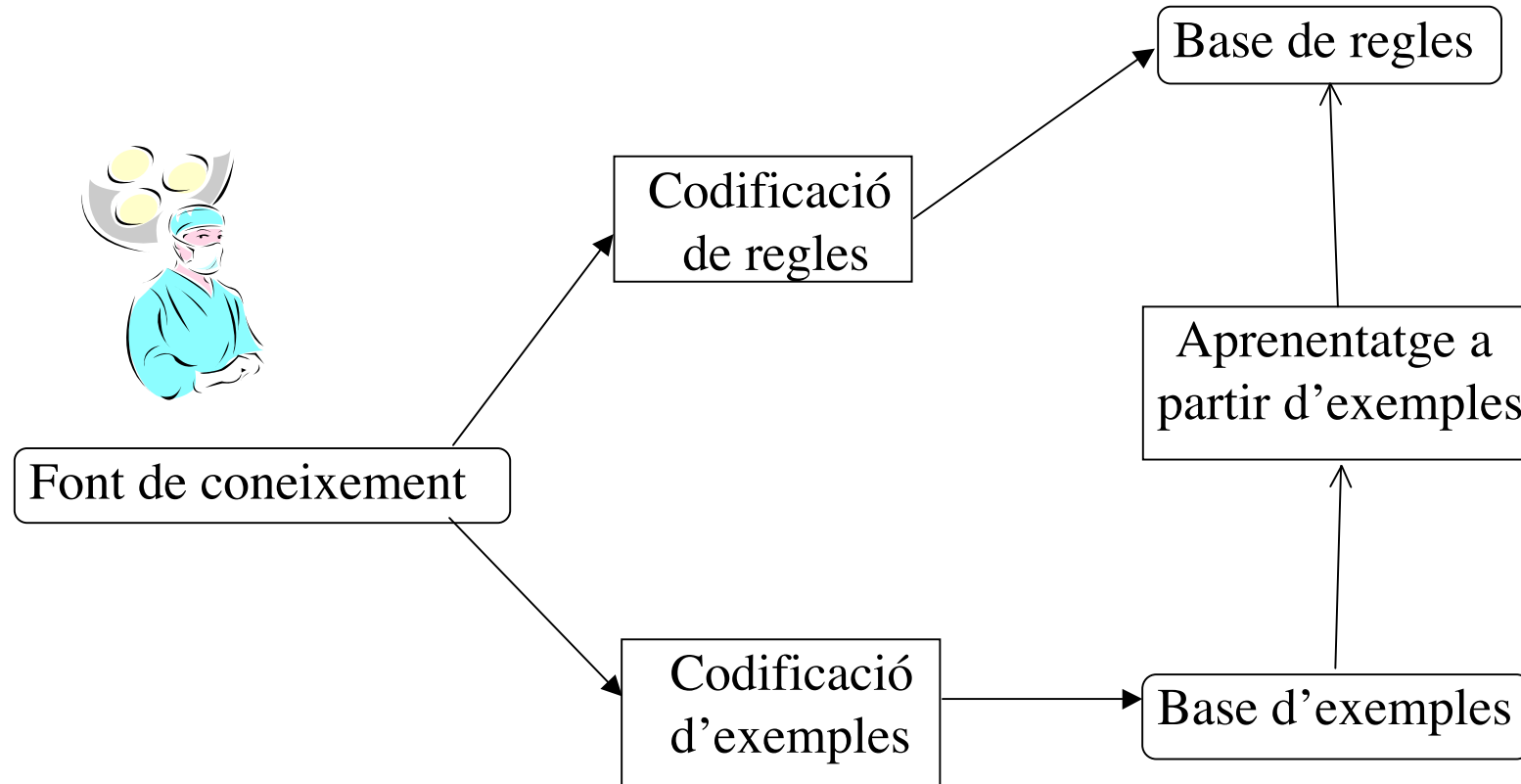


Sistemes experts de segona generació

- Usen bases de coneixement que inclouen coneixement profund del domini
- Son capaços d'explicar el raonament seguit per arribar a la solució
- L'adquisició del coneixement està parcialment automatitzada basada en mètodes d'aprenentatge



Mètodes d'adquisició de coneixements





Exemples

- ASSISTANT (Bratko and Kononenko, 1987) es un mètode d'aprenentatge que s'ha aplicat a diferents dominis mèdics

Domini mèdic	ASSISTANT	Especialistes
Limfografies	77%	85%
Càncer pit	72%	64%
Tumors primaris	46%	42%

- LINUS (Lavrac et al., 1991) és capaç d'induir regles que permeten diagnosticar malalties reumàtiques

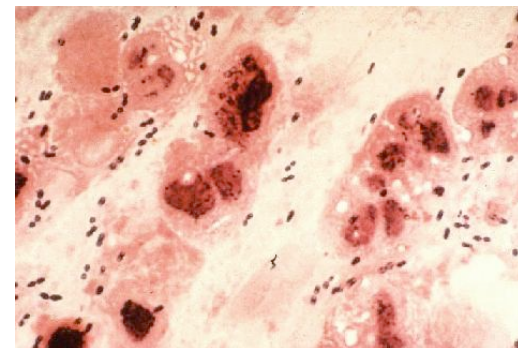


Exemples

- KARDIO (Bratko et al., 1989) ajuda al diagnòstic d'aritmies cardiaques



- PNEUMON-IA (Verdaguer et al., 1992) el seu objectiu és determinar l'etiologia de pneumonies intra-hospitalàries a partir de dades clíniques, radiològiques i de laboratori.
 - Considera 22 possibles agents etiològics (15 bacterianes, 4 virals, 2 fúngiques i una pneumònia causada pel paràsit *Pneumocystis carinii*)





Diagnòstic

- Poden ajudar a diagnosticar un pacient en diverses situacions
 - Quan es un cas estrany o molt complexe
 - Quan la persona que ha de fer el diagnòstic no té prou experiència
- Molts s'usen en formació de nous professionals



Diagnòstic

- Dxplain (Barnett et al., 1987) és com un llibre de medicina
 - Té informació sobre més de 2000 enfermetats descrites amb els seus signes i símptomes amb referències recents sobre cadascuna d'elles
 - Donat un pacient dona un ranking de possibles diagnòstics amb una explicació de cadascun d'ells
 - Suggereix proves alternatives
- SOMEX (Fornells et al., 2008): Ajuda a la classificació de melanomes.





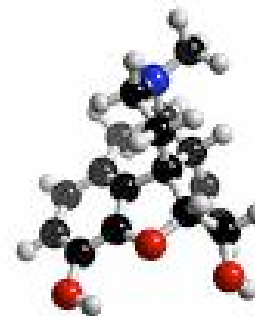
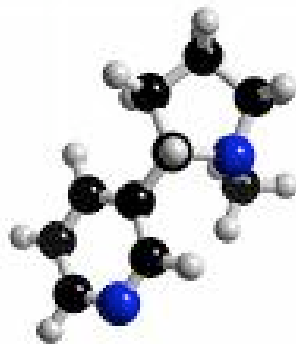
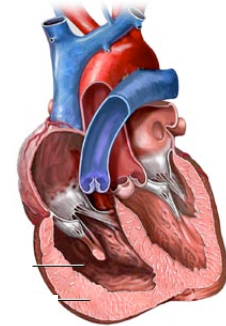
Creació de models

- Tècniques de mineria de dades i descobriment de coneixement
 - Poden analitzar una gran quantitat de dades i descobrir patrons complexos que suggereixen associacions inesperades
- També es poden usar per veure si un nou conjunt d'observacions està en consonància o no amb la teoria existent
- Aplicables en àrees poc explorades però on hi ha moltes dades



Creació de models

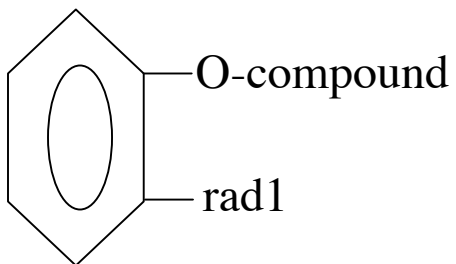
- Model del cor (Hau i Colera, 1997): prèn dades d'un pacient obtingudes en una operació de bypass cardíac i després crea un model fisiològic del cor en funcionament normal i anormal
- Toxicologia (Armengol i Plaza, 2005): model per determinar si un compost químic es cancerígen



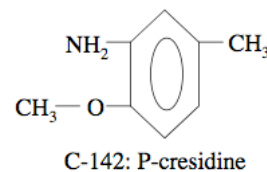
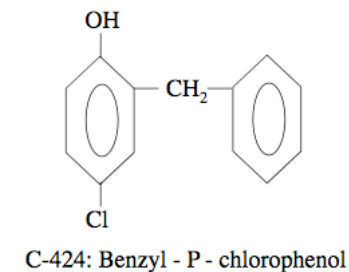
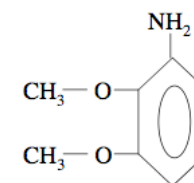
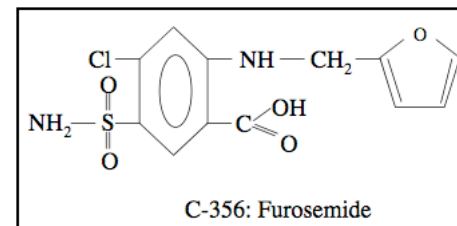


Exemple en Toxicologia

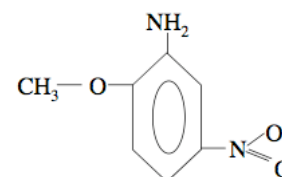
AU * : conjunt de compostos químics similars



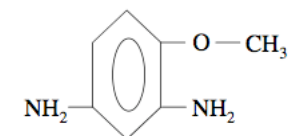
position? — rad2



C-127: 5-nitro O- anisole



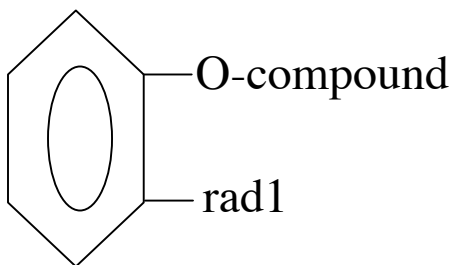
C-084: 2,4 - diamino anisole



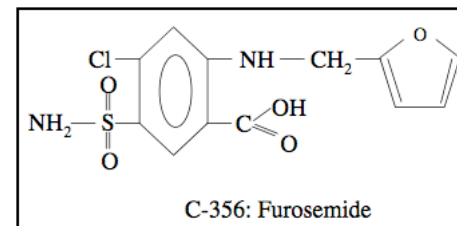


Exemple en Toxicologia

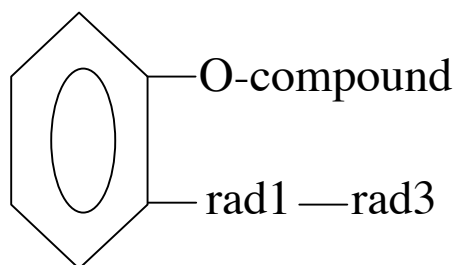
AU* : conjunt de compostos químics similars



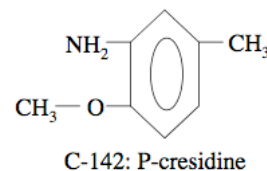
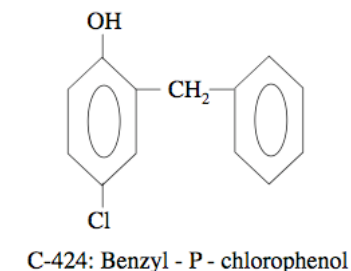
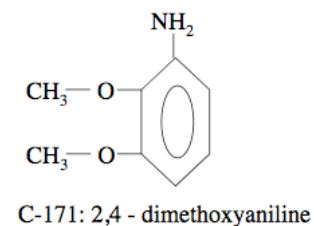
position? — rad2



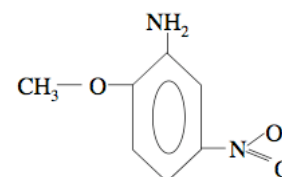
AU- : en què s'assembla als que son negatius



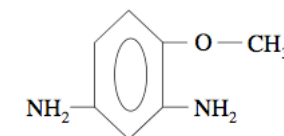
position? — rad2



C-127: 5-nitro O- anisole



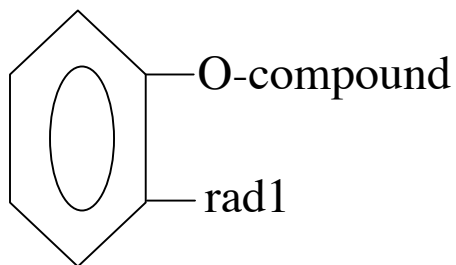
C-084: 2,4 - diamino anisole



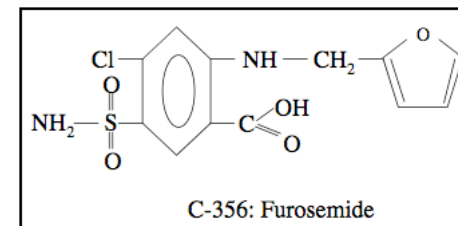


Exemple en Toxicologia

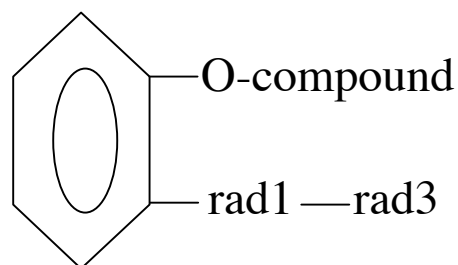
AU* : conjunt de compostos químics similars



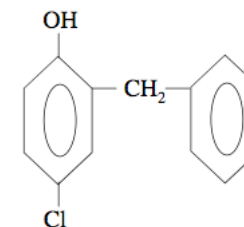
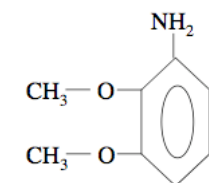
position? — rad2



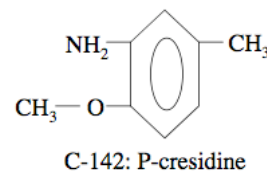
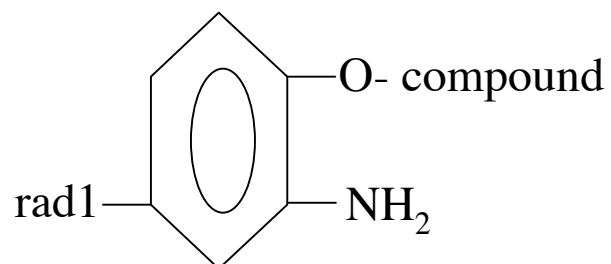
AU⁻ : en què s'assembla als que son negatius



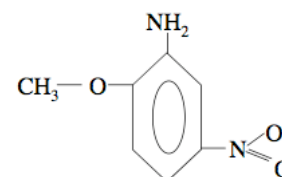
position? — rad2



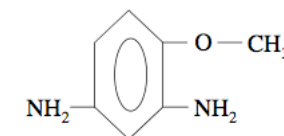
AU⁺ : en què s'assembla als que son positius



C-127: 5-nitro O- anisole



C-084: 2,4 - diamino anisole





Interpretació de dades

- Poden detectar canvis en la condició d'un pacient
- Poden ajudar a analitzar grans quantitats de dades de laboratori
- Els sistemes fan un informe amb la hipòtesi del diagnòstic sota consideració

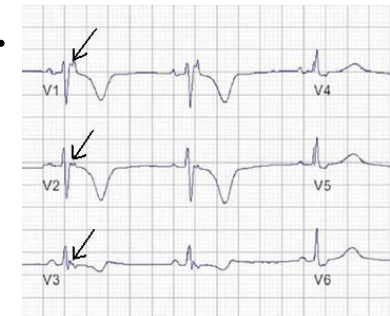


Interpretació de dades

- PUFF (Snow et al., 1988): interpretació automàtica de tests sobre funció pulmonar



- PETRS (Edwards et al., 1993): interpreta informes generats pel departament de patologia química d'un hospital.

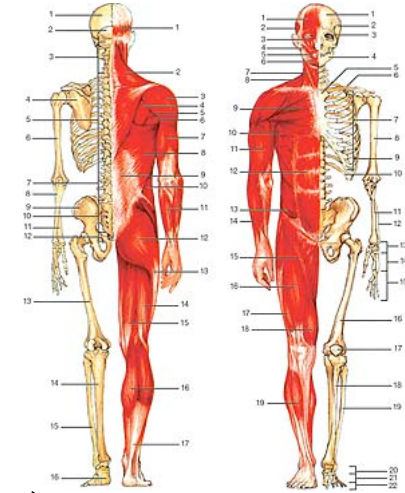
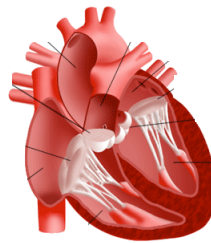


- HELP (Kuperman et al., 1991): Es un sistema de suport a la decisió donant alertes i recordatoris, interpretació i diagnostic, suggerències sobre el manegament d'un pacient i protocols clínics



Interpretació d'imatges

- Moltes imatges mèdiques es poden interpretar de manera automàtica

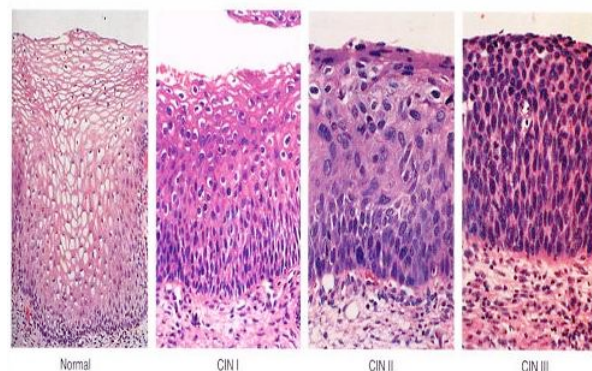
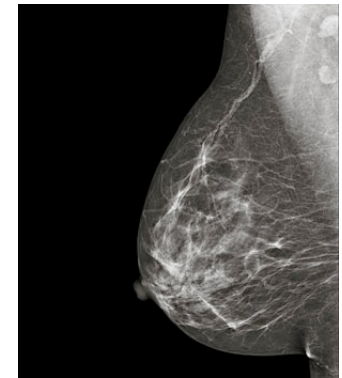


- Exemples
 - AIMProgram (Cedars-Sinai Medical Center) desenvolupa software per permetre processar i analitzar imatges 3D del cor de manera més ràpida
 - CHS (center for human simulation, Univ. Colorado). Té imatges tridimensionals d'anatomia humana



Interpretació d'imatges

- HRIMAC (Bonmartí et al., 2004): Vol crear una biblioteca d'imatges radiològiques. Fa una anàlisi de les imatges i una recuperació intel·ligent d'imatges similars a una donada
- THREECOND (Vaschetto et al., 2009): Ajuda a diagnosticar el càncer de coll d'úter basant-se en una anàlisi d'imatges i utilitzant algorismes de lògica borrosa.





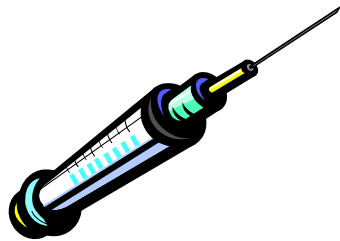
Planificació i crítica de teràpies

- Detecció d'inconsistències en el tractament previst
 - Interferències entre medicaments
 - Errors
 - Omissions
- Proposar un tractament adequat per un pacient



Planificació i crítica de teràpies

- TERAP-IA (Barrufet et al., 2000): a partir de les característiques d'un pacient amb pneumònia, del coneixement dels antibiòtics i del diagnòstic, el sistema proposa el millor tractament.



- McSleepy (Hawkins, 2003) redueix el temps en que els anestessistes estan pendents de les dosis d'anestèsia i els hi permet tenir mes temps per dedicar-lo a altres aspectes quirúrgics



Sistemes de suport a la qualitat de vida

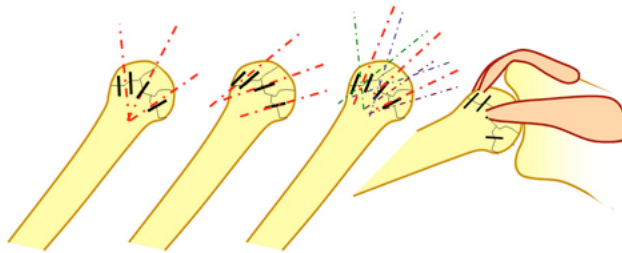
- El metge defineix un tractament i el sistema ajuda al pacient a portar-lo a terme
 - T-IDDM (Bellazi et al., 2002) per la monitoritació de pacients amb diabetis tipus 1
 - PREVIRNEC (Tost et al., 2009): Sistema de telerehabilitació per pacients amb infart cerebral





Sistemes de suport a la qualitat de vida

- Sistema de robòtica per mesurar els esforços de l'húmer sobre la ròtula després de la implantació d'una pròtesi. Ajuda a evitar que es trenquin els punts de sutura. (CREB, Casals, et al., 2009)



- Ajut a persones amb discapacitat física (tetraplègia) amb mobilitat reduïda (Casals et al., 1987)



Sistemes de suport a la qualitat de vida

- Sistema de suport a la gent gran amb mobilitat reduïda, malalts de Parkinson (Alvarez et al., 2007)
 - Sistema de sensors que permeten detectar diferents posicions
 - Comunicació parlada
 - Generació d'alarmes



Què podem aportar?



- Ajudar als professionals a detectar punts rellevants del qüestionari que actualment es realitza per valorar la qualitat de vida de persones amb discapacitat
- Ajudar a detectar diferents tipologies de persones amb discapacitat identificant per a cadascun d'ells la millor actuació per millorar la seva qualitat de vida
- Ajudar a formar nous professionals en el procés d'avaluació de la qualitat de vida