

TIC i aprenentatge significatiu: una perspectiva constructivista

David Jonassen

P03/02048/00897

Índex

Introducció	5
Objectius	9
1. La construcció de models per al canvi conceptual	11
1.1. Resultats de l'aprenentatge significatiu	11
1.1.1. Models mentals	11
1.1.2. Canvi conceptual	12
1.2. Construcció de models mentals	14
1.2.1. Construcció de models enfront de consum	15
1.3. Què modelem?	16
1.3.1. Construcció de models dels coneixements dominants	17
1.3.2. Construir models problemes	18
1.3.3. Construir models de sistemes	21
1.3.4. Construir models d'experiències (històries)	23
1.3.5. Construir models de pensament (simulacions cognitives)	25
1.4. Tipus de sistemes d'aprenentatge basats en models	27
1.4.1. Construcció de simulacions deductives	27
1.4.2. Construcció de models de simulació inductius	28
1.4.3. Exploració de models de caixa negra o simulacions	28
1.4.4. Models causals qualitius	29
1.4.5. Eines de construcció de models semàntics	29
1.4.6. Advertències crítiques sobre les eines de construcció de models	30
1.5. Valorar el canvi conceptual amb models construïts per estudiants	30
1.6. Bases per a la construcció de models	31
1.7. Limitacions per a la construcció de models	32
2. Aprendre a solucionar problemes	34
2.1. En què consisteix la resolució de problemes?	34
2.2. Varietat de problemes	34
2.2.1. Estructuració	35
2.2.2. Complexitat	36
2.2.3. Especificitat de camp (abstractes-situats)	37
2.3. Tipologia de solució de problemes	38
2.3.1. Problemes lògics	38
2.3.2. Problemes algorítmics	40
2.3.3. Problemes narrats	40
2.3.4. Problemes que usen regles	41
2.3.5. Problemes de presa de decisions	41
2.3.6. Problemes de resolució de dificultats	41

2.3.7. Problemes de solució i diagnosi	42
2.3.8. Actuacions estratègiques	42
2.3.9. Problemes polítics i d'anàlisi de casos ubicats	43
2.3.10. Problemes de disseny	43
2.3.11. Dilemes	44
3. Entorns d'aprenentatge de resolució de problemes en línia ...	45
3.1. Problemes narrats	45
3.1.1. Tipus de problema i tipologia	46
3.1.2. Classificació de problemes	49
3.1.3. Problema verbal	49
3.1.4. Identificador del conjunt	49
3.1.5. Model estructural	50
3.1.6. Constructor d'equacions	51
3.1.7. Model situacional	51
3.1.8. Exemples treballats	52
3.1.9. Afers de la pràctica	53
3.1.10. Instrucció de contingut	53
3.1.11. Resum	53
3.2. Problemes de resolució de dificultats	54
3.2.1. Model conceptual	55
3.2.2. Localitzador de dificultats o avaries	56
3.2.3. Biblioteca o arxiu de casos	57
3.2.4. Exemples treballats	58
3.2.5. Temes de pràctica	59
3.3. Problemes d'anàlisi de casos/sistemes	59
3.3.1. Representació de problemes	60
3.3.2. Eines de representació de problemes	63
3.3.3. Generar opcions de solució: acomodar perspectives múltiples	64
3.3.4. Argumentació	65
4. Argumentació mitjançant la tecnologia per a recolzar la resolució de problemes	67
4.1. Tecnologies d'argumentació	68
4.1.1. SenseMaker	71
4.1.2. Belvedere	72
4.1.3. Convince Me	74
Glossari	75
Bibliografia	76

Introducció

Aquest mòdul descriu punts de vista molt actuals sobre com es pot usar la tecnologia per a impulsar un aprenentatge més significatiu en el camp de l'educació. Aquest mòdul parla més d'aprenentatge que de tecnologia. Per què? Últimament molts educadors han vist la tecnologia com la salvació de l'educació. Fins que els educadors no es posin d'acord en què hauria de modificar-se la natura de l'aprenentatge en l'educació, probablement la tecnologia no hi tindrà cap efecte. És a dir, la tecnologia per si sola no pot canviar l'educació. Hem d'estar tots d'acord en què l'educació ha de centrar-se en un aprenentatge significatiu, el tipus d'aprenentatge que porta als estudiants a un nivell profund de pensament.

Molts informes dels Estats Units han conclòs que la complexitat que comporta avançar en el món del segle XXI requereix noves habilitats i formes de pensar dels estudiants. La preparació necessària perquè els estudiants compleixin aquests requisits ha de fomentar-se a les escoles mitjançant entorns intel·lectuals enriquits. Més que explicar als estudiants el món que es trobaran fora de l'escola, és aquest món el que ha de cridar-los l'atenció. Els estudiants han d'aprendre a solucionar problemes complexos i mal definits, prosperar en l'ambigüitat i abraçar diferents perspectives, usant un repertori d'habilitats intel·lectuals i creatives que amb poca freqüència els són requerides. Quan els educadors creguin que aquests objectius són importants, la tecnologia podrà tenir un impacte més gran en l'aprenentatge i l'educació.

Aquest mòdul es basa en la teoria sobre el desenvolupament de l'aprenentatge significatiu que s'ha denominat *constructivisme*. El constructivisme parteix dels supòsits següents (Jonassen, Peck i Wilson, 1999):

1. **El coneixement es construeix.** Les persones donen sentit al seu món i tot allò amb el que mantenen un contacte construint representacions mentals d'aquest món. Els éssers humans són perceptors i intèrprets que construeixen les pròpies interpretacions del món físic mitjançant activitats interpretatives i cognitives que suposen la creació de models mentals. Aquest procés d'elaboració del sentit implica acomodar idees i fenòmens nous en les creences i coneixements existents que ja havien estat construïts per l'estudiant.

2. **La realitat (el sentit que construïm del món) es troba a la ment.** El procés d'elaboració del sentit té com resultat un coneixement que és únic a la persona, ja que es basa en un conjunt d'experiències úniques que han produït una combinació de creences sobre el món també única. Un principi important és que el coneixement no és una entitat externa que es troba en el món físic i que ha de ser adquirida o transmesa.

3. Així doncs, hi ha múltiples perspectives del món. De la mateixa manera que no hi ha dues persones en el món que tinguin les mateixes experiències i les mateixes percepcions d'aquestes experiències, cadascun de nosaltres construeix un coneixement propi que, al seu torn, afecta a la percepció de les experiències que compartim. En aquest sentit, per exemple, qualsevol discussió sobre política, religió o cervesa evoca una multitud de perspectives sobre qualsevol fenomen que es discuteixi.

4. El coneixement es construeix a partir de les nostres interaccions amb el medi ambient. No podem separar el nostre coneixement sobre una àrea, de les nostres interaccions amb aquesta àrea; ni podem valorar el coneixement adquirit sense tenir en compte com s'adquireix (Savery i Duffy, 1995). És a dir, els estudiants només poden interpretar la informació en el context de les seves experiències, i allò que interpretin serà, fins a cert punt, individual (Jonassen, 1991). El coneixement que els estudiants construeixen consisteix no sols en les idees (contingut), sinó també en el coneixement sobre el context en què són adquirides, allò que la persona estava fent en aquell entorn i allò que pretenia de l'entorn. El que diferencia els éssers humans de les formes inferiors de vida (pel que sabem) és la intencionalitat i l'habilitat per a articular aquestes intencions.

5. Així doncs, el coneixement es troba ancorat i indexat en contextos rellevants. Les idees que tenim i les habilitats que hem adquirit consisteixen, en part, en la situació o context en què van ser adquirides o aplicades. És a dir, el context és part del coneixement que la persona utilitza per a explicar o donar sentit a una idea. Això significa que les normes abstractes i les lleis, si estan aïllades d'un context, no tenen cap significat. Els constructivistes afirmen que les habilitats tenen més significat si es desenvolupen en contextos significatius. Si les idees no poden aplicar-se, llavors no tenen significat. Ensenyar fets i explicar conceptes sense emmarcar-los en algun context els treu el significat.

6. Per consegüent, el coneixement no es pot transmetre. L'objectiu explícit de la instrucció tradicional és la "transmissió del coneixement" més eficient. Desgraciadament, allò que podem "ensenyar" no és sempre el que els estudiants aprenen. El coneixement no pot transmetre's de professors a estudiants.

7. La construcció del coneixement s'estimula per una qüestió de necessitat o desig de saber. Allò que produeix el procés de construcció del coneixement és una dissonància entre el que se sap i el que s'observa en l'entorn. La construcció real de significat (resoldre la dissonància entre el que sabem bé i el que percebem o creiem que les altres persones saben) resulta d'una perplexitat (Duffy i Cunningham, 1996), una pertorbació (Maturana, 1980), una violació d'expectatives (Schank, 1986) o una adaptació a l'entorn que comporta cicles d'assimilació i adaptació. Podem memoritzar idees que altres ens hagin dit, però arribar de manera activa a la construcció del significat d'un fenomen im-

plica algun motiu per a saber. Aquesta dissonància assegura certa propietat per part de l'estudiant.

8. El significat es negocia de forma social. De la mateixa manera que tots compartim el món físic, també compartim part del significat que li donem. Els éssers humans són criatures socials que confien en les reaccions d'altres humans per determinar la pròpia existència i la veracitat de les seves creences personals. Els constructivistes socials han cregut durant cinquanta anys que l'elaboració del significat es produeix en un procés de negociació entre els participants de qualsevol diàleg. Des d'una perspectiva constructivista, aprendre és un diàleg, un procés de negociació, tant intern com social. Aprendre és inherentment un procés social-dialògic (Duffy i Cunningham, 1996).

9. El significat i el pensament es distribueixen entre la cultura i la comunitat en què vivim i les eines que utilitzem. Des del moment en què entrem a formar part de comunitats de pràctica, els nostres coneixements i creences sobre el món reben la influència d'aquesta comunitat i de les seves creences i valors. Quan entrem a formar part de comunitats de discurs sobre la pràctica, també els nostres coneixements i creences reben la seva influència. Per exemple, el nostre coneixement del món rep la influència de les activitats que realitzem en el treball. Les creences i el coneixement dels nostres companys influeixen en la nostra manera de pensar. L'aprenentatge pot ser entès com els canvis que sofreix la nostra relació amb la cultura o cultures amb què estem connectats.

10. No tot el significat es crea de la mateixa manera. Els constructivistes no comparteixen l'opinió deconstructivista, com molts creuen, que tots els significats són vàlids. Hem d'examinar la viabilitat del significat de qualsevol persona sobre la base de les normes socials i intel·lectuals de la comunitat.

Principis d'un aprenentatge significatiu

Si acceptem totes aquestes suposicions, es produeix un canvi en el procés d'educar als estudiants. Basant-nos-hi, l'aprenentatge a les escoles i les universitats hauria de donar èmfasi en les qualitats següents:

- **Actiu.** Els estudiants es comprometen amb el procés d'aprenentatge en un processament conscient de la informació, del resultat del qual són responsables.
- **Constructiu.** Els estudiants adapten noves idees a un coneixement previ (equilibrament) per donar sentit o donar significat o reconciliar una discrepància o perplexitat.
- **Col·laboratiu.** Els estudiants treballen en comunitats d'aprenentatge i construcció del coneixement, aprofitant les habilitats de la resta i aportant

suport social, a més a més de modelar i observar les contribucions de cadascun dels membres de la comunitat.

- **Intencional.** Els estudiants intenten aconseguir un objectiu cognitiu de manera activa i intencional.
- **Conversacional.** Aprendre és inherentment un procés social, dialògic (Duffy i Cunningham, en premsa), en el qual els estudiants són els que més es beneficien del fet de pertànyer a comunitats en què es construeix el coneixement, tant a classe com fora de l'escola.
- **Contextualitzat.** Les activitats d'aprenentatge estan situades en certes tasques significatives del món real o simulat mitjançant un entorn d'aprenentatge basat en algun cas o problema.
- **Reflexiu.** Els estudiants articulen el que han après i reflexionen sobre els processos i decisions implicats en aquests.

Objectius

Aquest mòdul té tres àrees principals: la construcció de models, la solució de problemes i l'argumentació. Aquestes àrees representen les investigacions més actuals que estic portant a terme. El modelatge, la resolució de problemes i l'argumentació són activitats constructivistes que poden portar a un aprenentatge significatiu i poden rebre el suport efectiu de la tecnologia. Al costat d'aquest mòdul trobem estudis de cas que mostren com es poden involucrar els estudiants en aquestes activitats.

Mitjançant la lectura d'aquest mòdul i l'examen dels casos, s'espera que pugueu ser capaços del següent:

1. Reconèixer camps de contingut, sistemes, problemes i experiències que poden modelar-se de manera efectiva utilitzant les eines descrites.
2. Aprendre a utilitzar una o més eines de modelació per a modelar la vostra pròpia comprensió d'un contingut.
3. Saber cridar l'atenció dels vostres alumnes i donar-los suport en l'ús de les eines de modelació perquè construeixin models de la seva pròpia comprensió.
4. Reconèixer diferents tipus de solució als problemes exigits en l'activitat diària dels professors, és a dir, reconèixer l'ensenyament com una manera de solucionar problemes.
5. Identificar problemes de la vida quotidiana que poden usar-se per a cridar l'atenció de l'estudiant, és a dir, identificar problemes que podrien constituir activitats d'aprenentatge significatiu.
6. Com a part de la solució a problemes mal plantejats, exigir als alumnes que construeixin arguments que demostrin el raonament de les seves solucions.

1. La construcció de models per al canvi conceptual

L'aprenentatge significatiu hauria de ser la *raison d'être* de les escoles. Més que presentar un contingut curricular preorganitzat que els estudiants han de memoritzar, les escoles haurien d'ajudar als alumnes a adonar-se d'allò que estan aprenent i a usar la seva comprensió per a resoldre els problemes de la vida quotidiana. El supòsit fonamental d'aquest article és que la tecnologia, quan s'usa de manera productiva, pot promoure un aprenentatge significatiu entre els estudiants. En la majoria d'escoles hi ha un accés limitat a la tecnologia (normalment menys de dues hores per setmana), per aquest motiu, la nostra funció com a educadors hauria de ser decidir com usar la tecnologia per a donar el màxim suport a un aprenentatge significatiu durant aquest temps limitat. Com aprofitar al màxim aquest temps? És a dir, com usar la tecnologia de la manera més conceptualment atractiva possible? La premissa d'aquest mòdul és que construir models que es basin en la informàtica és l'activitat tecnològica més atractiva conceptualment que existeix, amb la màxima contribució al canvi conceptual i al desenvolupament de models mentals. No solament atreu els estudiants cap a un canvi conceptual, sinó que la construcció de models no pot efectuar-se sense un ordinador.

1.1. Resultats de l'aprenentatge significatiu

Allò que per a nosaltres és significatiu depèn de les nostres necessitats i intencions. No obstant això, des d'una perspectiva psicològica de l'aprenentatge, les dues concepcions actuals que més s'acosten a la significació són els models mentals i el canvi conceptual.

1.1.1. Models mentals

Què succeeix quan les persones aprenen de forma significativa? Quines proves descriuen l'aprenentatge significatiu? El resultat de l'aprenentatge significatiu és un model mental dels fenòmens que s'han explorat i manipulats. Els nens comencen construint els seus models mentals senzills per explicar els seus mons, i amb l'experiència, el suport i, més reflexió, els seus models mentals es van complexitzant quan interactuen amb el món d'una manera més complexa. Els models més complexos els permetran raonar de manera més consistent i productiva sobre els fenòmens que observen.

Els éssers humans són constructors naturals de models.


Què és un **model mental**? Es tracta d'una pregunta difícil perquè hi ha molt poca unanimitat respecte a la seva resposta. Hi ha moltes concepcions sobre els models mentals, començant per Johnson-Laird (1983) i Gentner i Stevens (1983). Els models mentals són models semàntics, simulacions, coneixements procedimentals en forma de normes d'inferència, o què són exactament? Els models mentals són tot això, és a dir, són representacions riques, complexes, interconnectades, interdependents i multimodals de tot allò que una persona o un grup de persones saben.

Els models mentals individuals consisteixen en representacions múltiples, interdependents i integrades d'allò que s'ha après. Per representar un model mental **individual**, poden usar-se distintes formes de proves, incloent-hi el coneixement estructural, procedimental, reflexiu, espacial/imaginatiu, metafòric, executiu, a més a més de multitud de creences sobre el món (Jonassen i Henning, 1999).

Els models mentals grupals o **col·laboratius** els construeixen socialment grups d'individus que se centren, col·laborant uns amb altres, en una mateixa tasca significativa. Els models mentals grupals o **d'equip** consisteixen en representacions múltiples d'algun sistema o fenomen. Per representar un model mental grupal es necessiten diferents formes de proves, com el coneixement basat en les activitats, el coneixement social o relacional, el conversacional o discursiu i els artefactes que el grup usa i produeix.

Aquest mòdul afirma que l'activitat que afavoreix la construcció d'un model mental de manera més consistent i productiva és la construcció de models **computacionals**. És a dir, usar l'ordinador per a construir models del que s'ha estudiat proporciona una representació física dels processos mentals de la construcció de models. Diferents investigadors han demostrat la relació entre la construcció de models i els models mentals (Frederiksen i White, 1998; Mellar, Bliss, Booahan, Ogborn i Tompsett, 1994; White, 1993). La manera més efectiva d'impulsar la construcció de models mentals és fer que els estudiants usin una varietat d'eines per a construir models físics, visuals, lògics, o computacionals dels fenòmens. En altres paraules, construir models físics i computacionals mitjançant tecnologies confereix als estudiants l'oportunitat d'operacionalitzar i externalitzar els seus models mentals.

1.1.2. Canvi conceptual

Tal com s'ha indicat en el subapartat anterior, un objectiu de gairebé tots els aprenentatges científics és la construcció de models mentals. Els éssers humans construeixen de forma natural teories simplificades i intuïtives per explicar el món. Mitjançant l'experiència i la reflexió, afegeixen complexitats conceptuais a mesura que van aprenent. Com a aprenents, construeixen els seus models mentals, expressen certa força, coherència i compromís amb les concepcions existents; interactuen amb la nova informació fins a assolir un nivell en què la informació sigui comprensible, coherent, plausible i retòricament urgent d'acord amb els seus models conceptuals. El procés cognitiu de construcció d'aquestes teories és el **canvi conceptual**. 

El canvi conceptual té lloc quan els estudiants canvien la seva manera d'entendre els conceptes i marcs conceptuals. Segons diferents investigadors, el

procés i ritme del canvi conceptual és variable; per a alguns (Smith, diSessa i Resnick, 1993; Siegler, 1996), el canvi conceptual és un procés evolutiu d'ampliació i transformació gradual dels estats de coneixement. Aquest model de canvi conceptual és més piagetiana en aquells punts en què els estudiants acomoden gradualment el coneixement que ja posseeixen i el converteixen en millors estructures de coneixement.

Familiaritzar-se amb sistemes conceptuals després d'haver-ne sentit parlar consisteix típicament en la introducció de termes, l'explicació d'experiments i la defensa d'hipòtesi (Thagard, 1992). Aquesta forma evolutiva del canvi conceptual requereix poca reestructuració dels sistemes conceptuals (Carey, 1985). L'aprenentatge reproductiu a les escoles requereix massa vegades, la simple articulació d'un marc conceptual ja existent, que només implica canvis en les relacions entre conceptes (Carey, 1988), i no una reestructuració dels models conceptuals per part dels aprenents. Aquest tipus d'enriquiment és la forma més dèbil de canvi conceptual (Vosniadou, 1994). Els estudiants més avançats poden arribar a desenvolupar els seus models conceptuals mitjançant el descobriment, en el moment en què algú estableix un nou sistema conceptual i els estudiants addueixen les seves pròpies hipòtesis explicatives. Aquest tipus de canvi conceptual, la **revisió**, és necessari quan la informació que ha d'adquirir-se no correspon a les creences, pressuposicions, i models ingenus del món (Vosniadou, 1994).

Per a altres investigadors (Chi, 1992; Thagard, 1992), el canvi conceptual és un procés revolucionari en el qual la manera com s'entenen els conceptes se substitueix per una altra comprensió que s'espera que sigui millor. El canvi és una **reorganització** radical o marcada de les estructures del coneixement (Dole i Sinatra, 1998). És necessària una reestructuració radical quan els estudiants topen amb importants anomalies que no poden acomodar en les seves actuals teories, així que és pertinent un nou paradigma. La substitució de models conceptuals per altres de nous no pot dur-se a terme simplement refusant conceptes concrets o proposicions en el sistema conceptual, sinó que ha de desafiar-se tota l'estructura i substituir-la (Thagard, 1992). El canvi conceptual radical requereix que els estudiants canviïn conceptes i proposicions a partir de categories ontològiques, és a dir, que canviïn marcs per acomodar idees.

El canvi conceptual més significatiu només succeeix si és **intencional** (Dole i Sinatra, 1998). És a dir, en el moment en què l'aprenent és conscient que la seva comprensió és inadequada i percep la necessitat de canvi, és probable que el canvi sigui significatiu (Luque, 2003). El problema és que els aprenents amb un baix nivell de coneixement dominant tenen dificultats per a adonar-se de contradiccions entre les seves pròpies concepcions i les que són científicament acceptables. A més a més de ser conscients de les seves anomalies de pensament, els aprenents també han de voler canviar-les (Luque, 2003). Les teories que substituiran a les actuals han de ser intel·ligibles, plausibles i productives (Strike i Posner, 1985), és a dir, atractives cognitivament.

El canvi conceptual...

... pot ser el resultat de la instrucció o del descobriment.

Què fa que el canvi conceptual sigui intencional? El canvi conceptual és una funció del nivell de **compromís conceptual** (Dole i Sinatra, 1998). Els aprenents manifesten de forma natural una certa força, coherència, i compromís amb les concepcions que posseeixen; és més fàcil que canviar. Tendeixen a interactuar amb la informació que és comprensible, coherent, plausible a la llum de les teories existents.

El nivell d'interacció dels estudiants amb la nova informació depèn d'un continu, des d'un compromís cognitiu baix fins a un alt compromís metacognitiu. Quan els estudiants no es comprometen cognitivament, processen informació de manera superficial. No obstant això, els estudiants sovint troben informació que no correspon a les seves teories. Poden ignorar aquesta informació (cosa que fan sovint), o poden intentar reconciliar-la amb el que ja saben. Aquesta reconciliació implica molts cops que reestructurin el que saben (per exemple, mitjançant un canvi conceptual). El canvi conceptual requereix un alt compromís cognitiu. Per reestructurar el que saben, els estudiants han de regular-se ells mateixos, esforçant-se a analitzar i sintetitzar la nova informació.

Segons Dole i Sinatra (1998), en el nivell més alt de compromís, els estudiants pensen detingudament sobre arguments i contraarguments relacionats amb el missatge, amb la qual cosa s'aconsegueix una alta probabilitat que s'efectuï un canvi conceptual.

Una de les preguntes importants que es respon en aquest mòdul és com nosaltres, els educadors, podem impulsar un alt compromís cognitiu dels estudiants que veuen la necessitat de canviar els seus models conceptuals del món. També es descriu com els estudiants poden usar l'ordinador per a construir els seus propis models del món; mitjançant la construcció d'aquests models, es comprometen de forma necessàriament cognitiva. Quan proven i revisen aquests models per reconciliar-los amb les seves experiències, els estudiants necessàriament efectuen un canvi conceptual radical o revolucionari.

1.2. Construcció de models mentals

Els professors de matemàtiques i ciències (Confrey i Doerr, 1994; Frederiksen i White, 1998; Hestenes, 1986; Lehrer i Schauble, 2000; White, 1993) han reconegut durant molt temps la importància de construir models a l'hora d'entendre els fenòmens matemàtics i científics.

Jo crec que es tracta d'una habilitat essencial en totes les disciplines, és a dir, és una habilitat cognitiva essencial per a la construcció de significat en tots els camps. També crec que a més de construir models del coneixement dominant (el principal objectiu dels treballs educatius de matemàtiques i ciències fins a l'actualitat), els estudiants també poden beneficiar-se de la construcció de models de problemes (construir espais del problema), sistemes, estructures semàntiques i processos de pensament (com les simulacions cognitives). A més a més de distingir entre el que es modela, també distingeix diferents tipus de

sistemes de construcció de models i les seves habilitacions per a fonamentar la construcció de models mentals. Per què és tan important la construcció de models?

La construcció de models és important perquè es tracta d'un dels processos cognitius que comporta major relació conceptual. Resoldre problemes de disseny pot ser potencialment més atractiu, però les tecnologies actuals aconseguen millor els processos de creació de models que els de disseny. Construir models també és important perquè els models conceptuals construïts per la majoria de les persones solen ser ingenus, poc informats i inconsistentes amb les teories establertes.

Encara que el desenvolupament i canvi de les teories personals pot ser un procés humà natural, les persones no tenen una gran habilitat per a això. Les teories personals i els models conceptuals estan plens de malentesos i conceptes inadequats. Els aprenents haurien de rebre ajuda a l'hora de construir models més complets i viables dels fenòmens que estudien.

Què és construir models? Els conceptes canvien segons les eines i els canvis que s'estudien. La majoria de matemàtics i científics creuen tàcitament que construir models és un procés matemàtic, que les representacions quantitatives són d'allò més explícites i informatives. El primer objectiu d'aquest procés és definir la relació entre variables. Hestenes (1987) va proposar un procés de construcció de models per a l'aprenentatge de la física que incloïa quatre estadis: descriure les variables bàsiques i derivades d'alguna forma en diagrama; formular les relacions basades en les lleis de la física (escrivint equacions; dibuixant ramificacions d'un model i validant de forma empírica el model ramificat. Per a Hestenes, "el model és el missatge" (pàg. 446), és a dir, "la construcció de models matemàtics hauria de ser el tema central de l'ensenyament de la física" (pàg. 453).

Alguns investigadors creuen que els models qualitius són tan importants com els quantitius. La representació qualitativa és un enllaç perdut en la solució de problemes en el cas d'aprenents novells (Chi, Feltovich, Glaser, 1981; Larkin, 1983). Quan els estudiants intenten comprendre un problema d'una única manera, especialment quan d'aquesta manera no s'arriba a una informació conceptual del problema, llavors no entenen els sistemes més importants que hi tenen lloc. És necessari, per consegüent, ajudar-los a construir una representació, tant qualitativa com quantitativa, del problema. Les representacions qualitatives dels problemes obliguen i faciliten alhora la construcció de representacions quantitatives (Ploetzner i Spada, 1998).

1.2.1. Construcció de models enfront de consum

La distinció més important que ha de fer-se és com s'utilitzen els models. Els models són bastant habituals en l'ensenyament de les matemàtiques i

les ciències, i es presenten també en altres disciplines. La majoria de llibres de ciències presenten un model de certs fenòmens per a facilitar la comprensió dels estudiants i segueixen aquest model amb problemes ben estructurats relacionats amb aquells models que els aprenents han de solucionar.

Normalment els models s'usen com a motor intel·lectual en molts programaris. Els sistemes tutorialis més intel·ligents disposen de models d'aprenentatge, models experts o de domini i models tutorialis. El raonament basat en els models se centra en un model explícit dels sistemes físics que s'estan aprenent (de Koning i Bredweg, 2001). En els micromons, el model es troba implícit en les opcions d'exploració que facilita el programari, però el model no es manifesta de forma explícita. I el que és més important, el model és immutable. Els estudiants no solament no poden accedir-hi, sinó que no poden canviar-lo tret que manipulin un conjunt de variables preseleccionades dins el model.

En aquest treball, quan parlem de construcció de models ens referim a la construcció, manipulació o comprovació de models que efectua l'estudiant. Algunes de les eines aquí descrites ja faciliten un model que els estudiants poden manipular i comprovar, però en altres casos cal que l'estudiant construeixi i comprovi els models.

La manera més eficaç d'estimular i valorar el canvi conceptual radical és construir i comparar models que representin sistemes conceptuals desproporcionats. Quan els estudiants descobreixen anomalies o errors conceptuals en les estructures mitjançant els experiments de construcció de models que representen sistemes desproporcionats, hi ha més possibilitats que revisin i reestructurin les seves estructures conceptuals.

En aquesta proposta, es demana als estudiants que reestructurin els seus models conceptuals de la biologia de plantes de terra amb els models conceptuals basats en el creixement d'espai limitat. Així, l'objectiu és que modelem la nostra idea que usar eines informàtiques per a construir models computacionals dels fenòmens científics és el mitjà més efectiu per a estimular i ajudar els estudiants a efectuar un canvi conceptual ràpid.

El canvi conceptual radical molt poques vegades és conseqüència de la instrucció. Per què hauria de ser-ho, doncs, de la construcció de models? El canvi conceptual radical procedeix de les perturbacions creades en els propis conceptes i que posen en dubte la comprensió (Ferrary i Elik, 2003). Per resoldre-les, els estudiants han d'usar l'experiència o altres processos altament atractius com la construcció de models i així comparar els conceptes oposats (Dole i Sinatra, 1998).

1.3. Què modelem?

Si és veritat que construir models pot ajudar a crear models mentals, llavors els estudiants haurien d'aprendre a construir models d'un conjunt de fenòmens. En aquest subapartat descriurem breument la gamma de fenòmens que poden modelar-se mitjançant diferents eines, més endavant descriurem breument la natura d'algunes d'aquestes eines.

Els micromons,...

... com Geometric Supposer i SimCalc, entre altres, són exemples d'entorns basats en models.

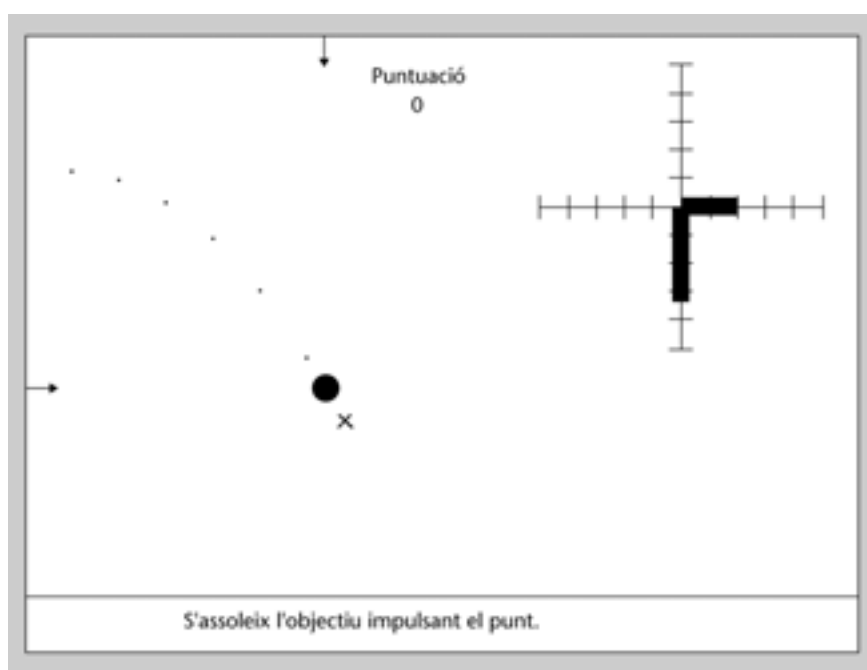
La majoria d'aquests models són el que Lehrer i Schauble (2000) denominen *models sintàctics*. Es tracta de models formals que imposen una sintaxi diferent a l'estudiant. Aquesta sintaxi porta a una correspondència relacional entre el model i els fenòmens que representa. L'objectiu dels models sintàctics és resumir la funció essencial del sistema que ha de representar-se.

1.3.1. Construcció de models dels coneixements dominants

L'objectiu principal de l'ús dels models en l'ensenyament de les matemàtiques i la ciència ha anat encaminat a construir models d'idees dins els camps de la matemàtica i la ciència. En l'educació secundària i el batxillerat els estudiants utilitzen eines informàtiques per a construir models, com els micromons, eines per a construir models de sistemes o altres eines qualitatives, a fi de construir el seu model de sistemes científics.

Per exemple, la figura 1 il·lustra l'ús del micromon, ThinkerTools, per construir models i experimentar amb principis relacionats amb les trajectòries dins el camp de la física. L'usuari exerceix un impuls sobre el punt abans de llançar-lo. Pot explorar-se la relació entre els impulsos o les forces del vector en la trajectòria dels punts. En la figura 1 pot veure's que s'han aplicat les forces correctes de vectors.

Figura 1. Construir models de principis de trajectòries al camp de la física, mitjançant ThinkerTools.



Els estudiants poden utilitzar una àmplia gamma d'eines per a construir models. La figura 2 mostra principis geomètrics modelats amb Cabri, una eina de visualització geomètrica de Texas Instruments. En cadascun d'aquests models, els estudiants representen principis dominants que estan estudiant. Les eines per a construir models els permeten comprovar els seus models mentals dels fenòmens que estan estudiant. No obstant això, en ambdós exemples es troben implícits models subjacents. Els principis s'exemplifiquen en les representacions,

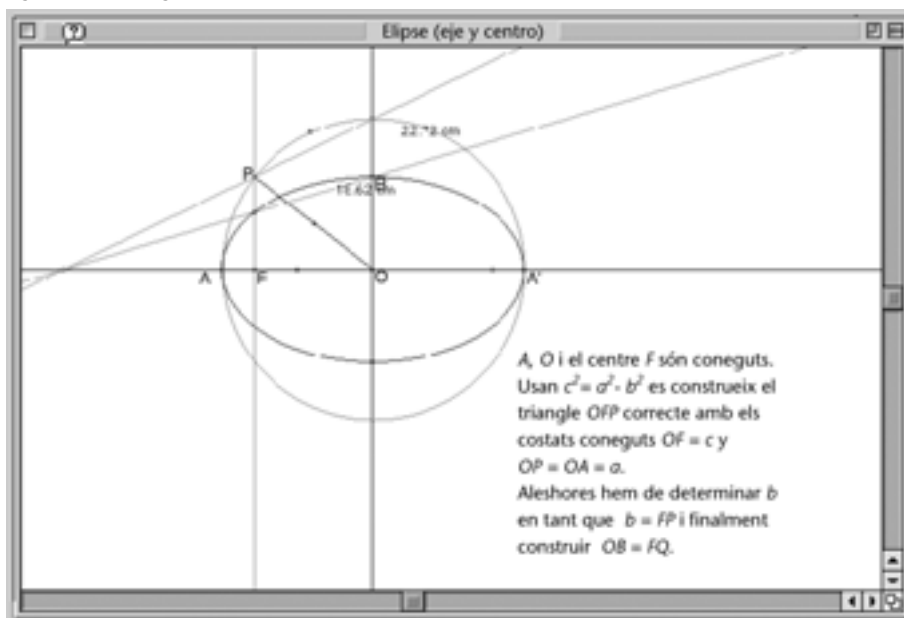
però els models es troben implícits. És a dir, la relació entre les variables no s'expressa de forma explícita. Tornarem a parlar sobre això més endavant, quan descriguem certes eines per a construir models.

1.3.2. Construir models problemes

Un altre tema important i poc estudiat és l'ús de les eines de modelatge per a desenvolupar models explícits de problemes que els estudiants intenten resoldre. En aquestes aplicacions, els estudiants representen l'espai del problema (Jonassen, 2003). En general, s'accepta que a l'hora de resoldre problemes, les persones no necessiten construir cap tipus de representació interna (model mental) d'un problema (espai del problema) per a resoldre'l. Aquestes representacions personals del problema tenen les funcions següents (Savelsbergh, de Jong, i Ferguson-Hessler, 1998):

- Dirigir una interpretació posterior de la informació sobre el problema.
- Simular el comportament del sistema basat en el coneixement sobre les propietats del sistema.
- Associar i impulsar un esquema concret de solució (procediment).

Figura 2. Model geomètric de Cabri.



Els espais d'un problema es construeixen mentalment seleccionant i planejant relacions específiques del problema (McGuinness, 1986). El supòsit fonamental d'aquest article és que el fet d'usar les eines de modelatge per a crear models físics, visuals o computacionals externalitza els models mentals dels estudiants. En relació amb la solució de problemes, la construcció de models visuals i computacionals dels problemes externalitza els espais dels problemes interns

dels estudiants. La construcció de models d'espais de problema és important per a tota mena de problemes. A mesura que augmenta la complexitat del problema, resulta més important produir representacions eficaces; i l'eficàcia de les representacions depèn de l'organització, la integració o la coherència (McGuinness, 1986).

Tot i que hi ha moltes eines informàtiques de modelatge que ajuden a la construcció de models quantitius de problemes, la construcció de models qualitius de problemes és d'igual o major importància. Les representacions qualitatives assumeixen moltes formes i organitzacions diferents; poden ser espacials o verbals i poden organitzar-se de diferents maneres. Són més físiques que numèriques: les representacions físiques dels problemes consisteixen en entitats que es fixen en camps concrets (per exemple, la física), i les normes d'inferència que les connecten i els donen un significat són qualitatives (Larkin, 1983).

Figura 3. Extracte d'una base de regles d'un sistema expert d'estequiometria.

Context 'amb aquesta base de coneixement es pretén simular el procés de càlcul de conversions molars.'

D1: 'sabeu la massa d'un mol de mostra.'
 D2: 'cal determinar la massa molar (fórmula).'
 D3: 'dividiu la massa de la mostra per la massa molar.'
 D4: 'multipliqueu el nombre de mols per la massa molar.'
 D5: 'sabeu les unitats de massa atòmica.'
 D6: 'sabeu la massa molar.'
 D7: 'dividiu la massa de mostra per la massa molar i multipliqueu-ho pel número d'Avogadro.'
 D8: 'dividiu el nombre d'àtoms pel número d'Avogadro.'
 D9: 'convertiu el nombre d'àtoms a mols i els mols a massa.'
 D10: 'convertiu la massa a mols usant la massa molar i els mols a molècules mitjançant el número d'Avogadro.'
 D11: 'feu la conversió de volum a mols (dividiu volum per volum/mol), i després convertiu els mols a mols multiplicant pel número d'Avogadro.'

Q1: 'Sabeu el nombre de molècules?'	A 1 'sí' 2 'no'
Q2: 'Sabeu la massa en grams de la mostra?'	A 1 'sí' 2 'no'
Q3: 'Sabeu la massa molar de l'element o compost?'	A 1 'sí' 2 'no'
Q4: 'Sabeu el nombre de mols de la mostra?'	A 1 'sí' 2 'no'
Q5: 'Sabeu el nombre de molècules?'	A 1 'sí' 2 'no'
Q6: 'Voleu saber la massa de mostra en grams?'	A 1 'sí' 2 'no'
Q7: 'Voleu saber la massa molar del compost?'	A 1 'sí' 2 'no'
Q8: 'Voleu saber el nombre de mols de la mostra?'	A 1 'sí' 2 'no'
Q9: 'Sabeu les unitats de massa atòmica?'	A 1 'sí' 2 'no'
Q10: 'Sabeu el volum d'un gas?'	A 1 'sí' 2 'no'

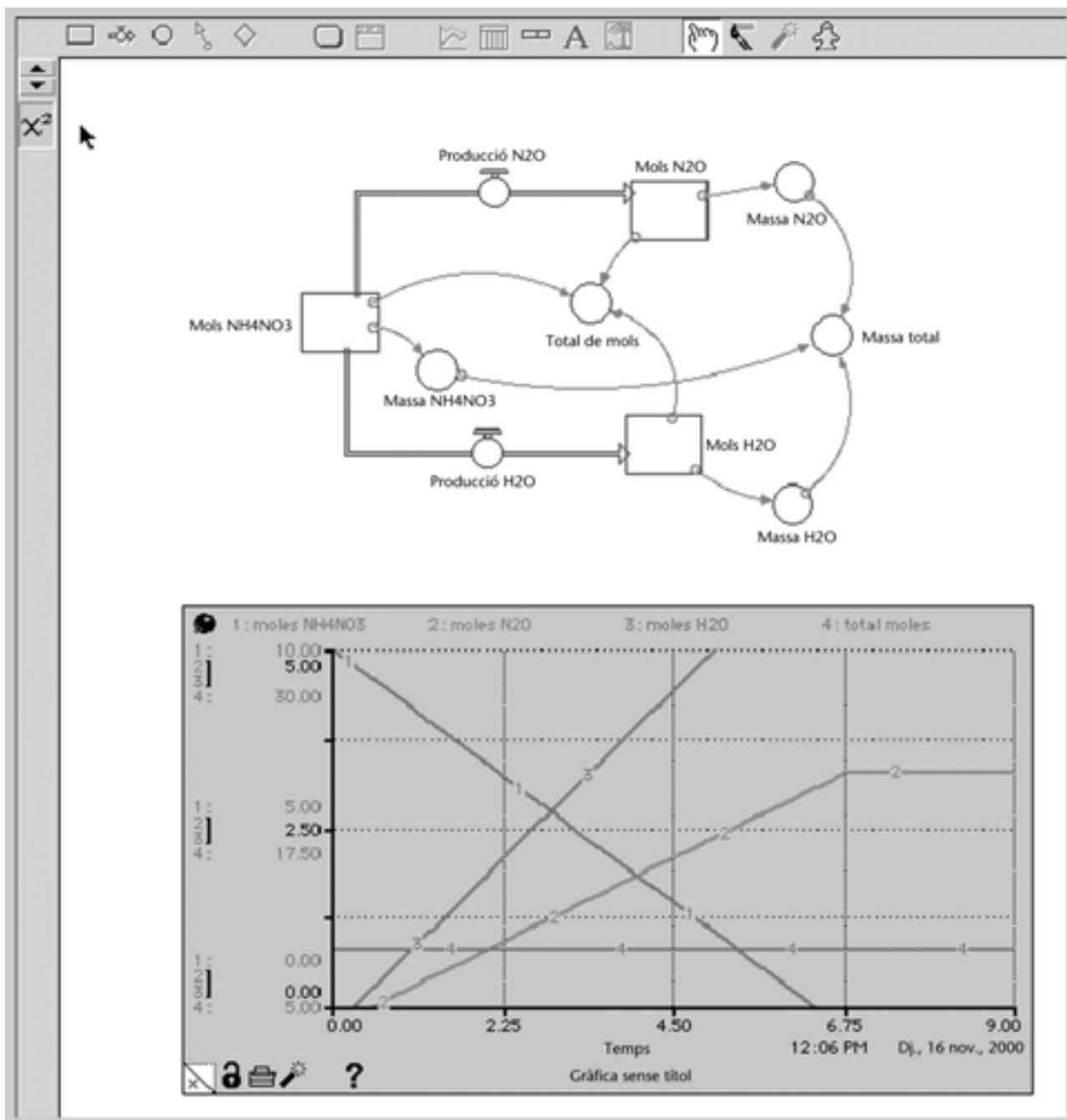
Regla1: SI q2a1 I q8a1 LLAVORS D2
 Regla2: SI (d1 O q3a1) I q2a1 I q8a1 LLAVORS D3
 Regla3: SI q4a1 I q3a1 I q6a1 LLAVORS D4
 Regla4: SI q3a1 LLAVORS D1
 Regla5: SI q3a1 LLAVORS D5
 Regla6: SI q9a1 LLAVORS D6
 Regla7: SI q3a1 I q2a1 I q5a1 LLAVORS D7
 Regla8: SI q1a1 I q8a1 LLAVORS D8
 Regla9: SI q1a1 I q6a1 LLAVORS D9
 Regla10: SI q2a1 I q5a1 LLAVORS D10
 Regla11: SI q10a1 I q1a1 LLAVORS D11

Les representacions qualitatives tenen la funció següent:

- Explicar informació que només apareix implícitament en les descripcions dels problemes però que és important per a la seva solució.

- Aportar precondicions sobre les quals es pugui aplicar el coneixement quantitatiu.
- El raonament qualitatiu ajuda a la construcció del coneixement quantitatiu no disponible en un principi i estableix un conjunt de restriccions que aporten directrius per a un raonament quantitatiu (Ploetzner i Spada, 1993).

Figura 4. Sistemes de models dinàmics de problemes d'estequiometria segons Stella.



De fet, Ploetzner, Fehse, Kneser i Spada (1999) van demostrar que a l'hora de resoldre problemes de física, les representacions qualitatives dels problemes són requisits necessaris per a aprendre representacions quantitatives. Quan els

estudiants intenten entendre un problema només d'una manera, no entenen els sistemes subjacents que estan treballant.

La figura 3 mostra un model qualitatiu d'un simple problema de química de conversió molar, mitjançant un sistema expert. És a dir, els estudiants van construir un sistema de regles de producció que descriu la lògica necessària per a resoldre el problema. Les representacions qualitatives ajuden a la solució de problemes quantitatives. Les millors solucions de problemes poden sorgir integrant models qualitius i quantitius. Aquesta integració encara pot veure's més recolzada en les eines per a construir models de sistemes, com el de Stella, que aporten representacions quantitatives de les relacions entre aquells components de problemes que s'expressen de forma qualitativa. La figura 4 mostra un model Stella d'un problema d'estequiometria, i aporta tant les representacions quantitatives, com les qualitatives del problema.

1.3.3. Construir models de sistemes

Els continguts dels problemes també poden concebre's com a sistemes. Quan s'estudia el contingut com si fossin sistemes, més que centrar-se en fets concrets o característiques dels fenòmens, els aprenents desenvolupen una perspectiva del món molt més integrada.

Hi ha diferents concepcions sistèmiques del món que estan relacionades, incloent-hi pensaments de sistemes oberts, pensaments de sistemes humans o socials i processos de sistemes, pensaments de sistemes de reacció, dinàmica de sistemes, sistemes de control o cibernètica, la teoria de l'activitat i els sistemes de vida més comuna.

Figura 5. Construcció de models del sistema circulatori amb Model-It.

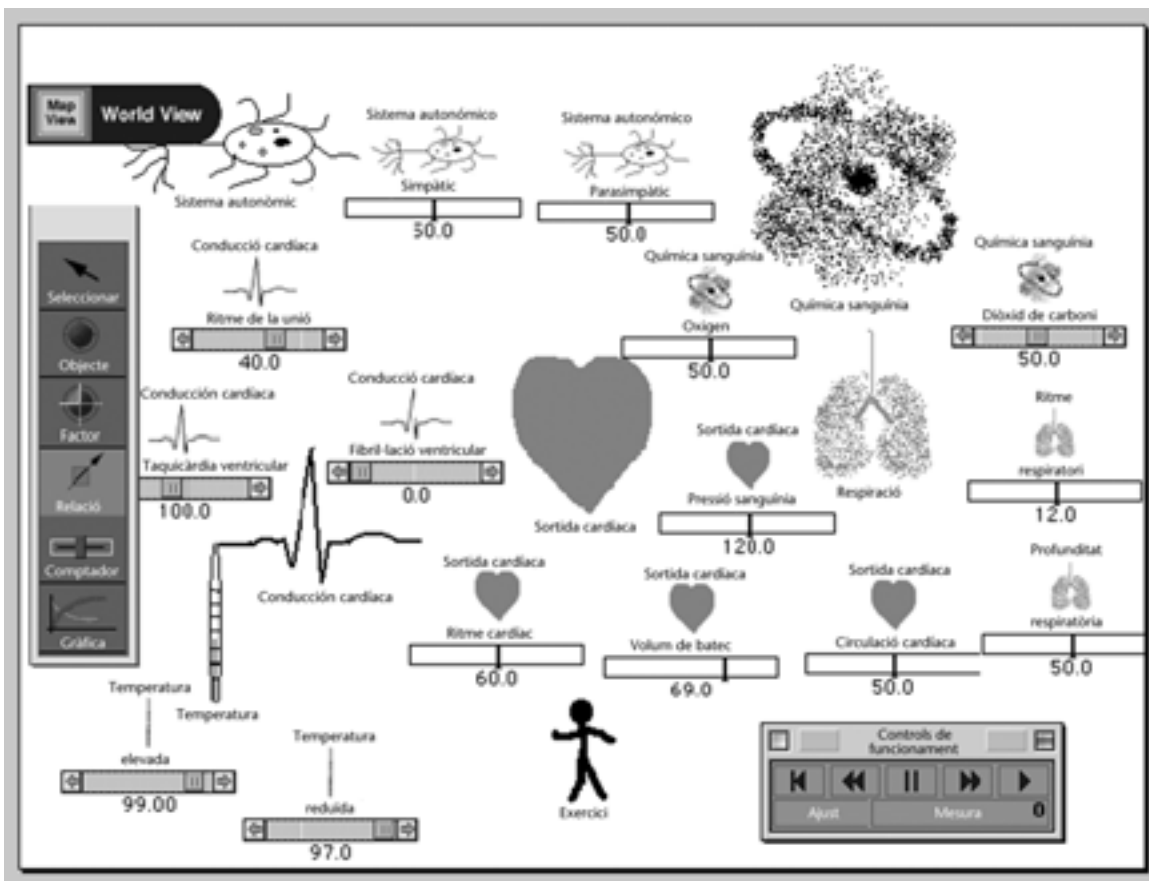
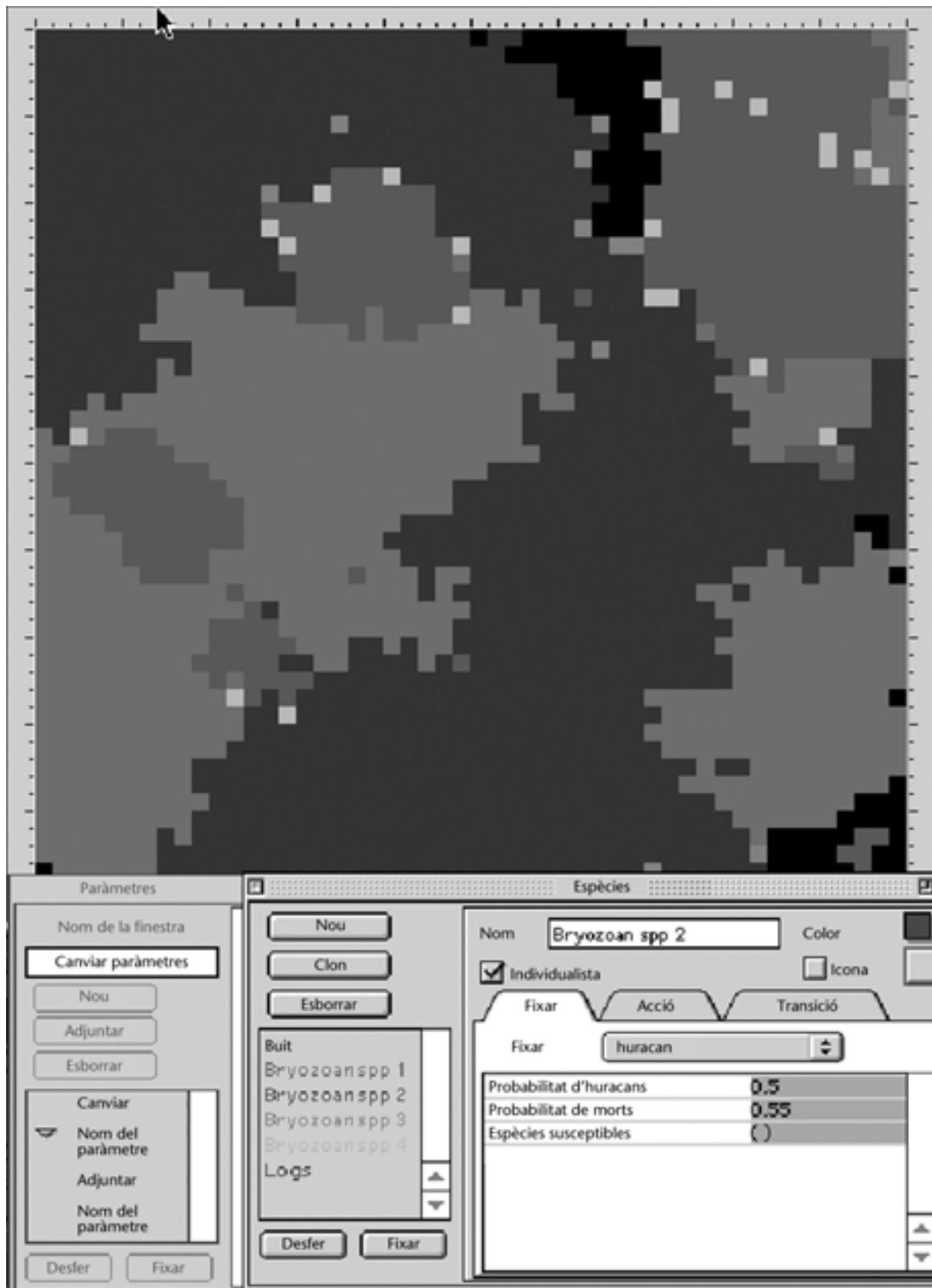


Figura 6. Construcció de model de l'efecte d'un huracà a Bryzoan amb EcoBeaker.



Totes aquestes concepcions comparteixen atributs semblants, com per exemple un tot irreductible, un model d'organització autoproduïdor, les parts interdependents, el fet que funcionin accionats per l'objectiu, el control de reacció,

l'automanteniment i l'autoregulació. El fet de requerir als estudiants que organitzin el seu objecte d'estudi en sistemes rellevants que interactuen uns amb altres els aporta una perspectiva del món molt més holística i integrada.

Els estudiants han de construir els models abans de comprovar-los. La figura 5 mostra una perspectiva sistèmica del sistema circulatori, construïda amb Model-It, una eina simplificada per a construir models de sistemes que ha desenvolupat el grup HI-CE a la Universitat de Michigan per a estudiants de secundària. Aquesta eina identifica relacions entre variables. En comptes d'introduir fórmules per descriure relacions, els estudiants han d'identificar la direcció de la relació i l'efecte potencial que té una variable sobre una altra.

La figura 6 construeix un model de creixement d'organismes diminuts dins un entorn, pertorba aquest entorn i torna a comprovar les pautes de creixement. En aquest cas, el model mostra els efectes d'un huracà en el creixement de Bryzoa. Aquestes eines, més que simples sistemes, representen una perspectiva del món teòricament complexa; és a dir, exploren la natura autoorganitzadora dels fenòmens del món.

1.3.4. Construir models d'experiències (històries)

Les històries poden funcionar com a substitut de l'experiència directa. Si assumim que aprenem de les experiències, hauríem de ser capaços d'aprendre de les històries que contenen experiències. Algunes persones creuen que escoltar històries és equivalent a experimentar un mateix els fenòmens (Ferguson, Bareiss, Birnbaum i Osgood, 1991).

En altres paraules, les estructures de la memòria utilitzades per a entendre la història són les mateixes que les que s'usen a l'hora de portar a terme una tasca. Tenint en compte la falta d'experiències per part dels principiants, les experiències d'històries o casos que poden obtenir en una biblioteca augmenten el seu repertori d'experiències. El raonament a partir d'històries o casos ajuda a resoldre problemes.

Per què les històries són importants per a la comprensió? Perquè tot el que sabem ho recordem en forma d'històries. Les històries són formalismes rics i poderosos per a narrar i descriure records. Així doncs, una forma d'entendre el que les persones saben és analitzar les seves històries. El mitjà que ens permet analitzar-les s'anomena *raonament basat en casos* (RBC*).

L'RBC és un mètode d'intel·ligència artificial per a representar els coneixements de les persones. L'RBC sosté que els coneixements s'emmagatzemen en la memòria en forma d'històries (Schank, 1990). Quan es troben amb una situació nova, les persones l'analitzen i intenten recuperar una situació que ja hagin experimentat i que s'assembli a la situació actual. A banda de la informació sobre la situació, també recuperem el que vam aprendre d'aquella situació. Els problemes nous es resolen trobant casos semblants del passat i aplicant les lliçons d'aquella experiència en aquest nou cas.

Eines informàtiques

Hi ha una varietat d'eines informàtiques que recolzen el pensament de sistemes. Basats en dinàmica de sistemes, eines com Stella, PowerSim i VenSim proporcionen eines sofisticades per a construir models de sistemes. Aquestes eines permeten als estudiants construir models de sistemes de fenòmens, mitjançant el raonament hipoteticodeductiu.

Més eines informàtiques

Hi ha una altra classe d'eina que permet que l'estudiant construeixi inductivament models de sistemes. Els micromons com StarLogo, AgentSheets i Eco-Beaker permeten construir regles sobre la natura del comportament en sistemes i comprovar el seu efecte de manera immediata.

* En anglès Cased-Based Learning (CBR).

Per consegüent, els estudiants poden impulsar el canvi conceptual construint models de les experiències d'altres persones, és a dir, recollint històries sobre les experiències d'altres.

La base de dades de la figura 7 conta una de les moltes històries que s'han recollit sobre el conflicte a Irlanda del Nord. La base conté moltes històries que s'han indexat per qüestió, tema, context, objectiu, raonament, religió, etc. Conté moltes qüestions, temes i contextos.

Quan els estudiants analitzen històries per entendre aquests problemes, entenen millor la complexitat fonamental del camp de contingut. Recollir i indexar les històries és construir models de les experiències de les persones; com aquestes experiències són diferents, representen perspectives i creences múltiples. Trobar aquesta diversitat de creences és la millor manera de percebre que cal canviar els models conceptuals de cada persona sobre el món.

Figura 7. Entrada en una base de dades sobre històries d'Irlanda del Nord.

Assumpte	Pau i reconciliació
Índex	Àmplia ajuda monetària dels treballadors manuals al nord de Califòrnia
Tema	Els americans ajuden obertament l'IRA
Context	Nord de Califòrnia
Objectiu	Aconseguir que Irlanda sigui per als irlandesos
Observació	La classe treballadora de catòlics americans recolza la violència per a aconseguir que Irlanda sigui per als irlandesos
Raonament	Ajudar l'IRA farà que el Regne Unit estigui fora d'Irlanda
Religió	La base de partidaris de l'IRA és catòlica
Polític	"Amerimick: Sóc de la tercera generació d'irlandesos americans, que ha perdut la seva família...
Social	"Problemes." Crec que alguns dels vostres comentaris són més aviat ingenus, i també...
Resultat	declaració sobre que només representen una petita part d'irlandesos americans, els qui... a l'IRA, en quines dades empíriques es basa? O és simplement potser aconseguir...
Solució	Per tot el nord de Califòrnia, sobretot en el barri de treballadors manuals de Sunset...
Característiques de la situació	Francisco, la passió d'aquells que treballen per a l'IRA són protegits pels seus diners...
Lliçons apreses	A les cases republicanes on he estat hem fet un brindis de Jameson... Vida robada per una acció de l'IRA provisional. Oh sí, som pràcticament tots cat... (antics nois canviats) que fem donacions regularment als Amics del Sinn Fein Ajuda del Nord, i a altres causes irlandeses. Desperta, Amerimick, tu... Com nosaltres en qualsevol ciutat americana que tingui una població semblant a la irlandesa. Irlanda per a... Britànics ¡fora ara!"

Si es volen usar bases de dades per a capturar històries, s'han d'identificar casos o històries. Els casos indiquen situacions, successos, experiències, problemes, etc. Quan parlem de situacions ens referim a una descripció de les situacions (context, objectiu, etc.), les solucions que es van triar i el que es va aprendre en utilitzar-les (Kologner, 1993). La situació del problema es defineix a partir dels objectius que volen aconseguir-se resolent el problema, les restriccions per a arribar als objectius i qualsevol característica del problema.

Quan es recullen històries de revistes, informes de notícies, entrevistes personals o qualsevol altre mitjà i s'analitzen, han d'indexar-se identificant certa

combinació d'objectius, restriccions, descripcions situacionals, temes, solucions, resultats i lliçons en una base de dades. Aprendre, segons la perspectiva de l'RBC, és un procés d'indexar i farcir lliçons basades en experiències i reutilitzar-les en situacions futures semblants.

1.3.5. Construir models de pensament (simulacions cognitives)

Hi ha una altra classe de construcció de models que permet el desenvolupament de processos de pensament. Més que construir models de continguts o sistemes, els aprenents construeixen models del tipus de pensament que necessiten per a actuar a l'hora de resoldre un problema, prendre una decisió o acabar qualsevol altra activitat. És a dir, els estudiants poden utilitzar eines informàtiques per a construir simulacions cognitives.

"[...] les simulacions cognitives són programes informàtics que representen models d'activitats cognitives humanes."

E.M. Roth; D.D. Woods; H.E. People (1992). "Cognitive Simulation as a Tool for Cognitive Task Analysis". *Ergonomics* (núm. 35, pàg. 1163-1198).

Tenen com a objectiu construir models d'estructures mentals i processos cognitius humans.

"El programa informàtic conté representacions explícites de processos mentals i estructures de coneixement ja proposats."

D.E. Kieras (1990). "The role of cognitive simulation models in the development of advanced training and testing systems". A: N. Frederiksen; R. Glaser; A. Lesgold; M. Shafto (eds.). *Diagnostic monitoring of skill and knowledge acquisition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

L'objectiu primordial de les simulacions cognitives és intentar externalitzar processos mentals per a la construcció d'anàlisi i teories. Les usen sobretot els enginyers per a construir sistemes tutorials elaborats, però hem descobert que també els joves estudiants poden reflexionar sobre el seu pensament per construir aquest tipus de simulacions. Jonassen (en premsa) descriu el procés de construcció d'una simulació cognitiva d'un raonament metacognitiu mitjançant la protecció de sistema expert.

La figura 8 mostra actors seleccionats a partir d'aquesta base de coneixement. Es va demanar als estudiants que meditessin sobre com usaven ells el control executiu i les activitats de control de comprensió a l'hora d'estudiar.

Lippert (1988) afirmava que fer que els estudiants construeixin petites bases de coneixement és un mètode útil per a ensenyar a resoldre problemes i a estructurar el coneixement per a estudiants des de sisè grau fins a l'edat adulta.

Figura 8. Factors metacognitius en la simulació cognitiva.

Pregunta: "Per què estic estudiant aquest material?
 Assignat = Ha estat un material assignat pel professor
 Relacionat = El material és útil per a investigació o estudis relacionats
 Personal = El material és d'interès personal"

Pregunta: "Necessito conèixer bé aquest material?
 L'essencial = Només he de comprendre les idees principals.
 Discutir = Parlarem i interrelacionarem els temes.
 Valorar = He de valorar la importància o precisió d'aquestes idees.
 Generar = He de pensar temes, noves idees, hipòtesi sobre el material."

En aquest exemple de l'RBC,...

... els estudiants aprenen sobre l'horror dels conflictes religiosos examinant l'experiència d'altres. Les bases de dades faciliten aquest procés d'aprenentatge, permetent que els professors busquin en qualsevol àmbit per col·locar casos o resultats semblants.

Pregunta: "Quina velocitat de lectura tinc?"

Opcions: lenta, normal, ràpida

Pregunta: "Quantes hores he d'estudiar?"

Cap = Menys d'una hora

Poques = D'1 a 3 hores

Diverses = De 4 a 8 hores"

Pregunta: "Quants dies queden per a la classe?"

Opcions Dies: més de 7, de 2 a 6, menys de 2.

Pregunta: "Com em considero respecte als altres estudiants de la classe?"

Superior = Crec que sóc més hàbil que els meus companys per a entendre el material.

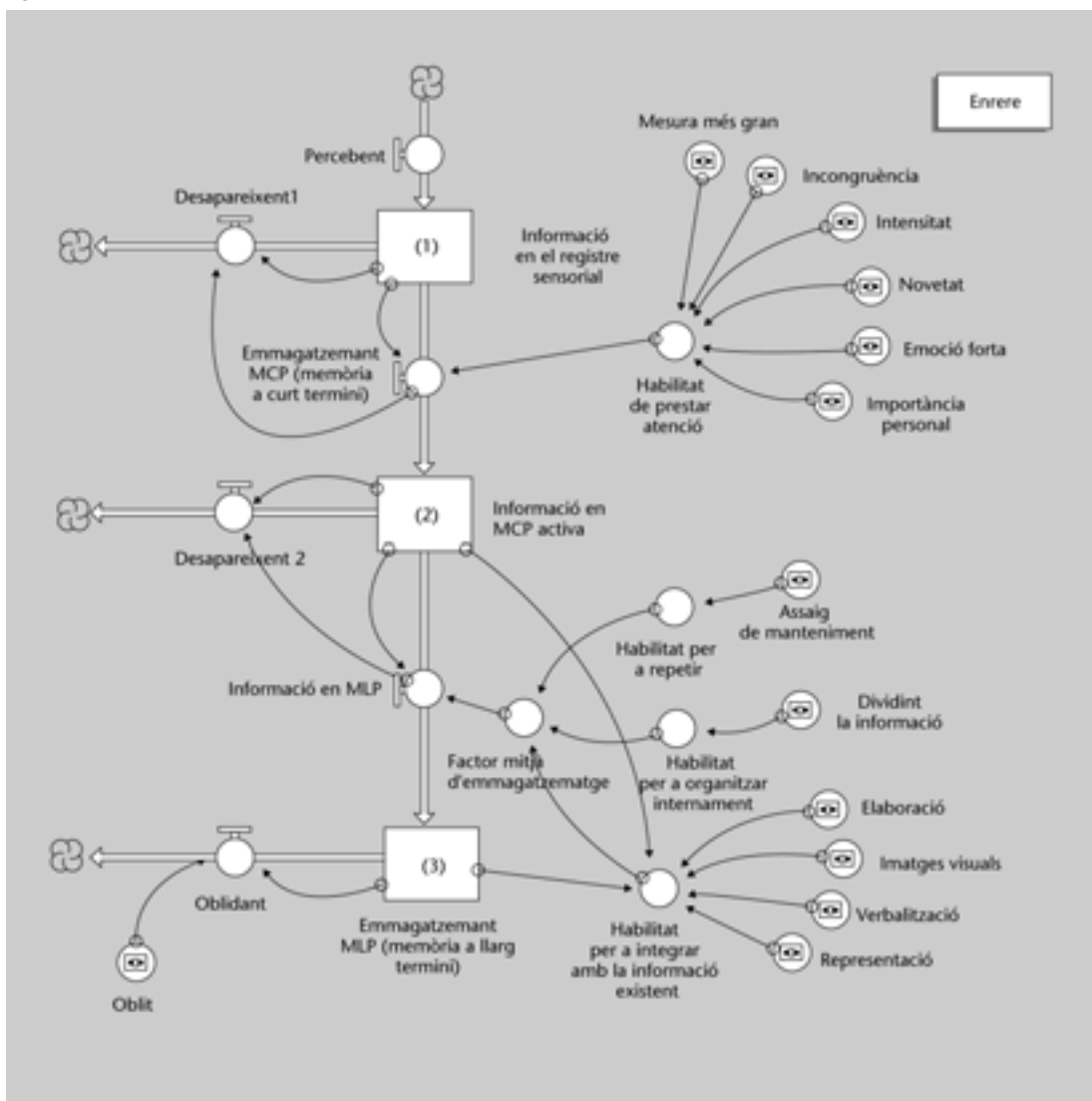
Igual = Tinc la mateixa habilitat que la resta de la classe.

Pitjor = No tinc tants coneixements ni intel·ligència com la resta de la classe."

L'aprenentatge resulta més significatiu perquè els estudiants no sols valoren els seus propis processos de pensament, sinó també el producte d'aquests processos.

També hem experimentat amb eines de dinàmiques de sistemes per a la construcció de simulacions cognitives. La figura 9 il·lustra un model de memòria de Stella; Stella és una eina de dinàmiques de sistemes per a representar les relacions dinàmiques entre fenòmens de sistemes. Tant els sistemes experts com les dinàmiques de sistemes permeten als estudiants la construcció i comprovació de les suposicions i funcionament dels seus models.

Figura 9. Model de memòria Stella.



1.4. Tipus de sistemes d'aprenentatge basats en models

Com hem vist en el subapartat anterior quan es descrivien els aspectes de sistemes que poden modelar-se, hi ha moltes classes d'eines disponibles per a construir models d'una àmplia gamma de fenòmens. Aquestes varien en característiques, funcionalitat i habilitacions. Cadascuna usa una estructura i una sintaxi diferent per a construir models de fenòmens. Poden substituir-se unes per altres, però no sempre amb conseqüències positives. Cada tipus d'eina implica combinacions diferents de pensament crític, creatiu i complex (Jonassen, 2000).

Una de les diferències més importants dins aquestes eines és la **claredat del model subjacent**. Algunes eines són sistemes de caixa negra, en els que l'estudiant pot introduir informació i manipular les característiques dels sistemes, comprovant els efectes de les manipulacions teòriques.

Altres eines, com les de construcció de models de sistemes, són sistemes de caixa de vidre, en els que l'estudiant no sols investiga el model subjacent, sinó que pot canviar-lo. De fet, els sistemes d'aquest tipus necessiten que l'estudiant construeixi el model de manera explícita abans de comprovar-ho. Crec que aquest últim tipus d'eines de construcció és millor per a representar models mentals i fer entrar als estudiants en un nivell de transformació més profund.

Descriurem breument diferents classes d'eines per a la construcció de models.

1.4.1. Construcció de simulacions deductives

Hi ha un tipus d'eines que construeixen models de sistemes, incloent-hi Stella, PowerSim, VenSim i Model-It, que permeten que l'estudiant construeixi i comprovi models de sistemes tancats controlats per reacció. Basant-se en dinàmiques de sistemes, els estudiants construeixen representacions conceptuals utilitzant un simple conjunt d'icones de bloc per a construir un mapa d'un procés: valors, fluxos, convertidors i connectors (vegeu la figura 9). Els valors il·lustren el nivell d'alguna variable en la simulació.

En la figura 9, la *informació en la memòria a llarg termini* i la *informació en la memòria a curt termini* són valors. Els fluxos controlen el flux entrant i sortint de material en els valors. *Emmagatzemant* i *oblidant* són fluxos. Els fluxos sovint es compensen els uns als altres, com les influències positives i negatives en els girs normals. Per exemple, *oblidant* és una influència controladora negativa de la *informació en la memòria a llarg termini*. Els convertidors converteixen les entrades en sortides. Són factors o raons que influeixen en els fluxos. *Oblit* és un convertidor. Els convertidors s'usen per a afegir complexitat als models i així representar millor la complexitat del món real. Finalment, els connectors són les línies que mostren mitjançant fletxes l'efecte direccional que té cada factor sobre un altre.

Aquests models són dinàmics, és a dir, es caracteritzen per l'acció o el canvi en els estats. Així, un model de simulació dinàmica és aquell que representa conceptualment la natura canviant de fenòmens de sistemes d'una forma

La majoria de simulacions...

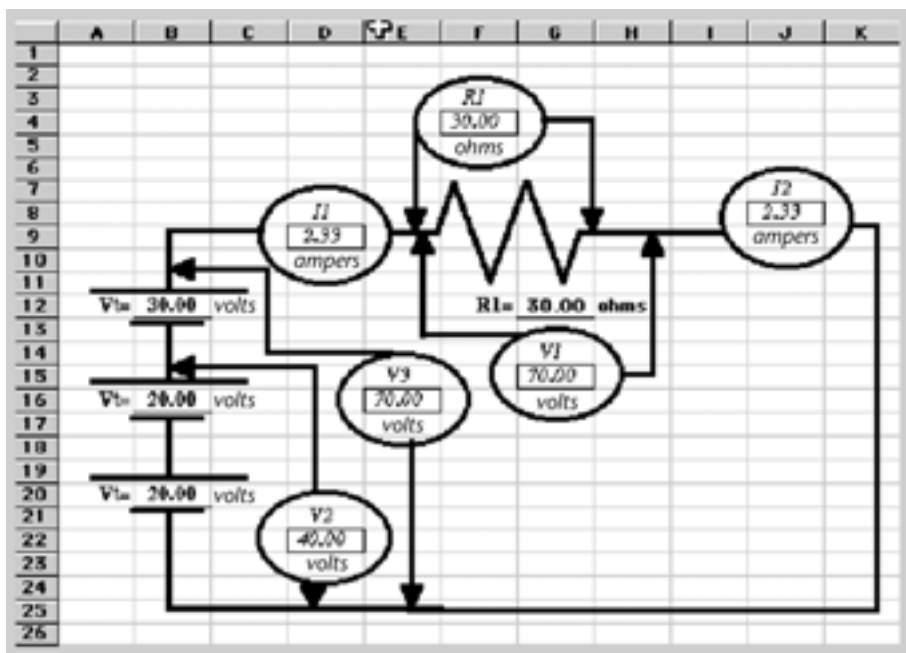
... i micromons són d'aquest tipus. Es tracta d'entorns exploradors que subministren als aprenents amb l'oportunitat de comprovar els efectes causals de les manipulacions, però el model bàsic que defineix els paràmetres del sistema està amagat.

semblant al fenomen real. Aquestes simulacions són representacions sintàctiques de la realitat. El que distingeix aquests models del tipus següent és que el model es concep i s'implementa abans de ser comprovat; es tracta d'un model hipoteticodeductiu.

Aquest tipus de models també pot construir-se utilitzant un full de càlcul.

El model de la figura 10, per exemple, ha estat construït per estudiants que volien comprovar els efectes d'una sèrie de resistors. S'explica en les fórmules introduïdes en cada cel·la. Si l'hagués construït el professor perquè els estudiants manipulessin i comprovesin els efectes, funcionaria més com un micromón, en el qual els estudiants exploren simulacions de caixa negra.

Figura 10. Model de sèries de resistor, construït en un full de càlcul.



1.4.2. Construcció de models de simulació inductius

Hi ha una altra classe d'eines de construcció de models que utilitza una aproximació més inductiva per a la construcció de simulacions. Eines com Agent Sheets, Star Logo i GenScope permeten construir models més oberts de sistemes de fenòmens. Més que identificar tots els components del model abans de construir-lo, els aprenents, utilitzant aquests entorns, identifiquen els components del model i els afegeixen a mesura que van avançant. Cada vegada que s'afegeixi un element, es pot comprovar el model per a observar l'efecte del nou element en el funcionament del sistema.

1.4.3. Exploració de models de caixa negra o simulacions

La majoria de simulacions construïdes perquè els estudiants explorin i experimentin no expliquen el model implícit, sinó que permeten la manipulació de

variables i la comprovació dels resultats d'aquestes manipulacions; llavors, els estudiants poden generar hipòtesis sobre les relacions entre les variables i examinar-les.


1.4.4. Models causals qualitius

Els sistemes experts són programes d'intel·ligència artificial dissenyats com a experts simulats per a facilitar la presa de decisions en qualsevol tipus de problemes. Un sistema expert és un programa informàtic que pretén simular la manera com els experts humans resolen un problema: una presa de decisions artificial.

Els micromons,...

... com ThinkerTools (figura 1; White, 1993), Boxer (deSessa, 1986), Geometric Supposer (Schwartz i Yerulshalmly, 1987) i altres, requereixen que els estudiants construeixin com a mínim un model implícit del sistema a fi de generar hipòtesis i examinar-les.

Es construeixen amb fets i amb una sèrie de regles SI-LLAVORS, i el que els construeix ha d'identificar totes les decisions i resultats possibles, tots els factors que poden influir en cada decisió, i construir llavors, les regles que connectin totes les condicions de sistema possibles amb les conclusions o resultats possibles.

Construir sistemes experts és un procés de construcció de models del coneixement que permet a experts i enginyers construir models conceptuals (Adams-Webber, 1995). Encara que hi hagi moltes eines que construeixen models de sistemes i un altre tipus d'eines que es basen en representacions quantitatives de relacions entre factors, els sistemes experts es basen en descripcions qualitatives de relacions causals. 

1.4.5. Eines de construcció de models semàntics

Les eines per a la representació de relacions semàntiques dins un camp de conceptes, com les eines de xarxes semàntiques, el mapatge de conceptes i les bases de dades, permeten la representació d'associacions semàntiques entre conceptes dominants.

No obstant això, aquestes eines no poden construir models de relacions causals dinàmiques, sinó només de la informació associacional sobre un camp de conceptes relacionats. Faciliten representacions matrius i espacials dels conceptes i les seves interrelacions, intentant que representin les estructures de coneixement que els éssers humans emmagatzemen a la ment (Jonassen, Beissner i Yacci, 1993).

Per què crear xarxes semàntiques? L'aprenentatge significatiu exigeix que els estudiants connectin noves idees al coneixement que ja han construït. Els mapes conceptuals i les bases de dades ajuden a organitzar els seus coneixements

mitjançant la integració de la informació en un marc conceptual cada vegada més complex.

1.4.6. Advertències crítiques sobre les eines de construcció de models

Ja hem afirmat anteriorment que el residu cognitiu de l'aprenentatge significatiu és un model del qual s'està aprenent de forma significativa. A més a més, també hem afirmat que construir models ajuda a la creació de models mentals. Si és així, llavors hem de preguntar-nos si els models que construeixen els estudiants demostren que, dins el model o en el seu procés de construcció, hi ha coneixements estructurals, procedimentals, reflexius, imaginaris, metafòrics o executius i creences sobre aquests coneixements.

Molts cops no posseeixen aquesta classe de coneixement perquè les eines usades pels estudiants es basen en un tipus determinat de representació. Si els models mentals no es desenvolupen prou com a resultat de la construcció de models, potser sigui necessari usar més d'un tipus d'eina per a representar els fenòmens. És a dir, la construcció de models mentals probablement s'impulsarà si els estudiants utilitzen més d'una eina per a construir models d'un camp, un problema, un sistema, una estructura semàntica o un procés de pensament. Caldrà una investigació per a determinar el nombre d'eines i el tipus de combinacions que faran més fàcil la construcció de models mentals.

1.5. Valorar el canvi conceptual amb models construïts per estudiants

A més d'impulsar un canvi conceptual radical en els estudiants mitjançant els experiments, aquesta proposta també vol validar mètodes per valorar el canvi conceptual. Encara que hi ha molts informes teòrics sobre el canvi conceptual (Limon i Mason, 2002; Schnotz, Vosniadou, i Carreter, 1999; Sinatra i Pintrich, 2003), hi ha molt pocs treballs que estudiïn com es pot valorar de manera efectiva el canvi conceptual. Els mètodes dominants utilitzats inclouen l'anàlisi dels protocols d'interacció dels estudiants a l'hora de resoldre o explicar un problema (Hogan i Fisherkeller, 2000), en entrevistes estructurades (Southerland, Smith, i Cummins, 2000) i en l'ús de mapes conceptuais (Edmundson, 2000).

Aquestes eines pressuposen que el canvi conceptual pot valorar-se comparant les estructures cognitives dels estudiants (Vosniadou, 1992). L'ús de mapes conceptuais pressuposa que els canvis en l'estructura cognitiva poden valorar-se mitjançant mapes conceptuais o altres tècniques estructurals del coneixement (Jonassen, Beissner, i Yacci, 1993) i que els canvis en l'estructura cognitiva són valoracions vàlides del canvi conceptual. Els mapes conceptuais han

L'anàlisi dels protocols...

... d'entrevistes i converses és molt difícil i llarg. Per aquest motiu proposem avaluar la validesa actual del mapatge de conceptes i la modelació de sistemes o la valoració del canvi conceptual. Es podrà aconseguir comparant aquests dos mètodes de construcció de models amb els protocols de conversa i entrevista.

demonstrat ser valoracions vàlides de les estructures cognitives (Jonassen, 1987). Els protocols s'analitzaran mitjançant anàlisi de converses (Chi, 1997). Els models es valoraran utilitzant la coherència explicativa (Thagard, 1992) i valoracions de fixació i qualitat (Fisher, 2000). També examinarem les relacions entre els experiments dissenyats pels estudiants, els sistemes robòtics i les cambres de creixement, i els mapes conceptuals i models de sistemes que produeixen.

1.6. Bases per a la construcció de models

Schwarz i White (en premsa) afirmen que la construcció de models és fonamental per a la cognició humana i la investigació científica. Creuen que ajuda els estudiants a expressar i externalitzar el seu pensament; visualitzar i comprovar els components de les seves teories i fer que els materials siguin més interessants.

A continuació resumirem algunes de les raons per a construir models amb l'objectiu d'impulsar l'aprenentatge significatiu i la construcció de models mentals.

- La construcció de models és un fenomen cognitiu natural. En trobar-se amb fenòmens desconeguts, els éssers humans comencen a construir de manera natural teories sobre aquests fenòmens com a part essencial del procés de comprensió.
- La construcció de models ajuda a fer conjectures, comprovar i inferir hipòtesis i una gran quantitat d'habilitats cognitives importants.
- Construir models requereix que els estudiants articulin un raonament causal, que és la base de la majoria de models de canvi conceptual.
- Construir models porta a un nivell més alt de compromís conceptual, important premonitor del canvi conceptual (Dole i Sinatra, 1998).
- Construir models té com a conseqüència la construcció d'artefactes cognitius (models mentals) mitjançant la construcció d'artefactes físics.
- Quan els estudiants construeixen models, són propietaris del coneixement. La propietat de l'estudiant és important per a la construcció de significat i de coneixement. Quan són propietaris de les idees, els estudiants volen posar més esforç, defensar les seves posicions i raonar de manera efectiva.
- Construir models ajuda al desenvolupament de creences epistèmiques. En la base de l'aprenentatge es troben les creences de les persones sobre el que són el coneixement i la veritat, i sobre com desenvolupem aquestes creen-

ces. Des d'un punt de vista biològic, acceptem que els humans s'han adaptat molt bé a l'aprenentatge gràcies a la grandària del seu còrtex. Però, què és el que porta a les persones a aprendre? Sociòlegs i psicòlegs parlen de necessitats de realització, que aporten un motiu conatiu per a l'aprenentatge. Però epistemològicament, què és el que motiva els nostres esforços per entendre el món? Segons Wittgenstein, el que sabem es basa en la possibilitat del dubte. Sabem moltes coses, però mai no podem tenir la certesa de saber-les. Aquesta incertesa només pot modificar-se amb els esforços per saber més sobre el món. Les eines de construcció de models permeten a les persones externalitzar i comprovar les seves creences epistemològiques sobre el significat de les construccions epistemològiques, com el coneixement i la veritat, i sobre com aquestes creences poden canviar amb el temps.

- Construir models aporta espais de treball col·lectius que porten a motius més forts de col·laboració.

1.7. Limitacions per a la construcció de models

Encara que hem defensat l'ús de les tecnologies com a eines de construcció de models, és necessari analitzar les seves possibles limitacions.

a) Càrrega cognitiva. L'habilitat, el temps i l'esforç per aprendre les habilitacions dels diferents formalismes. Encara que Jonassen (2000) ha defensat que la majoria d'aquestes eines poden aprendre's més o menys en una hora, n'hi ha d'altres que requereixen més temps. A més, si s'usen freqüentment s'aconseguirà una familiarització amb les eines.

b) Contradiccions. Des d'un marc teòric d'activitat (Barab, Evans i Baek, en premsa), una dimensió d'aquest sistema d'activitat reconceptualitzat, potencialment important per al disseny, és el concepte de contradicció. Segons Engeström (1987), qualsevol sistema d'activitat disposa de quatre nivells de contradiccions que és necessari tenir en compte durant l'anàlisi d'una situació d'aprenentatge i de treball. Són les següents:

- Nivell 1: La primera contradicció apareix **en** cada element de l'activitat central que s'està investigant; sorgeix de la tensió entre el valor d'ús i el valor d'intercanvi.
- Nivell 2: La segona contradicció apareix **entre** els elements constituents del sistema d'activitat central (per exemple, entre el tema i l'eina).
- Nivell 3: La tercera contradicció apareix **entre** l'objecte/motiu de l'activitat central i l'objecte/motiu d'una forma culturalment més avançada que la de l'activitat central.

- **Nivell 4:** La quarta contradicció apareix **entre** l'activitat central i les adjacents, com les activitats de producció d'instruments, temes o regles.

Per posar un exemple empíric d'aquesta idea, Barab, Barnett, Yamagata-Lynch, Squire, i Keating (en premsa) utilitzaven la teoria de l'activitat com una lent analítica per a entendre les transaccions i tensions penetrants que caracteritzaven les activitats de curs. Si ens basem en la seva anàlisi, van interpretar tensions del curs i contradiccions en el marc de tot el sistema d'activitat de curs, modelat d'una forma general usant la inscripció triangular d'Engeström (1987) per a construir un model de l'estructura bàsica de l'activitat humana (vegeu la figura 3). Tots els components que Engeström considerava activitat constituent es representen en negreta en les cantonades del triangle.

2. Aprendre a solucionar problemes

2.1. En què consisteix la resolució de problemes?

Abans de res, què és un problema? Només hi ha dos atributs importants d'un problema. Un problema és quelcom que es desconeix, és a dir, si tenim un objectiu i no sabem com arribar-hi, hi ha quelcom que no coneixem, tenim un problema. El segon atribut és que allò desconegut ha de tenir algun valor social, cultural o intel·lectual per a algú. Si no hi ha ningú que cregui que val la pena descobrir allò desconegut, llavors no s'ha percebut cap problema.

El procés de solució d'un problema és trobar allò desconegut.

Com a procés, solucionar un problema té dues característiques principals:

a) La primera és que requereix una representació mental de la situació en el món. Això vol dir que en solucionar problemes humans, es construeix una representació mental del problema, que rep el nom d'*espai del problema* (Newell i Simon, 1972).

b) La segona característica és que solucionar un problema requereix certa manipulació activa de l'espai del problema. Quan manipulem l'espai del problema, representem els seus components i dimensions, generem hipòtesis sobre com trobar allò desconegut, provem aquestes hipòtesis i arribem a conclusions. Per consegüent, la manipulació de l'espai del problema, ja sigui una representació mental interna o una manipulació física externa, implica necessàriament una activitat conscient. Una altra complicació a l'hora de solucionar un problema és que no tots els problemes són iguals, així que es necessiten diferents processos de solució. Allò desconegut és que no sabem com resoldre diferents classes de problemes.

2.2. Varietat de problemes

Durant les últimes tres dècades han sorgit diferents teories sobre la solució de problemes. Un model conegut és l'IDEAL (Bransford i Stein, 1984), que descriu la solució de problemes com un procés uniforme d'*identificar* problemes potencials, *definir* i representar el problema, *explorar* possibles estratègies i *actuar* sobre aquestes estratègies, i *mirar endarrere* (de l'anglès *Look back*) i valorar els efectes d'aquestes activitats.

Gick (1986) va sintetitzar les teories de solució de problemes en un model simplificat del procés de solució de problemes, buscant solucions per a després implementar-les i controlar-les. Com la majoria de teories de solució de problemes, aquesta tracta tots els problemes de la mateixa manera. Aquestes teories assumeixen que si aquests processos s'apliquen a diferents tipus de problemes, s'aconsegueixen resultats satisfactoris.

No obstant això, la solució de problemes no és una activitat uniforme. Els problemes no són equivalents ni en contingut, ni en forma, ni en procés. En què es diferencien? Mayer i Wittrock (1996) han descrit els problemes com a mal definits / ben definits i rutinaris / no rutinaris. Jonassen (1997) distingeix entre problemes mal o ben estructurats i descriu diferències en el processament cognitiu d'aquests dos tipus. Smith (1991) distingeix els factors externs, entre els que trobem el domini i la complexitat, de les característiques internes del solucionador de problemes. Cada vegada hi ha més conformitat respecte a la variabilitat dels problemes pel que fa a substància, estructura i procés. A continuació, descriurem com a mínim tres maneres en què els problemes i la seva solució varien: **estructuració**, **complexitat** i **especificitat de camp** (abstracció).

2.2.1. Estructuració

Com hem assenyalat, Jonassen (1997) distingeix entre problemes mal i ben estructurats i recomana diferents models de disseny per a cada tipus, perquè requereixen diferents habilitats.

a) Els problemes més comuns, sobretot en escoles i universitats, són problemes **ben estructurats**. Normalment, es troben al final de cada capítol dels llibres de text i requereixen l'aplicació d'un nombre determinat de conceptes i regles, així com l'estudi de principis en una situació problemàtica restrictiva. També se'ls anomena *problemes de transformació*, que consisteixen en un estat inicial ben definit, un objectiu conegut i un grup restrictiu d'operadors lògics. Els problemes ben estructurats presenten tots els elements del problema; requereixen un nombre limitat de regles i principis que s'organitzen en una disposició previsible i prescriptible; posseeixen respostes correctes i convergents, i tenen un procés de solució presentat i prescrit (Jonassen, 1997).

b) D'altra banda, els problemes **mal estructurats** són aquells que es troben en les activitats diàries, per la qual cosa resulten típicament emergents. Pel fet que no estiguin restringits pels camps de contingut que s'estudien a classe, les seves solucions no són predictibles ni convergents. Aquests problemes requereixen sovint la integració de diversos camps de contingut. Les solucions a problemes com la contaminació mediambiental requereixen components de matemàtiques, ciència, política i psicologia. Poden donar-se moltes solucions alternatives. Els problemes mal estructurats tenen uns objectius vagament de-

finitos o poc clars, i restriccions no exposades; tenen moltes solucions, vies de solució o cap solució i requereixen que els estudiants expressin la seva opinió personal o les seves creences sobre el problema, així que parlem únicament d'activitats humanes interpersonals (Jonassen, 1997).

Els investigadors han assumit des de fa temps que aprendre a solucionar problemes ben estructurats es transfereix de manera positiva cap a l'aprenentatge de problemes mal estructurats. Mentre que les teories del processament d'informació han cregut que "en general, els processos utilitzats per a resoldre problemes mal estructurats són els mateixos que els utilitzats per als problemes ben estructurats" (Simon, 1978, pàg. 287), investigacions recents de la solució de problemes diaris aclareixen que existeixen marcades diferències entre el pensament necessari per a resoldre problemes convergents i el que serveix per a resoldre problemes diaris. Dunkle, Schraw i Bendixen (1995) conclouen que solucionar problemes ben definits és independent de realitzar tasques mal definides, i que els problemes mal definits requereixen un conjunt diferent de creences epistèmiques. Hong, Jonassen i McGee (en premsa) observen que resoldre problemes mal estructurats en una simulació requereix diferents habilitats que resoldre problemes ben estructurats, entre les quals es troben la metacognició i l'argumentació. Jonassen i Kwon (2001) afirmen que les pautes de comunicació en equips difereixen a l'hora de solucionar problemes ben i mal estructurats. És evident que fa falta més investigació que justifiqui aquestes observacions, però és obvi que aquests dos tipus de problemes requereixen habilitats intel·lectuals diferents.

2.2.2. Complexitat

De la mateixa manera que els problemes mal estructurats són més difícils de solucionar que els que estan ben estructurats, els problemes **complexos** també són més difícils de resoldre que aquells més senzills.

Hi ha tres dimensions dins la complexitat dels problemes:

- el nombre de temes, funcions i variables que actuen en el problema;
- el nombre d'interaccions dins aquests temes, funcions o variables;
- i la predictibilitat del comportament d'aquests temes, funcions o variables.

Com més complex sigui un problema, més difícil serà per a qui vulgui resoldre'l processar-ne activament els components. Els problemes ben estructurats, com els problemes matemàtics i científics dels llibres de text, no són massa complexos, impliquen un conjunt restringit de factors o variables. Encara que els problemes mal estructurats tendeixen a ser més complexos, també succeeix que els

Encara que la complexitat i estructuració...

... poden coincidir, la complexitat es refereix més a la manera com molts components es representen de forma implícita o explícita dins el problema, com interactuen i com es comporten de forma consistent.

que estan ben estructurats poden ser extremadament complexos i, els mal estructurats, molt senzills.

Per exemple, els escacs i el *bridge* són problemes ben estructurats molt complexos i, en canvi, elegir què posar-se (almenys per a mi) és un problema senzill mal estructurat. Molts problemes, com fer funcionar un negoci de venda al detall, representen un complex o conjunt de problemes més senzills. Els problemes en contextos de la vida diària o professional solen ser complexos, així que a l'hora d'analitzar qualsevol context problemàtic, cal identificar tant la seva complexitat com els problemes que el constitueixen.

2.2.3. Especificitat de camp (abstractes-situats)

Les teories i investigacions actuals de la solució de problemes afirmen que les habilitats per a resoldre problemes són específiques del domini i del context, és a dir, estan situades, integrades, i per això depenen de la natura del context o domini.

Això és així perquè solucionar problemes dins un camp es basa en unes estratègies cognitives (mètodes forts) específiques del domini (Mayer, 1992; Smith, 1991; Sternberg i Frensch, 1991). Altres estudis contradiuen aquesta idea de l'especificitat del domini a l'hora de resoldre problemes. Lehman, Lempert i Nisbett (1988) han conclòs que hi ha diferents formes de raonament que s'ensenyen en diferents disciplines universitàries.

Per exemple, els alumnes llicenciats en les ciències de probabilitat de la Psicologia i la Medicina resolen millor els problemes de raonament estadístic, metodològic i condicional de la vida diària que els estudiants de Dret i Química que no aprenen aquestes formes de raonament.

El **raonament** s'adquireix millor mitjançant el desenvolupament d'esquemes de raonament pragmàtic que amb exercicis de lògica formal. És a dir, els estudiants d'aquests dominis desenvolupen habilitats de raonament mitjançant la solució de problemes mal estructurats que requereixen formes de lògica específiques del domini; no queda clar com s'efectua realment aquesta solució de problemes específica de cada domini.

Els problemes mal estructurats solen estar més situats, mentre que els que estan ben estructurats són més abstractes. No obstant això, no és quelcom fix, i els problemes ben estructurats, en forma de problemes matemàtics, poden estar bastant situats, mentre que els problemes mal estructurats, en forma de dilemes, poden ser bastant abstractes. En aquest mòdul, proposem i descrivim seguidament una tipologia de solució de problemes. Aquesta tipologia assumeix que hi ha semblances en alguns dels processos cognitius dels diferents problemes. També assumim que algunes estratègies d'instrucció, fins a cert punt, poden generalitzar-se a través dels tipus de problemes.

2.3. Tipologia de solució de problemes

La taula 1 (vegeu la pàgina següent) és una llista horitzontal d'onze tipus diferents de problemes, incloent-hi problemes lògics, algorítmics, matemàtics, problemes que usen regles, problemes de presa de decisions, problemes de mediació, problemes de diagnosi-solució, actuacions tàctiques/estratègiques, problemes polítics o d'anàlisi de casos ubicats, problemes de disseny i dilemes. Aquesta gamma descriu un continu de problemes, des dels que estan ben estructurats fins als mal estructurats. Dins cada categoria, els problemes poden variar en abstracció i complexitat. El resultat d'aprenentatge de cada tipus de problema es descriu en la següent fila de la taula; després apareix una llista dels tipus de problemes, que descriuen breument els requisits de procés cognitiu de cada tipus de problema. La fila següent és una llista dels tipus de solucions.

Els problemes poden variar des de problemes lògics i algorismes amb solucions exactes, fins a dilemes que no tenen una solució verificablement correcta. Seguidament hi ha una llista de la funció que exerceix el context dels problemes. El context és de vital importància a l'hora de definir problemes mal estructurats i, en canvi, els problemes ben estructurats treuen èmfasi a la funció del context. En la taula 1 també hi ha una llista d'exemples breus de cada tipus de problema; les dues últimes files descriuen el nivell d'estructuració i abstracció que normalment es troba en aquests problemes. La complexitat varia molt dins cada classe de problema que cal descriure. Aquesta taula presenta una visió general dels diferents tipus de problemes que els educadors i estudiants han d'aprendre a solucionar.

Els problemes ben estructurats...

... se centren en solucions correctes, eficaces, mentre que els mal estructurats es fixen més en l'articulació i argumentació de decisions.

2.3.1. Problemes lògics

Els problemes lògics solen ser proves abstractes de la lògica que desconcerta a l'estudiant. S'utilitzen per a donar suport a l'agudesa mental, la claredat i el raonament lògic.

Jocs clàssics com *Missioners i Caníbals* o *La Torre d'Hanoi* desafien l'estudiant perquè trobi la seqüència d'acció més eficaç (el nombre menys gran de moviments). El cub de Rubik era un joc que es va fer popular en els anys setanta, amb el qual l'usuari havia de fer girar les files i columnes d'un cub tridimensional per crear composicions de colors.

En cadascun d'aquests jocs, hi ha un mètode específic de raonament que porta a la solució més eficaç. És l'estudiant qui ha de descobrir aquest mètode. Els estudis han demostrat que no hi ha transferència de solucions d'aquests problemes a problemes idèntics (Hayes i Simon, 1977; Reed, Ernst i Banerji, 1974). Aquest tipus de problemes s'ha usat sobretot per a investigar processos de solució de problemes, malgrat que no hi hagi possibilitat de transferència a problemes de la vida quotidiana o professional.

Tipus de problema	Problema lògic	Algorisme	Problema matemàtic narrat	Problemes que usen regles	Presca de decisions	Problema de resolució de dificultats	Diagnosi-Solució	Actuació estratègica	Anàlisis de casos	Dissenys	Dilemes
Activitat d'aprenentatge	control lògic i manipulació de variables; limitades; resoldre la perplexitat	seqüència procedimental de manipulacions; processos algorísmic aplicat a conjunts similars de variables; càlcul o producció de respostes correctes	desambiguar variables; seleccionar i aplicar algorismes per a produir la resposta correcta per mitjà del mètode prescrit	procés procedimental restringit per normes; seleccionar i aplicar regles per a produir respostes o productes de sistemes restringits	identificació de beneficis i límits; valorar opcions; seleccionar alternatives i justificar	examinar el sistema; fer proves; valorar resultats; fer hipòtesis i confirmar falsos estats amb estratègies (substitució, eliminació en sèrie, separació d'espai)	errades del sistema de mediació; seleccionar i valorar les opcions de tractament; controlar, aplicar esquemes de problemes	aplicar tàctiques per arribar a estratègies en temps real; actuacions complexes mantenint la consciència situacional	identificar solucions, actuacions alternatives, argumentar la posició	actuar sobre els objectius per a produir alternatives; estructuració i articulació de problemes	reconciliar les decisions complexes, no previsibles i molestes sense solució; perspectives irreconciliables
Entrades	perplexitat	fórmula o procediment	història amb fórmula o procediment fixats	situació en un sistema restringit; regles limitades	situació de decisió amb solucions alternatives limitades	sistema amb un mal funcionament amb una errada o més	sistema complex amb errades i diverses solucions opcionals	actuació complexa a temps real amb necessitats competitives	sistema complex a temps lliure amb molts objectius mal definits	declaració vaga d'objectius amb poques restriccions; requireix reestructuració	situació amb posicions antinòmiques
Críteris d'èxit	manipulació eficaç; moviments o manipulacions requerits	la resposta o el producte és igual en valor i forma	la resposta o el producte és igual en valor i forma; s'ha fet servir l'algorisme correcte	productivitat (nombre de productes rellevants o útils)	la resposta o el producte és igual en valor i forma	identificació d'errades; eficàcia de l'aïllament d'errades	estratègia usada; efectivitat i eficàcia de tractament; justificació del tractament triat	aconseguir l'objectiu estratègic	múltiple, poc clar	críteris múltiples, indefinits; no hi ha correcte o incorrecte – només millor o pitjor	preferència articulada amb alguna justificació
Context	tasca abstracta	abstracte, formulista	d'elements restringits als predefinitos, context superficial	determinat, acadèmic, món real, restringit	decisiones de la vida	sistema tancat, món real	món real, tècnic, sobretot sistema tancat	actuació a temps real	món real, restringit	món real, complex; nivells de llibertat; entrada limitada i reacció	tòpic, complex, interdisciplinari
Nivell d'estructuració	descobert	procedimental predefinible	clases de problemes ben definits; procedimental predefinible	resultat imprevisible	resultats finits	errades i resultats finits	errades i resultats finits	estratègies mal estructurades; tàctiques ben estructurades	mal estructurat	mal estructurat	resultats finits, múltiples raonament
Nivell d'abstracció	abstracte, descobert	abstracte, procedimental	simulació limitada	basat en necessitats	situat personalment	situat per problema	situat per problema	situat per context	situat per cas	situat per problema	situat per tema

2.3.2. Problemes algorítmics

Un dels tipus de problemes més comuns a les escoles és l'**algorisme**. En la majoria de cursos de matemàtiques, els estudiants aprenen a resoldre problemes mitjançant un conjunt rígid i finit de procediments, amb decisions limitades i predictibles. Solucionar algorismes requereix comprensió, producció numèrica i càlcul (McCloskey, Caramaza, i Basili, 1985). Els sistemes de processament de números dels estudiants, que consisteixen en comprensió i producció de números, són la comprensió intel·lectual que complementa els procediments de càlcul.

Els càlculs, segons McCloskey i altres (1985) requereixen comprendre operacions (per exemple, propietats associatives i commutatives i conceptes de multiplicació i divisió), procediments d'execució per al càlcul i la recuperació de fets aritmètics (per exemple, taules de temps). Aquests enfocaments algorítmics també s'usen freqüentment en cursos de ciències o d'economia domèstica.

La primera limitació dels enfocaments algorítmics és la seva dependència excessiva de les estructures de coneixement procedimental i la falta o absència de comprensió conceptual dels objectius de l'algorisme i els procediments que requereix. El contingut que només s'aprèn com a procediment rares vegades pot transmetre's per la falta de comprensió conceptual del procés subjacent. Aquesta és una queixa bastant comuna sobre l'aprenentatge d'estadístiques, en el qual els professors se centren en els algorismes i obliden l'objectiu de l'estudi de l'anàlisi estadística.

2.3.3. Problemes narrats

En un intent de situar els algorismes en una mena de context, molts autors de llibres de text i professors utilitzen els problemes matemàtics. Normalment, aquest procés consisteix a fixar els valors que es necessiten per a resoldre un algorisme en una situació o narració breu. Es demana als estudiants que seleccionin la fórmula més adequada per a resoldre el problema, que extreguin els valors de la narració i els insereixin en la fórmula, i resolguin la quantitat desconeguda.

Es tracta d'un procés cognitiu més complex que seguir un algorisme procedimental. Desgraciadament, la narració del problema sovint no té cap interès per a l'estudiant. Per aquesta raó, quan intenten transferir les habilitats per a solucionar problemes matemàtics a altres problemes, se centren massa en les característiques superficials o recorren a solucions familiars que han utilitzat en problemes previs (Woods, Hrymak, Marshall, Wood, Crowe, Hoffman, Wright, Taylor, Woodhouse, i Bouchard, 1997). No arriben a entendre els principis i les aplicacions conceptuals subjacents en l'activitat, i tampoc no poden transferir l'habilitat de resoldre un tipus de problema a altres problemes que tenen la mateixa estructura però característiques diferents.

2.3.4. Problemes que usen regles

Una quantitat important de problemes tenen solucions correctes però múltiples vies de solució o múltiples regles que dirigeixen el procés de solució. Solen tenir un propòsit o objectiu clar que és restrictiu però no restringit a un procediment o mètode específic. Utilitzar un sistema de recerca en línia per a localitzar informació important a la web és un exemple de problemes que usen regles. L'objectiu és clar: trobar la informació més rellevant en menys temps. Això requereix seleccionar els termes de recerca, construir arguments de recerca eficaç, implementar l'estratègia de recerca i valorar la utilitat i credibilitat de la informació trobada. Schacter, Chung i Dorr (1998) han revelat que els estudiants rarament utilitzen estratègies de recerca sistemàtica i passen molt poc temps o gens planejant-les. Aquesta és l'essència de la recerca orientada amb regles. Pel fet que hi ha múltiples estratègies de recerca, els problemes que usen regles poden arribar a estar decididament mal estructurats.

Els problemes que usen regles...

... poden ser tan senzills com una recepta per a acollir més invitats, o tan complexes com emplenar les declaracions de devolució d'impostos.

2.3.5. Problemes de presa de decisions

Els problemes de presa de decisions normalment es resumeixen en decisions amb un nombre de solucions limitades. Per exemple, ens movem en la direcció adequada per a acceptar una promoció? Quin pla de salut triem? Quina escola és millor per als meus fills? Encara que aquests problemes tenen un nombre limitat de solucions, el nombre de factors que poden considerar-se a l'hora de decidir entre aquestes solucions, igual que la importància que donem a cadascuna, poden ser molt complexes. Els problemes de presa de decisions normalment requereixen comparar i contrastar els avantatges i inconvenients de les solucions alternatives. Les decisions es justifiquen per la importància que es concedeix a cadascun d'aquests factors.

2.3.6. Problemes de resolució de dificultats

La resolució de dificultats o avaries és una de les formes més comunes de solucionar problemes quotidians. Mantenir comunicacions complexes i equips informàtics necessita aquesta habilitat de resolució, com per exemple, per a eliminar un virus d'un programa informàtic.

L'objectiu principal de la resolució de dificultats és la diagnosi d'estats falsos. És a dir, hi ha una part d'un sistema que no funciona correctament, i això crea símptomes que han de diagnosticar-se i correspondre amb el coneixement de l'usuari sobre els diferents estats falsos. La resolució de dificultats comporta utilitzar símptomes per a generar i provar hipòtesis sobre diferents estats falsos.

Aquesta habilitat requereix una combinació de coneixement dominant i de sistemes (models conceptuals del sistema); estratègies de resolució de dificultats com buscar i substituir, l'eliminació en sèrie i la partició de l'espai, i l'experiència (representada en el raonament basat en casos). Aquestes habilitats s'integren i s'organitzen a partir de les experiències del localitzador de problemes. El model conceptual consisteix en un coneixement conceptual, funcional i declaratiu, incloent-hi el coneixement de components del sistema i d'interaccions, el control de moviment, els falsos estats (característiques falses, símptomes, informació contextual i probabilitats d'idea), i els procediments de comprovació d'errades.

2.3.7. Problemes de solució i diagnosi

Els problemes de solució i diagnosi s'assemblen als de resolució de dificultats; la majoria d'aquests problemes requereixen la identificació d'un estat fals. No obstant això, en el cas de la resolució de dificultats o avaries, l'objectiu és reparar l'errada i tornar a tenir el sistema en línia al més ràpid possible, o sigui que les estratègies de solució són més restrictives. Els problemes de solució i diagnosi normalment comencen amb un estat fals semblant al de la resolució de dificultats.

Podem prendre com a exemple els símptomes d'una persona malalta. El metge examina al pacient i estudia el seu historial abans de fer un diagnòstic inicial. En una espiral de recollida de dades, en la generació d'hipòtesi i la comprovació, el metge se centra en una etiologia específica i un diagnòstic diferencial del problema del pacient. En aquest punt, el metge ja pot suggerir una solució. Sovint hi ha múltiples solucions i vies de solució, per la qual cosa el metge ha de justificar una solució concreta. Aquesta ambigüitat en les vies de solució és el que distingeix els problemes de solució i diagnosi dels de resolució de dificultats.

2.3.8. Actuacions estratègiques

L'actuació tàctica estratègica requereix temps real, estructures d'activitats complexes en les quals els actors recorren a activitats tàctiques per trobar una estratègia més complexa i mal estructurada mantenint la consciència situacional. Per arribar a l'objectiu estratègic, com quan hom pilota un avió comercial o un *quarterback** contraataca una falta de futbol americà, l'actor aplica una sèrie d'activitats tàctiques complexes que s'han dissenyat per arribar a uns objectius estratègics.

La formació d'estratègies representa un cas ubicat o un problema de disseny (descriu a continuació). Trobar aquesta estratègia mitjançant maniobres tàctiques és una actuació tàctica. Típicament, hi ha un nombre limitat d'activitats tàctiques que s'han dissenyat per a complir l'estratègia, però la prova que un actor tàctic és expert recau en la seva habilitat per a improvisar i construir noves tàctiques per arribar a l'estratègia.

* Conductor de joc

El *quarterback* que crida en la línia està escollint una nova tàctica per arribar a l'estratègia ofensiva. Al camp de batalla, els oficials superiors identifiquen una estratègia i poden negociar qüestions tàctiques amb l'actor, però tots s'adonen que les tàctiques han d'ajustar-se.

Aquests ajustaments són contextualment restringits. Les actuacions tàctiques poden ser bastant complexes. Les opcions poden ser nombroses i la seva implementació bastant complexa.

2.3.9. Problemes polítics i d'anàlisi de casos ubicats

Els problemes d'anàlisi de casos són situacions multifacètiques complexes. El fet que siguin problemes difícils de resoldre és que no sempre està clar **quin** és el problema. El fet que definir l'espai del problema sigui més ambigu fa que aquests problemes estiguin estructurats pitjor. Són el tipus de problema més comú en contextos professionals; requereixen que la persona expressi la natura del problema i les diferents perspectives que hi influeixen abans de suggerir solucions (Jonassen, 1997).

De tots els problemes que hem estudiat fins ara, aquest és el tipus de problema més vinculat al **context**; és a dir, les seves solucions depenen d'una anàlisi de factors contextuals. Solucionar problemes econòmics, com la planificació de la producció, s'engloben en aquest tipus.

Decidir els nivells de producció, per exemple, requereix equilibrar els recursos humans, les tecnologies, els inventaris i les vendes (Jonassen, Privish, Christy, i Stavoulaki, 1999). També trobem exemples clàssics de problemes d'anàlisi de casos en les relacions internacionals, com per exemple: "...atesa la baixa productivitat de collites en la Unió Soviètica, com podria una persona ocupar-se de millorar la productivitat de la collita si fos director del Ministeri d'Agricultura en la Unió Soviètica?" (Voss i Post, 1988, pàg. 273).

Els problemes en les relacions internacionals impliquen prendre decisions, generar solucions i comprovar-les en un context polític. Justificar decisions és un dels processos més importants dins la solució de problemes d'anàlisi de casos.

2.3.10. Problemes de disseny

Un dels tipus de problemes més mal estructurats és el fet de dissenyar algun objecte. Ja sigui un circuit electrònic, una casa o qualsevol altre producte o sistema, el disseny requereix aplicar una gran quantitat de coneixement dominant amb molt coneixement estratègic per arribar a un disseny original. El disseny instruccional és un exemple clàssic de solució de problemes mal estructurats. Malgrat la nostra lleialtat per a dissenyar models, en qualsevol problema de disseny instruccional hi ha un nombre infinit de solucions possibles. A més a més, encara que hi ha qui opina el contrari, no disposem de prou estudis que recolzin algun model en diferents situacions. Per als dissenyadors sense experiència no queda clar quin model és el més apropiat. I els criteris

que exposen la millor solució no sempre són obvis, així que les habilitats en l'argumentació i justificació poden ajudar els dissenyadors o dissenyadores a racionalitzar el seu disseny. Encara que ells/elles sempre esperen la millor solució, aquesta poques vegades arriba a conèixer-se.

A més de la seva mala estructuració, molts problemes de disseny són complexos i requereixen que el dissenyador equilibri moltes necessitats i restriccions per a dur-lo a terme. No podem treure importància a aquest tipus de problemes. La majoria de professionals cobren per dissenyar objectes (productes, sistemes, etc.), i no per fer exàmens. Un objectiu important en els plans d'estudi actuals és que s'adquireixi més experiència en aquest tipus de problemes.

2.3.11. Dilemes

Els dilemes o problemes basats en temes són els més impredecibles i mal estructurats, sobretot perquè no hi ha cap solució que sigui acceptable per a una part important de les persones afectades.

Normalment hi ha moltes perspectives sobre la situació (militar, política, social, ètica, etc.), i cap no és capaç d'aportar una solució acceptable a la crisi. La situació és tan complexa i impredecible que no es pot trobar una solució que sigui millor que les altres. Això no vol dir que no hi hagi solucions que poden intentar-se amb graus variables d'èxit, però cap no cobrirà les necessitats de la majoria o evitarà la catàstrofe. Els dilemes solen ser situacions socials complexes amb perspectives conflictives, i normalment són els problemes que creen més perplexitat.

La crisi de Kosovo...

... és un exemple molt clar d'un problema de dilema.

3. Entorns d'aprenentatge de resolució de problemes en línia

Troblem problemes a tot arreu, de tal manera que gastem bona part de la nostra energia psicològica a resoldre'ls. Mentre que a molts de nosaltres no ens agrada admetre que tenim problemes, la realitat és que els solucionem diàriament.

Estem inundats de problemes cada dia. Desgraciadament, rares vegades ens ensenyen a solucionar-los.

En aquest apartat, descriurem els requisits bàsics per a dissenyar entorns d'aprenentatge en línia que ajudin les persones a solucionar diferents tipus de problemes. El fet que cada tipus de problema descrit anteriorment requereix un procés de pensament diferent per a arribar a una solució, fa que cadascun hagi d'ensenyar-se d'una forma diferent.

Abans hem descrit onze tipus de problemes, però per problemes d'espai només descriurem tres classes d'entorns d'aprenentatge per a la resolució de problemes. Descriurem, en termes generals, com haurien de ser els entorns d'aprenentatge en línia perquè permetin aprendre a resoldre problemes matemàtics, problemes de resolució de dificultats i problemes d'anàlisi de casos. En l'actualitat encara estem desenvolupant models que permetin ensenyar a resoldre altres tipus de problemes.

Problemes quotidians

Què em poso per a anar a treballar? Quin és el millor camí per a evitar el trànsit? Com fer que el meu cap no em renyí? Què podem menjar aquesta nit? Com podem promocionar aquest producte per a maximitzar els ingressos? Com faig que els estudiants deixin de parlar a classe?

3.1. Problemes narrats

El mètode més comú per a ensenyar a solucionar problemes matemàtics és el que consisteix a traduir les històries a fórmules i llavors solucionar allò desconegut. Els estudiants poden arribar a ser molt hàbils a l'hora de representar problemes quantitativament sense entendre els principis subjacents que representen les fórmules.

“Durant anys, el professor de física Eric Mazur, va creure fermament que els estudiants del seu curs introductor de física de la Universitat d'Harvard estaven entenent la matèria; després de tot, aconseguen excel·lents resultats en els difícils problemes quantitius dels exàmens.”

F. Panitz (1998). “The 15-minute lecture”. *Prism* (vol. 6, núm. 7, pàg. 17).

Quan els va donar un examen dissenyat per valorar el seu coneixement bàsic dels conceptes de física representats en els problemes:

“va quedar molt sorprès pel fracàs. Aparentment, molts estudiants simplement havien memoritzat equacions i procediments per a resoldre problemes sense entendre els conceptes que hi havia amagats”.

F. Panitz (1998, pàg. 17).

Aquest resultat ocorre inevitablement quan els estudiants usen un enfocament d'aplicació directa (*plug and chug*) per a resoldre problemes matemàtics. Per què ocorre això? Perquè *plug and chug* no requereix habilitats com la interpretació de conceptes o la generació de representacions que generen problemes, imprescindibles per a l'aprenentatge significatiu (Jonassen, 2001). Cada tipus de solució de problemes requereix que l'estudiant construeixi una mena de model mental del problema i que basi els seus plans de solució en el seu model. És important que els estudiants demostrin que entenen conceptualment el problema abans de triar una fórmula (Reusser, 1993).

Plug and chug

Significa introduir valors en les fórmules i trobar directament la solució.

En les pàgines següents, descriurem, justificarem i exemplificarem un model per a crear entorns d'aprenentatge que ajudin els estudiants a aprendre a resoldre problemes conceptualment i quantitativament. Cada component té també una breu descripció posterior de com funcionen els entorns d'aprenentatge de problemes matemàtics.

3.1.1. Tipus de problema i tipologia

La construcció d'un model conceptual de la solució de problemes resulta difícil perquè cada tipus de problema té un tipus de model diferent.

Hi ha diferents tipus de problemes clàssics de moviment en matemàtiques, com l'avançament (un vehicle arrenca i el segueix un altre vehicle que fa el mateix trajecte a més velocitat), direcció oposada (dos vehicles que surten del mateix punt i van en direcció oposada), viatge d'anada i tornada (el vehicle va del punt A al B i torna), o tancament (dos vehicles que arrenquen en dos punts diferents i viatgen l'un cap a on està l'altre) (Mayer, Larkin i Kadane, 1984).

Cada tipus de problema té un conjunt de relacions estructurals entre les entitats que requereixen operacions diferents. És essencial que els estudiants construeixin models conceptuals que demostrin que han entès les relacions entre les entitats que estableix el problema. Han d'aprendre les estructures de cada tipus de problema que intenten solucionar. Classificar tipus de problemes és bàsic per a entendre i transferir la solució de problemes (Mayer, Larkin, Kadane, 1984). Per què? Perquè els principiants solen **classificar** els problemes basant-se en el contingut superficial (les entitats situacionals que estableix el problema) i no les relacions fixades en els principis, i això provoca una mala categorització del tipus de problema (Blessin i Ross, 1996).

Classificar problemes és important perquè, com han revelat Mayer i altres (1984), quan els estudiants categoritzen incorrectament els problemes, és més probable que cometin errors.

En gairebé tots els camps on utilitzen problemes matemàtics, els investigadors han desenvolupat tipologies de problemes. Fins i tot els problemes matemàtics més elementals poden classificar-se com a problemes de canvi, de compa-

ració o de combinació (Riley i Greeno, 1983). Un problema de comparació en què es desconeix la quantitat de canvi podria ser aquest:

En Tom té quatre pomes. Mary té algunes pomes. Junts, tenen nou pomes. Quantes pomes té Mary?

Mayer (1982) ha analitzat milers de problemes dels llibres d'àlgebra dels instituts per a trobar-hi semblances estructurals. Ha identificat vuit famílies de problemes matemàtics:

- problemes de càlcul de temps,
- problemes de cost unitari,
- problemes de cost percentual,
- problemes càlcul directe,
- problemes geomètrics (àrea simple),
- problemes físics (lleis d'Ohm),
- problemes estadístics (combinacions)
- i problemes numèrics.

En cada família de problemes, Mayer identifica categories de problemes. Per exemple, en els problemes de càlcul de temps identifica problemes de moviment, problemes actuals i problemes laborals. En cadascuna d'aquestes categories identifica plantilles de problemes que comparteixen característiques semblants.

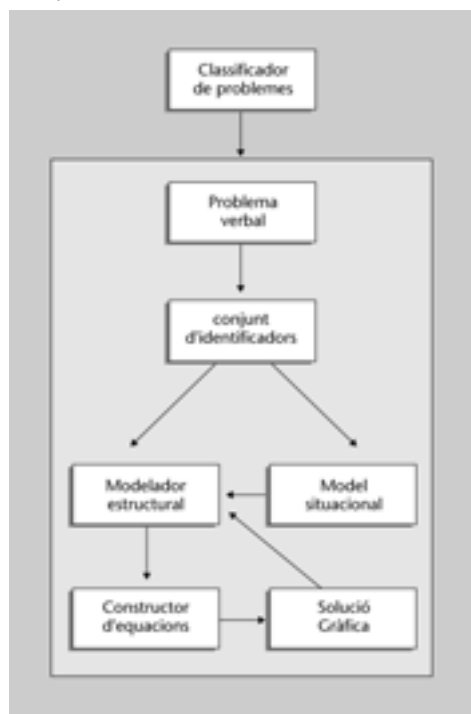
Per exemple, dins els problemes de moviments, identifica plantilles com l'avançament, la direcció oposada, el viatge d'anada i tornada, el tancament, el canvi de velocitat, la mateixa direcció, etc. L'estructura per als problemes de moviment d'avançament especifica que "un vehicle arrenca i el segueix un altre vehicle que fa el mateix trajecte a més velocitat" (pàg. 156).

Per ensenyar als estudiants a resoldre problemes d'aquest tipus en qualsevol camp, cal construir tipologies semblants de tipus de problema per a ensenyar explícitament semblances i diferències estructurals entre problemes. Per dissenyar i desenvolupar entorns d'aprenentatge de problemes matemàtics en la física introductòria, construïm la tipologia de problemes de la figura 11. L'organitzador gràfic s'usa per a estructurar l'entorn d'aprenentatge. Quan l'estudiant es troba amb el problema, ha d'usar primer aquesta tipologia i classificar el problema. Si es fa un doble clic en cada tipus de problema, apareixen exemples, i també els principis subjacents de la física. Posar èmfasi en les propietats estructurals dels problemes i contrastar-los amb altres problemes del mateix camp impulsa les habilitats de l'estudiant per a generalitzar problemes dins la classe i discrimina entre aquelles classes que es basen més en les propietats estructurals dels problemes que en el nivell superficial i les característiques situacionals (Chi, Feltovich i Glaser, 1981; Silver, 1981).

Figura 11. Organitzador gràfic de problemes físics.



Figura 12. Estructura d'un entorn de solució a un problema matemàtic.

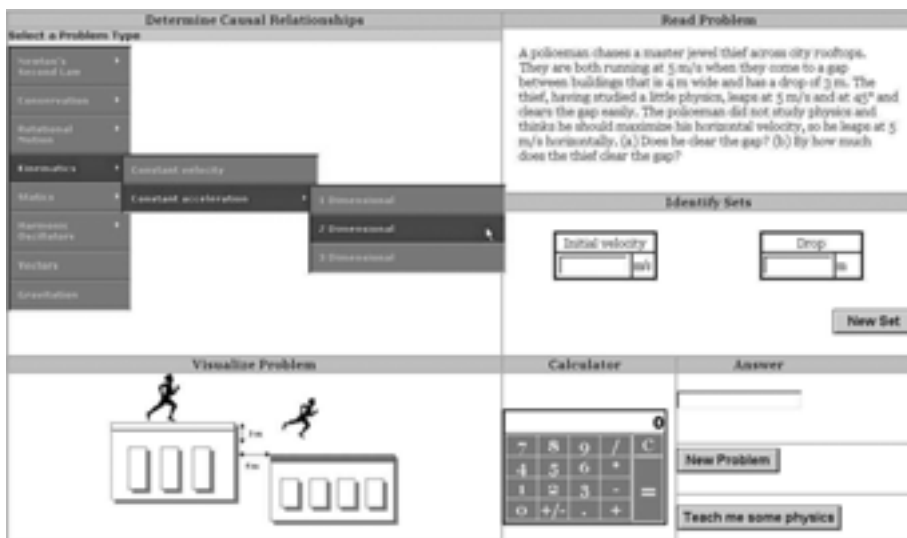


La figura 12 il·lustra l'estructura d'un entorn de solució d'un problema matemàtic (ESPM). A continuació descriurem cadascun dels components de l'entorn.

3.1.2. Classificació de problemes

Quan es treballa en un entorn de solució de problemes matemàtics (il·lustrat en la figura 13), els estudiants han d'elegir el tipus de problema que creuen que el descriu millor, utilitzant el menú per a baixar a la part esquerra superior de la pantalla. En aquest cas, l'estudiant utilitza correctament el classificador de problemes per a seleccionar la cinemàtica, seguidament la velocitat constant i després la bidimensional.

Figura 13. Entorn de solució de problemes matemàtics al camp de la física.



3.1.3. Problema verbal

L'estudiant visualitza el problema en l'entorn de solució de problemes matemàtics (ESPM*) a la cantonada superior dreta de la figura 13. Aquest és el problema que s'ha classificat com un problema bidimensional de velocitat constant. El problema roman sempre a la finestra de la part superior dreta perquè l'estudiant pugui anar endavant i endarrere passant d'una representació a una altra.

* En anglès, Story-problem-solving environment (SPSE).

3.1.4. Identificador del conjunt

Com hem dit abans, per a construir una representació interna del problema, els estudiants han de construir un model conceptual intern del problema. Aquest model consisteix en els conjunts importants que el configuren. Analitzar qualsevol problema matemàtic requereix identificar els conjunts que són

importants per a la solució del problema i assignar-los un valor (Briars i Larkin, 1984; Riley i Greeno, 1988). Completar i assignar valors a aquestes proposicions promou la construcció de diferents models per a cada tipus de problema (Mayer, 1982).

Per usar l'identificador del conjunt, l'estudiant subratlla les entitats i les seves quantitats en l'espai del problema verbal a la cantonada superior dreta de la figura 13 i trasllada cada valor del problema a l'identificador del conjunt. De manera automàtica, es crea un conjunt, que consisteix en tres caixes més petites. L'estudiant ha d'identificar l'objecte, la quantitat i les unitats que descriuen l'objecte. En la figura 14 s'han identificat tres conjunts (velocitat inicial, angle de projecció i llançament).

3.1.5. Model estructural

“Una persona que treballa en problemes de física ha de poder reconèixer les estructures subjacents dels problemes, generar representacions adequades per al descobriment de solucions i fer inferències d'aquestes representacions.”

Y. Anzai (1991). “Learning and use of representations for physics problems”. A: K.A. Ericsson, J. Smith (ed.). *Toward a general theory of expertise* (pàg. 83). Cambridge: Cambridge University Press.

Els principis subjacents de la física, com en tots els camps, poden predir-se per les relacions causals entre conceptes. En física, cada tipus de problema té un model estructural que representa una combinació diferent d'entitats interrelacionades mitjançant formes úniques.

Un cop seleccionat el tipus de problema i identificats els conjunts, l'estudiant trasllada i llança els conjunts des de l'identificador del conjunt fins al model estructural (titulat *Determinar relacions causals*, part superior esquerra a la figura 14). El model descriu els components causals i estructurals del problema. Encara que s'assemblen al tipus d'estructures de coneixement que Bagno, Eylon i Ganiel (2000) usaven per a demostrar estructures de coneixement expert, aquests models se centren en la descripció de relacions causals entre components del problema.

Els estudiants, en aquest problema, han d'anar arrossegant de velocitat inicial a velocitat inicial successivament. Si arrosseguen i deixen un conjunt en un element equivocat del model estructural, apareix un quadre explicatori. Encara que aquest pas pot semblar redundant, serveix per a posar èmfasi en les relacions conceptuals del problema abans de mapar els valors en fórmules. Per què és important? Ploetzner, Fehse, Kneser, i Spada (1999) van demostrar que en solucionar problemes matemàtics en física, les representacions qualitatives del problema són necessàries per a aprendre representacions quantitatives. Per tant, els estudiants haurien de mapar valors dels problemes i convertir-los en representacions qualitatives (causals) del problema abans de mapar els valors i convertir-los en fórmules.

Figura 14. Prototip d'entorn per a la solució de problemes matemàtics al camp de la física.

The screenshot shows a software interface for solving physics problems. It is organized into several functional areas:

- Determine Causal Relationships:** A flowchart showing 'Initial Velocity', 'Projectile Angle', and 'Gravitational Acceleration' leading to 'Vertical Distance', 'Time', and 'Horizontal Distance'.
- Read Problem:** A text box containing a word problem about a policeman chasing a thief across a gap between buildings. The thief jumps at 5 m/s and 45°. The policeman jumps at 5 m/s horizontally. Questions (a) and (b) ask if the thief clears the gap and by how much.
- Build Equation:** A text box displaying the equation $X = X_0 + V_0 \cos \theta t$.
- Visualize Problem:** A diagram showing a thief jumping from a building on the left to a building on the right. A parabolic path is shown above the gap.
- Plan Solution:** A list of three steps: 1. Choose point of origin, 2. Choose system of reference, select X + Y axes, 3. Determine time in air.
- Identify Sets:** Three input fields labeled 'Initial velocity', 'Projectile angle', and 'Drop', each with a unit dropdown menu. A 'New Set' button is located below.
- Answer:** A text input field for the answer, a 'New Problem' button, and a 'Teach me some physics' button.

Un altre motiu per a mapar entitats en un model estructural és que els estudiants molt poques vegades reconcilien els models estructurals i situacionals del problema (aquests últims, descrits a continuació). Així, a l'ESPM són adjacents, i el fet de permetre a l'estudiant comparar i contrastar els models situacionals i estructurals aportarà un model mental més ric del tipus de problema. Els que millor solucionen els problemes matemàtics són aquells capaços d'integrar els models situacionals i estructurals, perquè ambdós són importants per a la solució de problemes.

3.1.6. Constructor d'equacions

A partir del model estructural, els estudiants assignen valors d'aquest model a l'equació, utilitzant el constructor d'equacions (figura 13). Per utilitzar el constructor d'equacions, cal arrossegar els valors des del model estructural fins a l'espai de l'equació, cancel·lar i reorganitzar les variables. Un cop completada la fórmula, cal fer clic damunt del botó de calcular.

Per comprovar l'exactitud dels valors i de la fórmula, un mapa de vector animat farà aparèixer els resultats a la finestra de Solució de la sèrie. Nathan, Kintsch i Young (1992) van demostrar que els estudiants que veien resultats animats sobresortien per sobre dels que tenien un entorn inanimat, i reconeixien una solució correcta, generaven equacions a partir de textos i diagnosticaven errors.

3.1.7. Model situacional

Els estudiants visualitzen el model situacional (anomenat *Visualitzar problema*, a les figures 12 i 13). Encara que molts psicòlegs creuen que les característiques superficials del problema només distreuen els estudiants i els impedeixen en-

tendre l'estructura més profunda del problema, n'hi ha altres que creuen que aquells que solucionen problemes d'una manera eficaç reuneixen les restriccions quantitatives basades en un context situacional (Briars i Larkin, 1984).

Molts models quantitativs (fórmules) poden mapar-se fàcilment i convertir-se en estructures d'històries.

Per exemple, els problemes de moviment i de treball compostos tenen diferents esdeveniments com viatjar en direccions oposades, caminar plegats o pujar a un autobús, amb el resultat i el temps com a dimensions bàsiques que organitzen la història.

Els estudiants realitzen inferències constructives basades en models situacionals. Blessin i Ross (1996) van demostrar els efectes positius del contingut situacional en la solució de problemes i la classificació de problemes per part de persones amb experiència (estudiants universitaris). El contingut situacional també té molt valor perquè afecta a l'accés a esquemes de problemes mentals interns. Molts cops els experts basen les seves categoritzacions en el contingut superficial (Novick, 1988).

Quan l'estudiant soluciona el problema, el model situacional cobreix el sistema de referència per sobre de la visualització a causa de la importància que tenen els problemes de cinemàtica a l'hora de determinar el sistema de referència i el seu origen (figura 13).

3.1.8. Exemples treballats

La instrucció consisteix en exemples treballats que utilitzin l'entorn ESPM per a il·lustrar com cal resoldre com a mínim tres problemes per cada tipus de problema abans de deixar practicar als estudiants. Els exemples treballats de les solucions de problemes anteriors a la pràctica milloren la solució de problemes basats en la pràctica, perquè redueixen la càrrega cognitiva i ajuden els estudiants a construir esquemes de solució de problemes (Cooper i Sweller, 1987; Sweller i Cooper, 1985).

En l'ESPM, un agent pedagògic animat (Lester, Stone, i Stelling, 1999, no es mostra a la figura 12 o 13) investigarà com a mínim, dos exemples de cada tipus de problema. L'agent llegeix primer la representació del problema verbal a l'ESPM, buscant pistes que ajudin a classificar el tipus de problema (en el nostre exemple, *constant*). Llavors elegeix el tipus de problema. L'agent planeja la solució identificant explícitament els subproblemes requerits. Aclarir l'estructura de subobjectius en exemples treballats millora de manera significativa la realització (Atkinson, Derry, Renkl i Wortham, 2000). Els subproblemes s'afegeixen al quadre *Solució del Pla* a mesura que es va realitzant.

Per exemple:

- 1) triar punt d'origen;
- 2) triar sistema de referència (eix x i eix i);

- 3) determinar el temps en l'aire (velocitat inicial + quan es mou en l'eix i);
- 4) determinar l'extensió del moviment de projecció en l'eix x .

L'agent identifica els conjunts requerits per al problema en l'identificador de conjunts, els mou cap al model estructural i llavors mapa els valors i els converteix en fórmula en el constructor d'equacions. També efectua una comprovació d'unitats i fa una estimació de la grandària de la pregunta. Llavors soluciona la fórmula i compara el resultat amb l'estimació. Realitzar aquesta demostració amb altres dos problemes més complexos prepara l'estudiant per a completar els afers de la pràctica.

3.1.9. Afers de la pràctica

Un altre component essencial de qualsevol instrucció per a resoldre problemes narrats és l'oportunitat de **practicar les habilitats adquirides** en l'entorn. La pràctica de problemes hauria de presentar-se a l'estudiant com s'il·lustra en els exemples treballats, que haurien de ser semblants a com es presenten en l'avaluació. Els estudiants poden revisar els exemples treballats. Normalment solen tenir èxit a l'hora de relacionar els problemes pràctics amb els exemples, i prefereixen l'exemple complex com a model (Reed, Willes i Guarino, 1994).

De manera semblant, es permet que utilitzin la mateixa interfície ESPM que es va usar per als exemples i així poden usar aquest recurs fins que tinguin més experiència. Els estudiants rebran quadres explicatius durant les sessions pràctiques. Si identifiquen el tipus de problema correcte, identifiquen i col·loquen els conjunts del problema de manera correcta en les representacions correctes del problema, o si fan estimacions raonables de la solució del problema, rebran quadres explicatius sobre aquestes activitats.

3.1.10. Instrucció de contingut

Mentre classifica el tipus de problema mitjançant la tipologia descrita en la figura 13 o en qualsevol altre moment en els exemples treballats o fases de pràctica, l'estudiant pot fer doble clic en qualsevol dels components del model estructural i fer que l'agent presenti l'actual instrucció conceptual del problema. En aquest entorn, la instrucció del contingut es proporciona a sol·licitud, i utilitza l'enfocament d'ensenyament just a temps (Novak, Patterson, Gavrín i Christianson, 1999).

3.1.11. Resum

Una revisió àmplia del treball empíric i teòric en què es basa aquest model aniria més enllà de l'objectiu d'aquest mòdul. Altres investigadors han desenvolupat

pat entorns que compleixen algunes d'aquestes funcions d'instrucció d'aquest model. Per exemple, el solucionador de problemes matemàtics (SPM) (Marshall, 1995) i l'entorn TiPS (Derry i Grup d'Investigació TiPS, 2001) representen problemes en models estructurals per a desenvolupar i solucionar problemes aritmètics. Ells assumeixen, com jo, que les representacions qualitatives dels problemes són necessàries per a aprendre representacions quantitatives (Ploetzner, Fehse, Kneser, i Spada, 1999). També creuen que les estructures del problema varien entre els tipus de problemes i determinen els procediments necessaris per a resoldre'ls. Altres entorns, com ANIMATE (Nathan, 1998), representen el model situacional del problema mitjançant animacions, mapant les animacions en una equació que permet solució.

Diversos atributs converteixen en únic l'entorn que acabem de descriure. No hi ha cap altre entorn que hagi intentat integrar les representacions estructurals i situacionals del problema. Encara que el SPM i els TiPS requereixen que l'estudiant identifiqui el tipus de problema, el seu procés de selecció no implica elegir entre una tipologia de problemes. A més a més, el procés de raonament necessari per a resoldre el problema matemàtic està fixat en l'estructura de l'entorn.

Els estudiants han de classificar el tipus de problema, identificar conjunts importants de la representació del problema i mapar-los en un model estructural abans de mapar els valors en una fórmula. La diferència més notable entre aquest model i els altres és potser que funciona com un model genèric per a la construcció d'entorns en línia mitjançant camps de temes. Els altres intents s'han centrat en problemes individuals o petites classes de problemes.

L'objectiu del model de disseny és que funcioni com una arquitectura per als entorns en línia de problemes matemàtics.

Així, els problemes matemàtics en altres camps poden utilitzar el mateix entorn i la mateixa estructura que acabo de descriure. Els problemes seran diferents, però l'estructura de l'entorn serà la mateixa.

3.2. Problemes de resolució de dificultats

Com s'ha descrit anteriorment, la resolució de dificultats eficaç requereix coneixement de sistema, coneixement procedimental i estratègic, a més a més de les classes de coneixement que les experiències del solucionador de dificultats han ancorat i organitzat.

La resolució de dificultats o avaries es basa en el coneixement experimental, que és exactament el que els manca als principiants. Des dels tècnics amb experiència fins als físics indexen el seu coneixement en experiències de resolució de dificultats. Sovint poden reutilitzar problemes, que ja han mitjançat molts anys

La diferència fonamental...

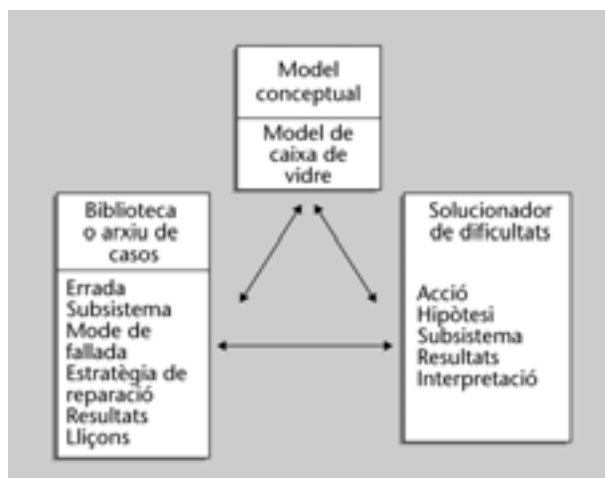
... entre els solucionadors experts i els principiants és el seu nivell d'experiència.

abans, amb una agudesia extraordinària. Els problemes que recorden amb més precisió i exactitud són els que van ser més difícils de resoldre, perquè la persona va estar conceptualment més implicada en el procés. Per tant, ensenyar a resoldre dificultats als principiants requereix que descobreixin el màxim nombre de problemes possible per a guanyar coneixement experimental que integrarà el coneixement conceptual, procedimental i estratègic necessaris per a la resolució de dificultats.

La figura 15 il·lustra un model de disseny per a la construcció d'entorns d'aprenentatge d'aquest tipus (TLE). El model assumeix que la manera més efectiva per a aprendre a solucionar dificultats són els problemes del tipus que estem descrivint.

Aprendre a resoldre dificultats requereix presentar als estudiants els símptomes de problemes nous perquè els solucionin. Els components més importants dels TLE són una biblioteca de casos de problemes ja resolts, un solucionador de dificultats que permeti a l'estudiant practicar la resolució i un model conceptual ric del sistema que s'ha de solucionar o descobrir. El model conceptual impulsa la construcció del coneixement de sistemes; el solucionador de dificultats promou la construcció del coneixement procedimental i estratègic, i la biblioteca o arxiu de casos, la construcció del coneixement experimental que integra les altres classes de coneixement.

Figura 15. Model per a dissenyar un entorn d'aprenentatge de resolució de dificultats.



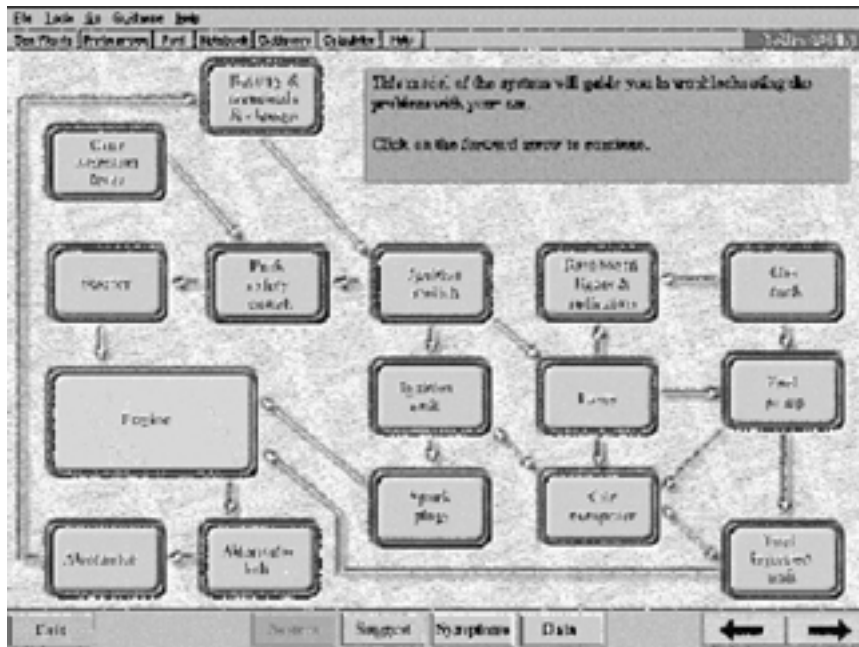
3.2.1. Model conceptual

L'entorn de resolució de dificultats s'orienta mitjançant un model conceptual del sistema de descobriment o resolució. Aquest model il·lustra la interconnexió entre els components del sistema. És a dir, quins són tots els components i subsistemes del sistema en què succeeix el problema? Com influeixen uns sobre altres?

La figura 16 il·lustra un model conceptual d'un sistema elèctric automotor inclòs en part del programari de solució de problemes produït per l'empresa PLATO. Quan cal solucionar les avaries d'un cotxe que no arrenca, el mecànic no utilitzarà el mètode d'assaig i error, ni l'eliminació en sèrie o altres estratègies dèbils de resolució de problemes, perquè sap com funciona el sistema elèctric automotor. És a dir, entén la funció de cadascun dels components de la figura 16 i com influeixen uns sobre altres. El principiant no entén tots

els components o les seves interaccions, i per això recorre a la instrucció de cadascun fent un simple clic sobre el component. La comprensió conceptual del sistema és essencial per a la resolució de dificultats. La il·lustració de la figura 16 també s'usa com a interfície per a predir quin component pot estar fallant.

Figura 16. Model de sistema per a resoldre les dificultats o avaries d'un sistema elèctric automotor. Implementat a l'Experiència de Solució de Problemes de l'empresa PLATO.



3.2.2. Localitzador de dificultats o avaries

El centre del TLE* és el localitzador de dificultats (vegeu la figura 17). És aquí on l'estudiant actua com si fos un localitzador de dificultats amb experiència, resolent casos nous.

* Sigla de *troubleshooting learning environment*, o entorn d'aprenentatge de resolució de dificultats.

Cas

Després d'escoltar una explicació sobre el problema automotor que descriu els símptomes que mostrava el cotxe just abans d'aturar-se, l'aprenent (com un localitzador de dificultats experimentat) primer tria una acció del menú per a baixar a l'esquerra de la pantalla, com quan es demana una comprovació, es comprova una connexió o s'intenta una estratègia de reparació. Es pot ensenyar al principiant quina acció basada en la simptomatologia cal triar primer, o també pot ell o ella triar qualsevol acció. Cada moviment que faci el localitzador apareix en el model del sistema. Després de cada moviment de l'estudiant, el localitzador de dificultats demana a l'estudiant que expliqui o triï la hipòtesi falsa que està intentant demostrar, mitjançant el menú per baixar situat a la dreta del menú d'acció. Aquesta és una manera implícita d'argumentació. Es tracta d'exigir a l'estudiant que justifiqui les seves accions. Si la hipòtesi no es correspon a l'acció (si ha estat determinada aixecant i comprovant les etiquetes), llavors apareixen explicacions sobre el motiu que porta a prendre aquella acció. Seguidament, l'estudiant ha d'identificar el subsistema en el que ocorre l'errada. Si aquest no correspon a l'acció, l'estudiant torna una altra vegada al model conceptual per a entendre millor el funcionament del subsistema que porta a l'acció o a la hipòtesi. L'estudiant rep llavors el resultat de l'acció (per exemple, resultats d'exàmens, informació del sistema, etc.) a la dreta del subsistema i ha d'interpretar-los utilitzant el menú per baixar de la dreta del localitzador de dificultats. Si la interpretació no correspon a l'acció, hipòtesi o subsistema, apareix un missatge d'error. La comprovació d'errors utilitza un sistema d'avaluació molt senzill.

El localitzador (vegeu la figura 17) exigeix a l'estudiant que pensi i actuï com un localitzador de dificultats amb experiència. L'entorn integra les accions de

resolució de problemes, els tipus de coneixement (conceptual, estratègic i procedimental) i el model de sistemes conceptuals amb una base de dades de les fallades que han tingut lloc en el sistema que l'estudiant i altres persones han solucionat. Els exemples treballats proporcionen la instrucció inicial sobre com usar el sistema. A mesura que els estudiants van solucionant problemes, els resultats dels seus casos pràctics poden afegir-se al seu arxiu de casos de situacions falses, perquè l'estudiant pugui aprendre de les pròpies experiències personals.

Figura 17. Arquitectura del localitzador de dificultats.

Localitzador de dificultats					Casos
Acció	Subsistema	Hipòtesi	Resultat	Interpretació	
Prova la sortida de bateria					Cas 1. Descàrrega de la bateria 1
Prova el cable de bateria					Cas 2. Descàrrega de la bateria 2
Prova els llums en funcionament					Cas 3. Avaria de la bateria 1
Prova l'entrada de solenoide					Cas 4. Avaria de la bateria 2
Prova la sortida de solenoide					Cas 5. Avaria del motor d'arrencada 1
Prova l'entrada del motor d'arrencada					Cas 6. Avaria del motor d'arrencada 2
Prova					Cas 7. Avaria de l'alternador
					Cas 8. Fallada del generador 1
					Cas 9. Fallada del terreny 1
					Cas 10. Fallada del terreny 2
					Cas 11. Fallada del cable 1
					Cas 12. Avaria del solenoide 1
					Cas 13. Avaria del solenoide 2

En qualsevol punt del procés d'aprenentatge, l'estudiant o localitzador de dificultats pot accedir a una instrucció just a temps sobre com portar a terme l'acció (per exemple, test electrònic, comprovació de símptomes) o els resultats multimodals d'aquesta acció.

Jonassen i Henning (1999) van observar que els tècnics de refrigeració es basen molts cops en diferents modalitats a l'hora de parlar de màquines i eines. Normalment posen les mans als tubs per veure la temperatura, escolten el so d'un compressor, busquen taques d'oli al sòl o interactuen amb la pantalla de l'ordinador. En definitiva, es comuniquen a través d'impressions del sentit, el que els tècnics anomenen coneixement *tàctil-sensorial*.

3.2.3. Biblioteca o arxiu de casos

Si el localitzador de dificultats es troba en el cor del TLE, l'arxiu o biblioteca de casos es troba al cap (memòria) del TLE.

El discurs és essencial per a negociar problemes, solucions o significats de manera social.

En les situacions de resolució de dificultats de contextos diaris, el mitjà principal de negociació són les **històries**. És a dir, quan un localitzador té un problema, normalment el descriu a algú que pot recordar de memòria un problema semblant, i conta la seva experiència al localitzador de dificultats. Les històries

Les històries...

... aporten informació contextual, funcionen en format de diagnosi i també expressen una identitat entre els participants de qualsevol tipus de comunitat.

sobre com els localitzadors han solucionat problemes o avaries semblants s'introdueixen, s'indexen i es posen a disposició dels estudiants en una biblioteca o arxiu de casos (que també es coneix com a base de dades falses).

La biblioteca de casos o base de dades falses ha de contenir històries de tantes experiències de resolució de dificultats com sigui possible. Cada cas representa una història d'un exemple específic d'un camp. Aquests arxius, que es basen en principis del raonament basat en casos, representen la forma més important de suport instruccional per als problemes mal estructurats com els de resolució de dificultats (Jonassen i Hernandez-Serrano, 2002).

S'indexa cada cas o història segons l'errada del sistema, el sistema o subsistema en el que va ocórrer l'errada i els símptomes de la fallada que són semblants als del localitzador de dificultats. També estan recollits el tipus d'avaria i les hipòtesis o estratègies apreses a partir de l'experiència.

L'arxiu representa, doncs, el coneixement experimental de centenars de localitzadors de dificultats experimentats potencials. Per què? Perquè els localitzadors emmagatzemen gairebé sempre el seu coneixement de problemes i solucions a partir de les seves experiències. És aquest coneixement experimental el que precisament no tenen els estudiants. D'aquesta manera, quan es troben amb una dificultat o no estan segurs de com actuar, poden accedir a l'arxiu i observar en casos semblants quins camins es van seguir i amb quins resultats.

El TLE també pot programar-se per accedir de manera automàtica a una història important quan l'estudiant comet un error, ordena una prova inadequada o porta a terme alguna acció que demostra la seva falta de comprensió. Hernandez-Serrano i Jonassen (2003) han demostrat que l'accés a un arxiu de casos durant l'aprenentatge de solució de problemes millora la resolució de problemes complexos en un examen.

Les històries...

... s'emmagatzemen d'una manera senzilla, presenten un problema als localitzadors experimentats i demanant-los si recorden algun problema semblant que ja hagin solucionat. Sempre els recorden, sense excepció.

3.2.4. Exemples treballats

D'una manera semblant a l'aprenentatge de resolució de problemes matemàtics narrats, mitjançant exemples treballats també s'introdueix als estudiants a la resolució de dificultats, la biblioteca de casos i el model conceptual. Aquests exemples no sols il·lustren com usar el TLE sinó que també construeixen models de diferents estratègies de resolució de dificultats (per exemple, la divisió de l'espai per a aïllar el subsistema erroni abans de fer cap comprovació).

Agent pedagògic

Si el TLE és en línia, apareix un agent pedagògic animat (Lester, Stone i Stelling, 1999) que treballa com a mínim dos exemples de cada tipus de problema. L'agent llegeix la presentació del problema en el TLE, construeix models d'estratègies per exemple mitjançant la recerca de pistes o el rebuig de les hipòtesis menys probables abans d'usar el localitzador de dificultats. L'agent també pot construir un model sobre com aconseguir el màxim benefici del model conceptual i la biblioteca de casos.

3.2.5. Temes de pràctica

La pràctica consisteix a utilitzar el localitzador de dificultats per a solucionar problemes nous. Durant la pràctica, es presenten nous problemes a l'estudiant, que utilitza el localitzador per a aïllar el cas del problema. Si vol, també pot accedir al model conceptual o a l'arxiu de casos. No es coneix exactament el nombre de pràctiques necessàries per a desenvolupar diferents nivells d'habilitat de resolució de dificultats. Això dependrà de la complexitat del sistema de resolució de dificultats, de les habilitats i disposicions dels estudiants i d'una multitud d'altres factors.

Val la pena remarcar que tots els moviments que faci l'estudiant durant la pràctica (accions en el localitzador, accés a la informació del model conceptual o als casos de l'arxiu) poden servir per a ajudar a millorar la seva comprensió i les seves habilitats de resolució de dificultats. L'objectiu d'aquesta avaluació pot ser valorar el procés durant l'aprenentatge o simplement veure si l'estudiant s'implica mentalment en el procés d'aprenentatge.

3.3. Problemes d'anàlisi de casos/sistemes

Com ja hem descrit abans, els problemes d'anàlisi de casos/sistemes són complexos, ambigus i estan molt mal estructurats. Com a tals, representen l'antítesi de bona part de l'educació formal, que se centra en respostes correctes i a trobar la veritat.

Analitzar i tractar de resoldre aquests problemes és un repte per a molts estudiants (des de la guarderia fins a l'edat adulta), per moltes raons. Els guions que els estudiants segueixen per a "fer escola" tenen rutines clarament establertes. El professor/monitor els diu el que haurien de saber, els estudiants intenten saber-ho i el professor/monitor valora si ho saben bé. No obstant això, els problemes d'anàlisi de casos sovint presenten fenòmens desconeguts que han de negociar-se i co-construir-se socialment. No existeix en cap cas una simple perspectiva que representi la veritat.

Solucionar aquest tipus de problemes requereix que l'estudiant assimili l'ambigüitat. No obstant això, la tolerància a l'ambigüitat no abunda entre professors i estudiants. Per què? Està relacionada amb les seves creences epistemiques, és a dir, allò que les persones creuen que signifiquen el coneixement, la veritat i l'aprenentatge. Les persones desenvolupen les seves creences a partir d'un pensament simple, blanc o negre, que a través d'una exploració de perspectives múltiples es converteix en un pensament relativista complex. Els fonaments epistemològics per a l'educació són els que Baxter-Magolda (1987) anomena *saber absolut*, en el que els individus creuen que el coneixement i la veritat són vertaders i que les autoritats haurien d'oferir-los. Solucionar problemes d'anàlisi de casos requereix:

- un coneixement transicional (el coneixement és parcialment vertader i requereix comprendre mitjançant la lògica, el debat i la investigació),

- un coneixement independent (el coneixement no és vertader i requereix pensar lliurement i ser obert),
- i un coneixement contextual (el coneixement es basa en les proves adquirides en un context).

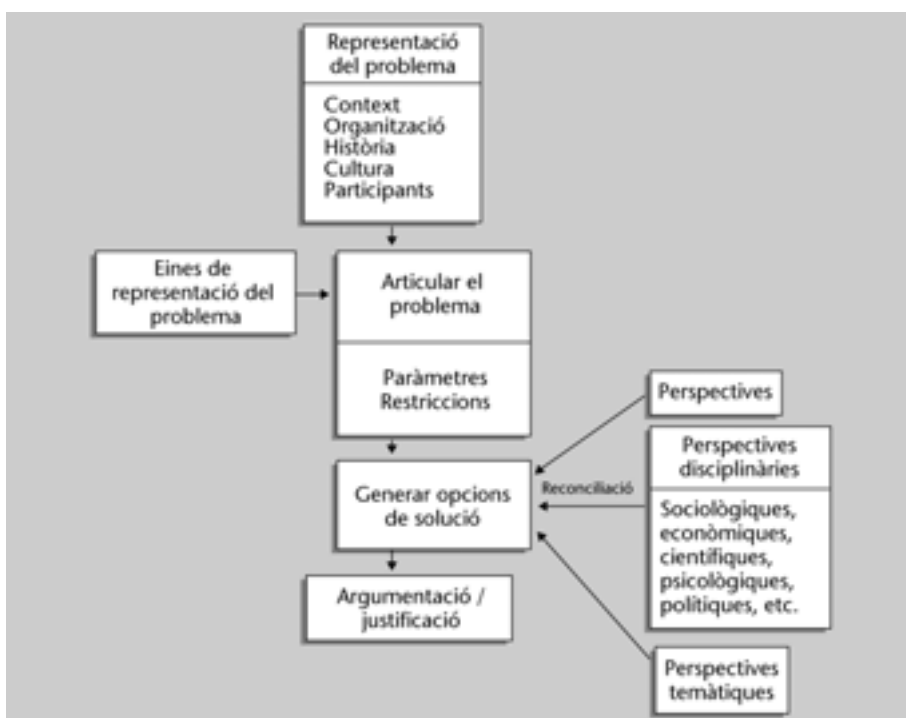
El fet que la majoria d'estudiants siguin pensadors absoluts fa que per a ells els problemes d'anàlisi de cas siguin un repte important, perquè no tenen cap resposta correcta. Malgrat això, si no s'enfronten mai a problemes d'anàlisi de casos mal estructurats, probablement no arribaran a desenvolupar habilitats de pensament contextual o independent. Per tant, exposar-se a l'ambigüitat és una experiència d'aprenentatge.

La figura 18 mostra un model per a dissenyar un entorn d'aprenentatge d'anàlisi de casos. A continuació descriurem cadascun dels components d'aquest entorn.

3.3.1. Representació de problemes

La representació de problemes és un tema complex; els problemes d'anàlisi de casos (com tots els problemes mal estructurats) depenen més d'un context que els ben estructurats; per això és necessari desenvolupar un entorn més autèntic i ubicat (Voss, 1988). Si el pensament d'anàlisi de casos ve molt determinat pel context i el camp que representa, és important descriure de manera adequada el context social, polític i organitzacional del problema. És per això pel que cal portar a terme una anàlisi contextual. Quina és la natura del camp? Quines són les restriccions que imposa el context? També hem de preguntar-nos quin tipus de problemes se solucionen en aquest camp i quines restriccions contextuais afecten al problema.

Figura 18. Model per a un entorn de solució de problemes d'anàlisi de casos/sistemes.



Els problemes d'anàlisi de casos es representen molts cops a partir d'històries. Les històries s'entenen i es recorden millor i són més empàtiques que les representacions didàctiques dels problemes.

L'extracte següent està tret d'un entorn d'aprenentatge d'anàlisi de casos que desenvolupem a Sociologia del Benestar. Aquesta història concreta introdueix el problema del cicle de benestar (buscar assistència, ajuda i benestar en el treball). El problema està relacionat amb la manera d'ajudar a les persones amb el cicle de benestar en el treball. Un altre objectiu principal de l'entorn és que els estudiants culturalment aïllats d'una gran universitat pública evoquin respostes empàtiques.

Dimarts, 2 de febrer, 1999

Em dic Tiffany. Estic viatjant fins a Lewistown amb la meva filla Stephanie. Stephanie complirà cinc anys d'aquí a poc temps. La vaig tenir quan tenia divuit anys. Casa meua i els meus amics estan a Detroit. Jo no puc quedar-me més. Vaig entrar a formar part d'una banda d'allí, venent drogues i traficant. Vaig tardar cinc anys en adonar-me que ja no volia viure així. Robava i feia coses que mai no vaig creure que seria capaç de fer. Vull la meua filla. M'he donat compte que li faria mal si em quedava allí.

Quan un ha fet i ha vist el que jo, no té sentit deixar-ho tret que hi estiguis preparat. Així que me'n vaig, sense diners, sense ajuda de ningú. Només la Stef i jo. Sí, aquest ha estat el meu "Nadal Felç". Estic buscant la meua mare biològica. Sé que quan jo vaig néixer, ella vivia a Lewistown, Pennsylvania. Però ja ha passat molt temps. Tinc una adreça de l'any 1992. Mai abans no l'he vista. No sap que vaig cap allà. No tinc cap altre lloc on anar, però no puc quedar-me a Detroit, ni parlar-ne. Estic gairebé de vuit mesos. Demanaré ajuda tan bon punt arribi, pel bé dels meus fills.

Dimecres, 3 de febrer, 1999 (17:30 h)

Stephanie mai no havia viatjat en un autocar. Un viatge de 24 hores gairebé li ha tret tot el seu entusiasme, pobreta. Gràcies a Déu s'ha adormit. Vam deixar l'estació del carrer Howard a Detroit a les 10 de la nit anterior i hem arribat a les 17:15 d'avui. Amb aquest maleït temps aviat serà de nit. No hem menjat des que ens vam acabar tots els *snacks*. Déu, l'olor d'aquesta graella m'està tornant boja. Què he fet? El bitllet m'ha costat \$59! Potser hauria d'haver guardat els meus diners.

No tinc ni idea d'on anar. Al número que tinc de la meua mare no contesta ningú. No tinc ni un dòlar en moneda per al telèfon. Trenta dòlars, la meua filla i aquesta bossa vella de platja amb la seva roba, alguns ninos i alguna cosa per a mi és tot el que tinc. I, Déu, aquest lloc fa pudor, i fa fred. Sé que he de buscar ajuda. Aquest número no contesta. No hi ha contestador. Potser no és ni un número... S'està fent tard. Què farem?

Representar problemes d'anàlisi de casos en forma d'històries no és suficient per a fer que l'estudiant desenvolupi la classe de pensament necessari per a resoldre'ls. A banda, és igual d'important o més, que els estudiants tinguin una tasca concreta i real per a resoldre.

En el problema d'assistència social que acabem de descriure, demanàven als estudiants que aconsellessin la dona que volia passar de l'assistència social al treball. El seu consell no sols havia de ser legalment correcte (els estudiants es van frustrar per la complexitat de formes i procediments dels papers que els perceptors havien d'emplenar) sinó també empàtic.

L'activitat ha de ser també bastant específica.

a) Un problema d'anàlisi de política exterior al Pròxim Orient pot requerir que els estudiants actuïn com si fossin analistes de política exterior per al de-

partament d'estat en el qual han de recomanar accions polítiques concretes al secretari d'estat sobre si els palestins haurien de tenir un estat independent. És a dir, hauria d'haver-hi una mena de resultat concret (consell) associat a l'activitat: no sols un informe, sinó un informe amb punts d'acció concrets. Això no vol dir que sigui imprescindible donar un consell, sinó que ha de fer-se en forma de consell.

b) Un problema d'anàlisi de casos sobre el sistema polític de Noruega hauria de requerir recomanacions sobre com construir les coalicions parlamentàries necessàries per a aprovar una llei sobre la construcció d'una planta elèctrica de gas. Com més objectius tingui l'activitat, més atractiva serà. Aquest mateix entorn, amb tots els seus sistemes de suport, pot ser alterat si torna a definir-se l'activitat. També es pot assignar a alguns estudiants un entorn per a crear una coalició que freni la construcció de la planta de gas. L'única diferència és l'activitat, però la resta de l'entorn pot ser el mateix o molt semblant.

c) En un altre entorn dissenyat per a un curs de geografia centrat en l'ús de mapes (figura 19), vam donar als estudiants un contracte del ministeri de transport perquè elegissin una ruta alternativa que evités una de les interseccions d'autopistes més mal dissenyades de la història.

Figura 19. Problema de trànsit.

Where Should All The Cars Go?

The Problem

The intersection of I-70 and Highway 63, in Columbia, MO is increasingly busy, and dangerous. During peak traffic times there are traffic jams which cause extended commuting times, high frustration levels, and numerous accidents. Concern about these issues has caused support for a proposed alternate route highway to be built.

Views of the Traffic Problems

Commuter

Els estudiants havien de reconciliar les opinions dels motoristes, els comerciants, els habitants i els buròcrates utilitzant els mapes de terreny, els mapes topogràfics, aeris i de parcel·les per a trobar la solució més eficient, eficaç i acceptable al problema.

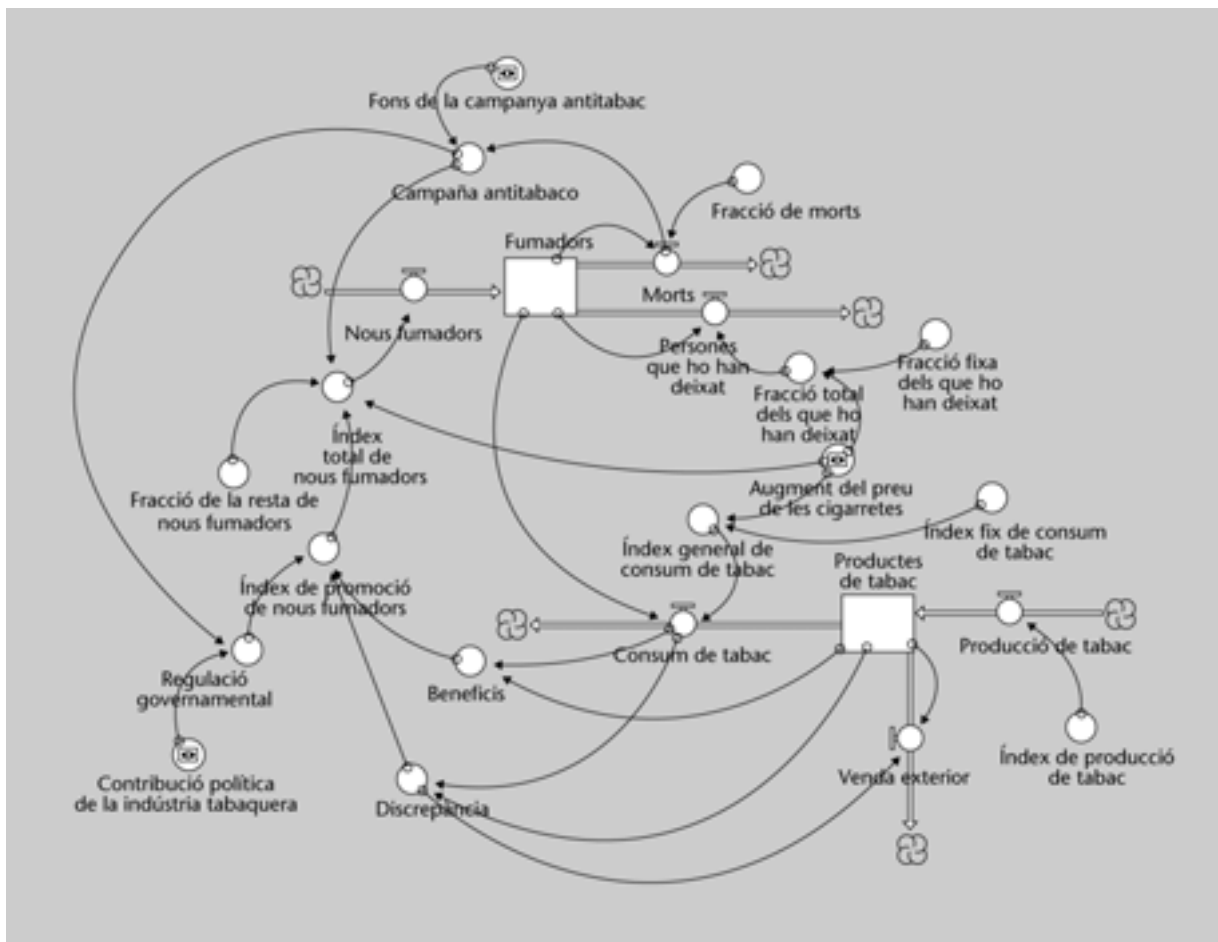
Està clar que no hi ha cap solució absolutament correcta, només hi ha solucions millors i pitjors. L'activitat ha de ser al més real possible i estar ben circumscrita.

Molts cops la solució de problemes a classe no té èxit perquè les activitats són molt difuses. Es demana als estudiants que analitzin polítiques o principis. Per què? Si els estudiants no perceben un objectiu significatiu per a la solució del problema, és poc probable que se submergeixin en el problema o en les solucions.

3.3.2. Eines de representació de problemes

Anteriorment hem descrit les formes de representació dels problemes dirigides als estudiants, incloent-hi el format narratiu i les activitats reals i concretes. Cal remarcar que la manera com es plantegen els problemes als estudiants en l'enunciat afecta a la representació mental que es fan dels problemes que intenten resoldre. Aquest és l'objectiu: aconseguir que els estudiants construeixin un model conceptual significatiu dels problemes que intenten resoldre. No obstant això, aquesta representació del problema només és una de les fonts d'influència. El model per a implicar els estudiants en els problemes d'anàlisi de casos requereix l'ús d'eines perquè els estudiants construeixin la seva representació externa dels problemes. El model de dinàmiques de sistemes de la població fumadora en la figura 20 representa el tipus d'eina de representació de problemes que pot usar-se per a representar qualsevol tipus de problemes d'anàlisi de casos.

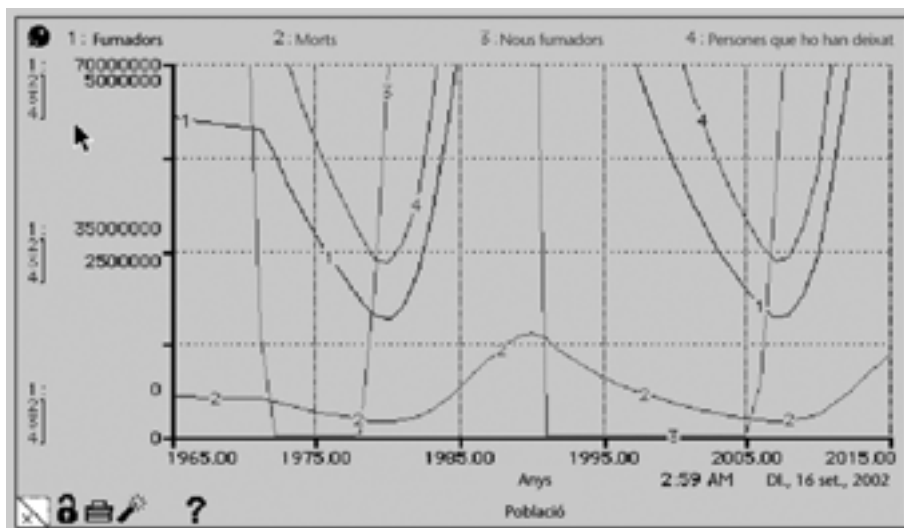
Figura 20. Model de dinàmiques de sistemes de la població fumadora.



Aquest model (produït amb Stella) representa les relacions dinàmiques entre diferents factors que afecten la població. Si la tasca de l'estudiant fos reduir el nombre de fumadors a la població dels Estats Units per a reduir les despeses sanitàries, els estudiants podrien començar construint un model d'aquest tipus. Les eines de dinàmiques de sistemes permeten que els estudiants afegeixin o treguin factors i comprovin els resultats dels canvis efectuats en aquests factors. També poden comprovar els seus models canviant els valors dels paràmetres i veient els resultats.

La figura 21 mostra el resultat del model amb la contribució extra de la campanya antitabac. Els resultats d'aquests models també poden usar-se com a informació per a fonamentar els arguments dels estudiants (descrits més endavant).

Figura 21. Resultat del model de dinàmica de sistemes.



3.3.3. Generar opcions de solució: acomodar perspectives múltiples

He descobert que la teoria de la flexibilitat cognitiva és un dels millors models per a facilitar l'estudi de múltiples perspectives, un procés essencial per a resoldre problemes d'anàlisi de casos, i per a arribar a ser un estudiant madur epistèmicament (Spiro i Jehng, 1990).

Aquesta teoria subratlla la interrelació conceptual d'idees i la seva interconnexió. Els entorns de flexibilitat cognitiva representen intencionadament múltiples perspectives o interpretacions del contingut en els casos utilitzats per a il·lustrar el camp de contingut. La mala estructuració de qualsevol camp de coneixement s'il·lustra millor amb múltiples perspectives o temes que es troben inherents en els problemes representats.

Hem usat hipertexts de flexibilitat cognitiva en un entorn sobre temes de biodiversitat, ús de la terra i estils de control i resolució de conflictes a mesura que han anat apareixent en la controvèrsia sorgida després de la reintroducció del llop gris mexicà en les àrees salvat-

ges del sud-oest americà. L'entorn de reintroducció del llop (vegeu la figura 22) permet que l'estudiant examini el tema de la reintroducció des d'una perspectiva d'una dotzena de persones afectades pels llops, incloent-hi ranxers i defensors del medi ambient. També identifiquem diversos problemes temàtics interconnectats amb els seus comentaris, incloent-hi control local enfront de control nacional de la terra, consum enfront de conservació, cooperació enfront de cooptació. Per arribar a un judici sobre la continuació de la pràctica, els estudiants van haver d'entendre i reconciliar aquests punts de vista. És essencial que entenguin les diferents perspectives que compliquen els problemes d'anàlisi de casos per a generar i avaluar les diferents solucions.

3.3.4. Argumentació

Com hem afirmat abans, els problemes mal estructurats tenen una natura dialèctica en la qual s'utilitzen dues o més conceptualitzacions oposades del problema (diferents espais del mateix) per a recolzar diferents arguments amb presumpcions oposades subjacents (Churchman, 1971). Per tant, és important que els estudiants siguin capaços d'articular les diferents concepcions defensant arguments per a la solució que ells proposen. L'argument aporta la millor prova del coneixement dominant que poden haver adquirit. El desenvolupament d'arguments lògics per a recolzar un pensament divergent –judici reflexiu (Kitchner i King, 1981)– no sols porta a una cognició i metacognició del procés utilitzat per a resoldre el problema, sinó també a una consciència de la natura epistèmica del procés i de la veritat o valor de les diferents solucions (Kitchner, 1983). En l'entorn de la geografia, hi ha diferents carreteres possibles que poden triar-se i moltes raons per a triar-ne una. Exigir als estudiants que desenvolupin un argument per a la seva elecció és equivalent a solucionar problemes.

Figura 22. Entorn de reintroducció del llop.

Reintroduction of the Wolf into the Southwest

Long before cow boys roamed, before Spaniards rode in conquest, before even the Apache and Navajo arrived, wolves inhabited the ancient Southwest, but as cattle ranching took hold in the 1800s, the predatory wolf became an obstacle to commerce. By the 1920s it was just about exterminated from the Western landscape. But wolves are making a comeback of a kind in part because of shifting public values.



In January 1995, 19 Canadian gray wolves were released into Yellowstone National Park by the U.S. Fish and Wildlife Service. In January 1996 another 20 were brought to Yellowstone and to Idaho, and in early 1997 the Southwest will get its share. Mexican gray wolves are scheduled to be reintroduced into the wilderness of Arizona and New Mexico, but the battle for public acceptance is still being waged. Should the Mexican wolf be reintroduced? You decide.

For more information, you can read this piece by Sandy Tolan of National Public Radio's Weekend Edition.

To help you make up your mind, you can listen to several people in the area who would be affected by the re-introduction:

- [Al Schneberger](#) of the New Mexico Cattle Growers Association
- [A Woman](#) of Catron County
- [Man in the Field](#) Interviews
- [Charmen Russell](#)
- [Dutch Salmen](#), publisher of High Lonesome Books
- [Jim Cook](#)
- [Patricia Brennan](#)
- [The Holders](#)

You can think about some of the major issues involved:

- [Consumption vs. Conservation](#)
- [Confrontation vs. Cooperation](#)
- [National control vs. Local control](#)

És a dir, aporta dades d'avaluació molt útils per a ajudar el professor a determinar què sap l'estudiant. Es pot entrenar i ajudar a recordar mitjançant una

sèrie de preguntes o apunts de judici reflexiu (Kitchner i King, 1981), com els següents:

- Podeu arribar a estar segurs que la vostra posició és correcta? Arribarem a saber quina és la posició correcta?
- Com heu arribat a aquesta opinió? En què la baseu?
- Quan les persones difereixen en temes com aquest, és perquè algú té la raó i els altres estan equivocats? Hi ha una opinió que sigui pitjor i les altres millors?
- Com és possible que les persones puguin tenir punts de vista tan diferents?
- Què significa per a vosaltres que els experts no es posin d'acord en aquest tema?

4. Argumentació mitjançant la tecnologia per a recolzar la resolució de problemes

“Probablement en l’argumentació és on podem trobar de manera més significativa el pensament i raonament de major nivell que poden desenvolupar la majoria de persones. El pensament argumentatiu forma part de les creences de les persones, dels seus judicis i de les conclusions a què arriben, i apareix en cada decisió important que han de prendre. Així doncs, el pensament argumentatiu es troba al centre del que hauria de valorar-se a l’hora d’examinar com i fins a quin nivell pensen les persones.”

Kuhn (1992, pàg. 156-157).

L’argumentació no és només una habilitat cognitiva essencial; és una cosa endèmica en la nostra cultura. Neil Postman (1995) observa que la Declaració d’Independència es va compondre en forma d’argument. La Constitució també és un argument fundat amb la creença que cada persona hauria de tenir el dret a defensar lliurement la seva postura.

Què és un argument?

Encara que el seu significat quotidià implica un conflicte o confrontació entre persones, un argument intel·lectual consta necessàriament de dues parts: una premissa i una conclusió. Normalment s’expressen en forma de ‘si (com, pel fet que)’ *premissa*, ‘llavors (per tant, per consegüent)’ *solució*. Exemple: “Com en el curs de Biologia demanen més deures que en qualsevol altre, no hauries de fer-lo”. Aquest argument té una presumpció amagada: “l’objectiu de l’estudiant és evitar el treball excessiu”. Pot haver-hi un contraargument que afirmi que “si treballes més, aprendràs més”, seguit de “si en el curs de Biologia aprens més, hauries de fer-lo”, assumint que “l’objectiu de l’estudiant és aprendre al màxim possible”.

Les habilitats d’argumentació inclouen analitzar arguments en un text o en altres entorns d’aprenentatge i també l’habilitat de construir arguments (Marttunen, 1994). Els estudiants preuniversitaris normalment no tenen gaire desenvolupades aquestes dues habilitats. No obstant això, solucionar qualsevol problema exigeix la construcció implícita o explícita d’arguments. En altres paraules, la solució a un problema és un argument, és a dir, solucionar un problema necessita una argumentació. Qualsevol solució a un problema és una conclusió. La qualitat de la solució (conclusió) és una funció de la validesa de les premisses. L’argumentació és un procés en què es fan declaracions (treure conclusions) i es dona una justificació (premisses) i s’aporten proves a les declaracions (Toulmin, 1958). L’argumentació és un tipus essencial de raonament informal fonamental per a l’habilitat intel·lectual que intervé a l’hora de solucionar problemes, fer judicis i prendre decisions, formular idees i creences (Kuhn, 1991). L’argumentació requereix que qui vulgui solucionar un problema identifiqui diverses perspectives alternatives, punts de vista i opinions; que desenvolupi i triï una solució raonable i preferible, i que recolzi la solució amb dades i proves (Voss, Lawrence, i Engle, 1991). L’argumentació és una variable que prediu l’èxit de l’estudiant davant de problemes ben i mal estructurats (Hong, Jonassen i McGee, 2003).

Malgrat la seva importància, la majoria de les persones no són grans expertes en la construcció d’arguments lògics (Cerbin, 1988). Més concretament, no utilitzen advertències per a connectar proves amb les seves afirmacions:

- afirmació = la reducció d’impostos augmentarà els estalvis;
- advertència = propensió marginal al consum;
- proves = reducció d’estalvis l’últim any i increment dels ingressos per vendes.

Però raonar des de les afirmacions fins a les proves és essencial per a resoldre problemes. Bell i Linn (1997) suggereixen que fer conjectures amb advertències, i no amb descripcions, per a recolzar els arguments és un indicatiu que els estudiants estan arribant a conjectures científiques, que els permeten generar millors solucions als problemes.

Com podem facilitar el desenvolupament de les habilitats d'argumentació dels estudiants? Cerbin (1988) proposa una instrucció directa de les habilitats de raonament que es basi en un model explícit d'argumentació. Durant anys, aquest enfocament ha estat el mètode estàndard utilitzat. Diversos investigadors han utilitzat la instrucció directa en l'estructura i la notació de l'argumentació (Knudson, 1991; Sanders, Wiseman i Gass, 1994; Yeh, 1998). No obstant això, els estudis han demostrat resultats inconsistents: la instrucció directa no sempre compleix les expectatives de millora de les habilitats argumentatives. Alguns estudis indiquen que aquest tipus d'instrucció sí que produeix una millora (Sander, Wiseman i Gass, 1994), mentre que altres demostren que no s'arriba a resultats positius en aquest aspecte (Knudson, 1991).

4.1. Tecnologies d'argumentació

Durant l'última dècada, alguns investigadors han desenvolupat eines d'argumentació basades en la tecnologia, que poden utilitzar-se com a entorns aïllats o fixar-se en entorns d'aprenentatge més complexos. Aquestes eines pertanyen a una nova classe d'eines cognitives que es coneixen com a programari de CSCA*. El seu objectiu és donar suport a la construcció d'arguments de l'estudiant, incloent-hi la recerca d'advertències i proves que recolzin les seves afirmacions. Són entorns estructurats per a introduir els estudiants en "jocs de diàleg" (Moore, 2000). Els jocs de diàleg tenen un conjunt de regles per a regular les contribucions dels participants a qualsevol discussió. Les eines CSCA s'usen per a moderar discussions en línia.

* Sigla de *computer-supported collaborative argumentation* o *argumentació col·laborativa assistida per ordinador*.

Els entorns CSCA poden usar-se de manera efectiva per a recolzar la recerca de distintes solucions per a diferents tipus de problemes. És a dir, quan els estudiants col·laboren per solucionar problemes, poden usar entorns CSCA que els ajudin a construir, justificar i debatre les solucions que han triat. Pel fet que els estudiants no són grans experts en argumentació, els entorns de discussió poden dirigir o impulsar formes més argumentatives de discussió. Cho i Jonassen (2002) han demostrat que l'ús de Belvedere (descriu més endavant) per a impulsar la construcció d'arguments de l'estudiant no sols millora substancialment la seva argumentació, sinó també la seva capacitat de solució de problemes ben i mal estructurats. La majoria d'entorns que seran descrits a continuació no poden adaptar-se a les necessitats d'un problema en particular. És a dir, tenen una estructura establerta.

Belvedere, per exemple, té quatre articulacions de conversa predefinides ("hipòtesi", "dades", "principis" e "inespecificacions") i tres enllaços ("a favor", "en contra" i "i") per a

connectar-les. Aquesta estructura genèrica pot enriquir la solució de problemes. Encara no es coneix, no obstant això, quant es podria enriquir amb un conjunt modificable d'articulacions i enllaços. Aquesta última capacitat d'articulacions i enllaços modificables l'ofereix la primera de les eines que descriurem.

A la universitat de Missouri, hem construït un entorn d'argumentació assistida que permet que qualsevol instructor construeixi una estructura de discurs específica per a un camp o problema a fi de restringir el diàleg durant un fòrum de discussió. L'instructor defineix els tipus de missatge que són més adequats per al tema de discussió. En la figura 23, l'instructor ha identificat el primer tipus de missatge, una proposta de solució. Aquest tipus de missatge estaria en el nivell més alt d'una discussió centrada en la solució d'un problema.

Figura 23. Creant tipus de missatge.

Crear un tipus de missatges

Instruccions

Importar una estructura de taula d'una discussió.

Pas 1: Importar estructura

Pas 2: Especificar els formats d'entrada

-o-

Pas 1: Nom del tipus de missatge

Proposta de solució

Pas 2: Descripció

Totes les declaracions de solució haurien de contenir un resum de la solució juntament amb una descripció del que tots els participants hauran de fer perquè la solució funcioni.

Pas 3:

Pas 4: Comprovar els tipus de missatge següents. Si vols editar un tipus de missatge, fes clic a la icona d'edició corresponent.

Tipus	Descripció	Edita
Declaració del problema	Totes les declaracions bones de problemes hauran de contenir una breu descripció de la persona afectada pel problema i una explicació de per què s'hauria de solucionar ara.	

Pas 5: Especificar els formats d'entrada.

Després d'especificar tots els tipus de missatge, l'instructor especifica les relacions entre aquests tipus (vegeu la figura 24). Això es fa comprovant els tipus de missatges permesos per a respondre als altres tipus. En utilitzar l'estructura d'argumentació de Toulmin, aquest instructor ha agrupat els tipus de declaracions que componen un argument en tres nivells (proposta, advertència i proves).

L'instructor envia l'explicació d'un problema, i els estudiants poden respondre només utilitzant declaracions del nivell proposta. L'única declaració disponible en el nivell proposta de la nostra estructura és la "Proposta de solució", i només pot respondre's amb declaracions del nivell advertència. Entre les declaracions del nivell advertència trobem "Raó per a recolzar", "Raó per a refusar" i "Modificar proposta". En comptes de seguir aquest pas, l'instructor també pot seleccionar advertències teòriques o que estiguin basades en lectures o fins i tot postures acceptades. Les declaracions en el nivell advertència només poden respondre's amb declaracions del nivell proves, que (en aquest cas) inclouen "Informació o fets", "Opinió personal o creença", "Experiència personal" i "Descobriments d'investigació". Els tipus de missatge poden canviar-se fàcilment afegint o eliminant-ne alguns.

Figura 24. Definir relacions entre tipus de missatges.

The screenshot shows a window titled "Assignar estructura" with a sub-header "Instruccions". Under "Pas 1:", there is a table with two columns: "Tipus de missatges" and "Respondre missatges".

Tipus de missatges	Respondre missatges
Exposició del problema	<input checked="" type="checkbox"/> El tipus de missatge pot iniciar un discurs. <input type="checkbox"/> Exposició del problema <input checked="" type="checkbox"/> Proposta de solució
Proposta de solució	<input type="checkbox"/> El tipus de missatge pot iniciar un discurs. <input type="checkbox"/> Exposició del problema <input type="checkbox"/> Proposta de solució

Below the table, "Pas 2:" is followed by a button labeled "Crear taula".

Figura 25. Taula de discussió.

The screenshot shows a window titled "Problemes de ciències socials de d'educació secundària". It includes navigation buttons like "Mostra les taules", "[Abandonar]", "[Tancar]", and "[Comprovar ara]". Below, it shows the course name "Problemes de ciències socials de 1r. d'ESO" and a table of messages.

Discurs	Tipus	Enviat per	Data
>> Dones a la feina	Proposta de solució	Doe, Jane	Dj., 6 nov., 2001 5:06:08 AM
Re: Dones a la feina	Modificar proposta	Smith, John	Dm., 6 nov., 2001 12:56:49 PM
Re: Dones a la feina	Modificar proposta	Smith, Jane	Dm., 6 nov., 2001 8:50:31 PM
Justificació del canvi	Opinió personal o creença	Doe, John	JDj., 8 nov., 2001 4:10:49 PM
Re: Dones a la feina	Opinió personal o creença	Doe, Jane	JDm., 6 nov., 2001
>> La història és història i Guerra Freda	Proposta de solució	Doe, Jim	Dm., 6 nov., 2001

El fòrum de discussió s'assembla molt a altres taules de butlletins de discursos (figura 24). Es pot accedir a cada missatge, ordenat jeràrquicament, fent un doble clic. Durant la discussió en línia, els estudiants poden seleccionar l'enllaç "Missatges nous" en el qual ja només tenen l'opció d'enviar la "Proposta de solució". També poden respondre als missatges. Després d'haver triat quin respondre i abans d'escriure'l, l'estudiant ha d'elegir el tipus de missatge que vol enviar. Per exemple, si contesta un tipus de missatge de "Proposta de solució", llavors el primer que ha de fer és escollir un tipus de missatge utilitzant la interfície de la figura 25.

Figura 26. Opcions de resposta a una proposta de solució.

Tipus	Descripció
<input type="radio"/> Raó per a donar suport a la proposta	Un principi o teoria per a donar suport a una solució proposada. En aquest nivell, us heu de centrar en per què la proposta és bona idea. En el nivell de sota (nivell de proves), qualsevol pot aportar proves que recolzin les vostres raons per a donar-li suport.
<input type="radio"/> Raó per a rebutjar la proposta	Un principi o teoria per a rebutjar una solució proposada. És a dir, no voleu aquest treball proposat?, o per què és mala idea? En aquest nivell, us heu de centrar en per què la proposta no és bona idea. En el nivell de sota (nivell de proves), qualsevol pot aportar proves que recolzin les vostres raons per a rebutjar la proposta.
<input type="radio"/> Raó per a modificar la proposta	Aquests missatges han d'intentar arreglar o modificar la proposta. Podeu pensar que és bona però seria millor si es canviés algun aspecte. Suggestiu canvis que recolliríeu i exposeu per què creieu que són canvis raonables. En el nivell de sota (nivell de proves), qualsevol pot aportar proves que recolzin les vostres raons per a canviar la proposta.

Pas 2:

Després d'elegir el tipus de missatge que volen enviar, els estudiants escriuen els seus missatges. Cada missatge s'identifica per tipus de missatge, autor i data (vegeu la figura 26). Hem comprovat aquest entorn en diferents camps i estem portant a terme unes investigacions per a comprovar la seva eficàcia.

Aquest entorn de conversa permet que el professor o dissenyador del curs adapti l'estructura de la discussió per a arribar a satisfer les necessitats concretes de l'activitat. Per exemple, si dissenyéssiu un curs de resolució de dificultats de forma col·laborativa, la taula de discussió s'estructuraria d'acord amb el procés de resolució de dificultats. En el nivell superior, els estudiants podrien decidir quina acció portar a terme. En desenvolupar més aquesta articulació, les articulacions de nivells més baixos exigirien a l'estudiant que enviés hipòtesis, proves per a suggerir l'acció o alguna justificació per a portar-la a terme. En ensenyar als estudiants com defensar-se davant d'un tribunal, es podria impulsar aquesta activitat aportant l'argument en el nivell superior, elaborat per casos precedents, propostes estratègiques o connectades amb altres arguments. No hi ha estudis sobre l'eficàcia de sistemes de conversa específics de cada camp, però és raonable pensar que podran obtenir èxit.

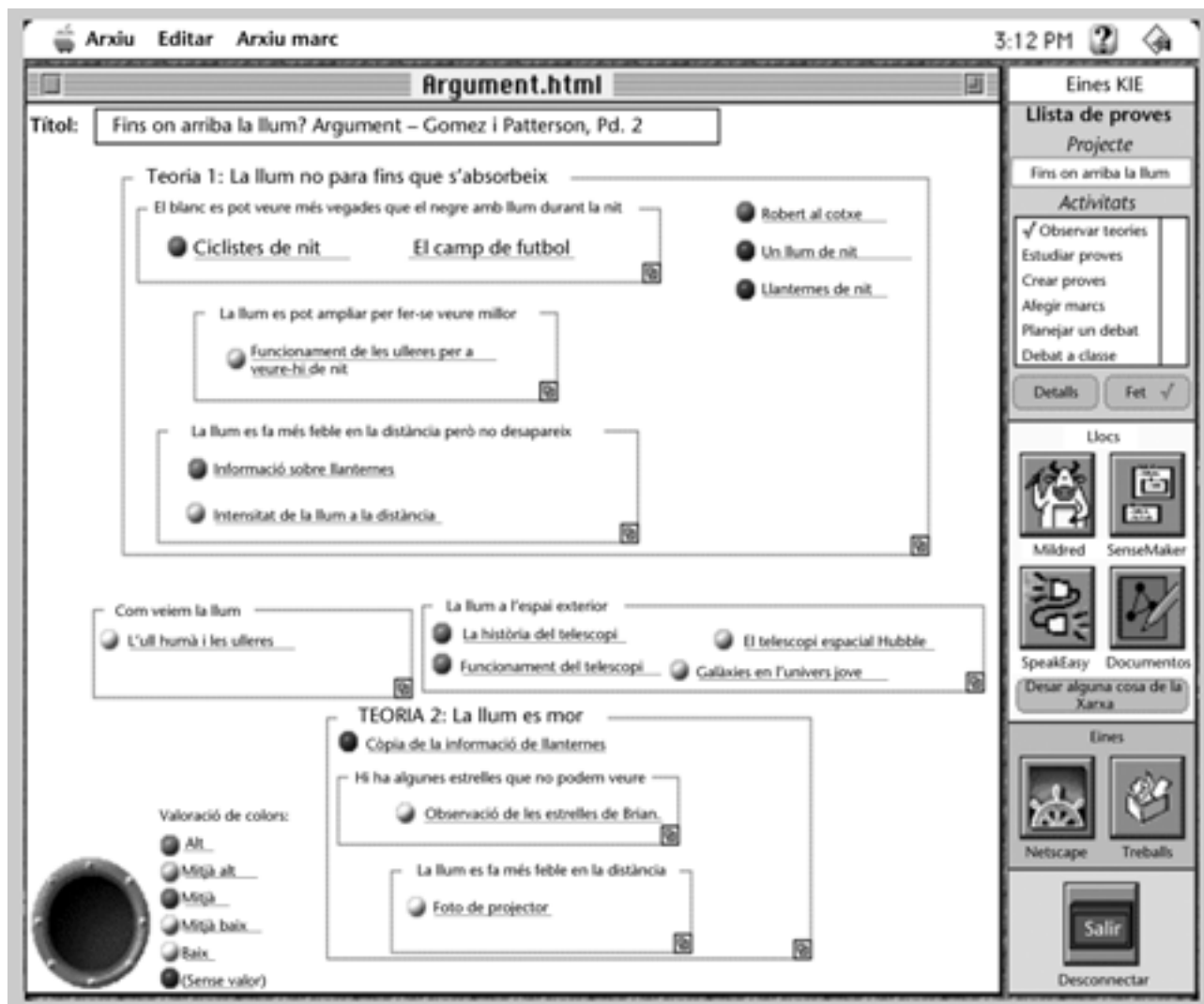
4.1.1. SenseMaker

El SenseMaker forma part d'un entorn d'integració del coneixement, exposat per WISE*, un entorn d'aprenentatge científic en línia gratuït per a estudiants de 4t. de primària fins a secundària. SenseMaker (figura 27) es va dissenyar per

* Sigla de *web-based inquiry science environment*, o entorn d'investigació científica basada en la web.

promoure la teorització dels estudiants, perquè fonamentessin la coordinació teoria-proves i exposessin el seu pensament d'una manera visible durant els debats de classe. Els estudiants agrupen les diferents proves en categories i creen arguments científics associats a un projecte. Mitjançant el programari, treballen amb punts de proves que representen parts individuals de proves a la web i exposen marcs que corresponen a categories conceptuais (grups) per a les proves.

Figura 27. Pantalla de SenseMaker.



4.1.2. Belvedere

Belvedere aporta un marc per a organitzar, exposar i enregistrar el procés d'argumentació, perquè els estudiants puguin desenvolupar el seu argument d'una manera més fàcil i arribar a solucionar un problema mentre treballen amb els altres membres del grup. Concretament, Belvedere ofereix (vegeu la figura 28) quatre articulacions de converses predefinides:

- "hipòtesi",
- "dades",

Belvedere...

... ha estat desenvolupat pel Centre de Desenvolupament i Investigació d'Aprenentatge de la Universitat de Pittsburgh, amb l'objectiu de recolzar els estudiants en la creació d'arguments construïts socialment.

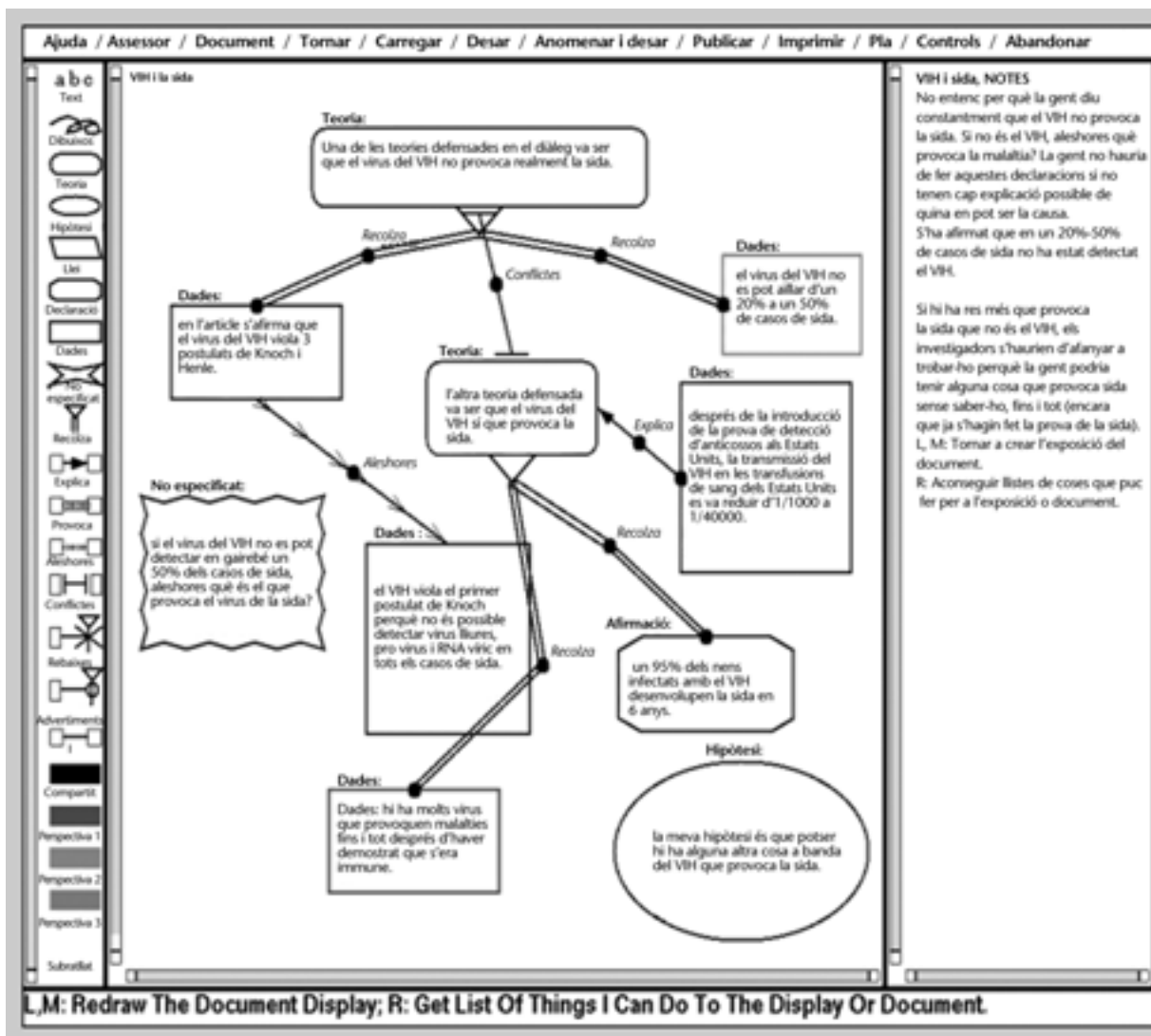
- “principis”
- i “no especificades”

i tres enllaços:

- “a favor”
- “en contra”
- “i”.

Les restriccions d’aquest sistema es determinen a partir dels tipus d’articulacions i els enllaços entre aquestes. Es demana als usuaris que enllacin els seus comentaris a un comentari ja existent utilitzant un dels quatre tipus de missatge. Per exemple, les dades i principis serveixen per a modificar hipòtesis. Els estudiants utilitzen quadres i enllaços predefinits per a desenvolupar els seus arguments durant una sessió de solució de problemes. Poden usar aquesta eina per a organitzar les seves idees i els missatges que van enviar al BBS.

Figura 28. Diagrama fet per estudiants de 4t. d’educació secundària sobre la sida.



4.1.3. Convince Me

Convince Me incorpora eines per a fer diagrames d'una estructura d'argumentació i modificar els arguments i creences de cada persona. En usar-lo, les persones poden:

- a) articular les seves creences sobre una controvèrsia,
- b) categoritzar cada creença en funció de si hi ha proves o són hipotètiques,
- c) connectar les seves creences per recolzar o refusar una tesi,
- d) oferir valoracions per a indicar la credibilitat de les afirmacions i
- e) efectuar una simulació de connexions que aporti *feedback* sobre la coherència dels arguments.

Aquest *feedback* fa que Convince Me sigui una de les eines d'argumentació més importants que existeixen.

Convince Me ha estat usat per a raonar sobre diferents situacions socials, com la interpretació del comportament humà. L'ús de Convince Me ha ajudat als estudiants a estructurar els arguments consistents amb les seves creences (Schank i Renay, 1992), a mesura que anaven canviant les seves estructures d'argumentació el doble de vegades que els estudiants que utilitzaven protocols escrits. Aquests estudiants que usaven Convince Me també empraven més explicacions i contradiccions en els seus arguments.

Convince Me...

... és un programa de "taula de treball per als raonadors" que no depèn de cap camp i que recolza el desenvolupament de l'argumentació i la revisió i ofereix *feedback* sobre la coherència dels arguments en funció de la teoria de la coherència explicativa (Ranney i Schank, en premsa).

Un exemple d'interpretació...

... del comportament humà seria si badallar indica una expressió subconscient d'agressió o simplement una falta d'oxigen, o sobre si hauria de legalitzar-se la marihuana.

Glossari

affordances ('habilitacions') Capacitat de donar suport a l'activitat; característica d'un sistema o un fenomen que permet als animals o humans realitzar activitats concretes.

canvi conceptual *m* modificació en l'organització o estructura de la comprensió conceptual.

càrrega cognitiva *f* Quantitat d'activitat cognitiva (raonament, atenció, memòria, càlcul) que es requereix per desenvolupar diferents activitats.

dilema *m* Problema basat en temes ètics o socials que no pot predir-se perquè no hi ha cap solució que sigui acceptable per a una part important de les persones afectades.

espai del problema *m* Representació mental d'un problema, dels seus components i de les proposicions necessàries per a entendre'l i resoldre'l.

mala categorització *f* Classificació incorrecta de la natura d'un problema.

metacognitiu, -a *m i f* Aprendre a aprendre estratègies que requereixen una consciència individual i la regulació dels processos cognitius utilitzats.

micromon *m* Entorn immersiu, basat en la informàtica, que simula alguns fenòmens del món real i permet que l'estudiant els experimenti.

model conceptual *m* Model visual d'un sistema que il·lustra les interconnexions dels components del model.

model mental *m* Model conceptual construït pels humans per representar la seva comprensió de sistemes, objectes i altres fenòmens.

pertorbació *f* Pensament estimulador sobre una cosa mitjançant l'aportació d'informació conflictiva o perspectives alternatives; dissonància cognitiva.

problemes algorítmics *m pl* Problemes que utilitzen uns procediments finits i rígids amb decisions predites i limitades que normalment exigeixen comprensió numèrica, producció numèrica i càlcul.

problemes d'actuació estratègica *m pl* Problemes que necessiten activitats complexes a temps real, en les quals s'apliquin un determinat nombre d'activitats tàctiques per arribar a una estratègia més complexa i mal estructurada mantenint la consciència situacional.

problemes d'anàlisi de casos *m pl* Problemes complexos, desestructurats i que requereixen situacions multifacètiques.

problemes de disseny *m pl* Problemes que requereixen aplicar molts coneixements dominants juntament amb coneixements estratègics per a produir un disseny original.

problemes de resolució de dificultats *m pl* Problemes en els quals la persona que vol solucionar-los intenta descobrir un estat fals en un sistema (part d'un sistema que no funciona correctament), provocant un conjunt de símptomes que han de diagnosticar-se i concordar amb el coneixement que té l'usuari sobre els diferents estats falsos.

problemes de presa de decisions *m pl* Problemes que requereixen comparar i contrastar els avantatges i inconvenients de solucions alternades per a arribar a prendre una decisió.

problemes lògics *m pl* Proves abstractes de lògica que deixen perplex l'estudiant i que s'usen per a valorar l'agudesia mental, la claredat i el raonament lògic.

problemes desestructurats *m pl* Problemes que poden tenir solucions alternatives, definides de manera imprecisa o objectius que no estan clars i restriccions no declarades; solucions múltiples, vies de solució o cap solució; criteris múltiples per a l'avaluació de solucions.

problemes matemàtics narrats *m pl* Problemes ben estructurats en els quals els valors numèrics necessaris per a solucionar un algorisme estan fixats en una narració breu o situació.

problemes que usen regles *m pl* Problemes dins els quals poden aplicar-se un nombre limitat de regles de diferents camps i de formes diferents.

raonament basat en casos *m* Mètode d'intel·ligència artificial per a representar allò que les persones saben en forma d'històries.

representacions qualitatives *f pl* Mitjans verbals, visuals o no-numèrics per a representar un problema i la seva estructura o tipus.

simulacions cognitives *f pl* Programes informàtics que puguin funcionar i que representin models d'activitats humanes cognitives que "pretenen modelar estructures mentals i processos humans cognitius".

sistema expert *m* Conjunt de fets i regles SI-LLAVORS que semblen experts humans; normalment ajuda els usuaris en tasques que requereixen prendre decisions.

Bibliografia

Bibliografia bàsica

Duffy, T.M.; Cunningham, D. "Constructivism: Implications for the Design and Delivery of Instruction". A: D.H. Jonassen (ed.). *The handbook of research on educational communications and technology*. Nova York: Scholastic.

Jonassen, D.H. (1991). Objectivism vs. constructivism: "Do we need a new philosophical paradigm?". *Educational Technology: Research and Development* (núm. 39).

Jonassen, D.H.; Peck, K.; Wilson, B.G. (1999). *Learning With technology: A constructivist perspective*. Columbus, OH: Merrill-Prentice Hall.

Maturana, H.R. (1980). *Autopoiesis and cognition, the realization of the living*. Boston: Reidel Publishing.

Savery, J.; Duffy, T.M. (1995). "Problem based learning: An instructional model and its constructivist framework". A: B.G. Wilson (ed.). *Designing constructivist learning environments*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.

Schank, R.C. (1986). *Explanation patterns: Understanding mechanically and creatively*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Bibliografia complementària

Adams-Webber, J. (1995). "Constructivist psychology and knowledge elicitation". *Journal of Constructivist Psychology* (vol. 3, núm. 8, pàg. 237-249).

Anzai, Y. (1991). "Learning and use of representations for physics problems". A: K.A. Ericsson, J. Smith (ed.). *Toward a general theory of expertise*. Cambridge: Cambridge University Press.

Bagno, E.; Eylon, B.S.; Ganiel, U. (2000). "From fragmented knowledge to a knowledge structure: Linking the domains of mechanics and electromagnetism". *American Journal of Physics, Supplement* (vol. 7, núm. 68, pàg. S16-S26).

Barab, S.A.; Barnett, M.; Yamagata-Lynch, L.; Squire, K.; Keating, T. (en premsa). "Using activity theory to understand the contradictions characterizing a technology-rich introductory astronomy course". *Mind, Culture, and Activity*.

Barab, S.; Evans, M.A.; Baek E.O. (2004). "Activity Theory As a Lens for Characterizing the Participatory Unit". A: D. Jonassen (ed.). *Handbook of Research for Educational Communications and Technologies* (2.^a ed.) Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Baxter-Magolda, M.B. (1987). "Comparing Open-Ended Interviews and Standardized Measures of Intellectual Development". *Journal of College Student Personne* (núm. 28, pàg. 443-448).

Blessing, S.B.; Ross, B.H. (1996). "Content effects in problem categorization and problem solving". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* (vol. 3, núm. 22, pàg. 792-810).

Bransford, J.; Stein, B.S. (1983). *The IDEAL problem solver: A guide for improving thinking, learning, and creativity*. Nova York: W.H. Freeman.

Briars, D.J.; Larkin, J.H. (1984). "An integrated model of skill in solving elementary word problems". *Cognition and Instruction* (núm. 1, pàg. 245-296).

Carey, S. (1992). "The origin and evolution of everyday concepts". A: R.N. Giere (ed.). *Minnesota Studies in the philosophy of science* (vol. XV: *Cognitive models of science*, pàg. 129-186). Mineapolis, MN: University of Minnesota Press.

Cerbin, B. (1988). *The nature and development of informal reasoning skills in college students* (ERIC Document Reproduction Service, núm. ED 298 805).

Chi, M.T.H. (1992). "Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science". A: R.N. Giere (ed.). *Minnesota Studies in the philosophy of science* (vol. XV: *Cognitive models of science*, pàg. 129-186). Mineapolis, MN: University of Minnesota Press.

Chi, M.T.H.; Feltovich, P.J.; Glaser, R. (1981). "Categorization and representation of physics problems y experts and novices". *Cognitive Science* (núm. 5, pàg. 121-152).

Cho, K.L.; Jonassen, D.H. (2002). "The effects of argumentation scaffolds on argumentation and problem solving". *Educational Technology: Research & Development* (vol. 3, núm. 50, pàg. 5-22).

Confrey, J.; Doerr, H.M. (1994). "Student modelers". *Interactive Learning Environment* (vol. 3, núm. 4, pàg. 199-217).

De Koning, K.; Bredweg, B. (2001). "Exploiting model-based reasoning in educational systems: illuminating the learner modeling problem". A: K.D. Forbus; P.J. Feltovich (ed.). *Smart machines in education* (pàg. 299-3330). Menlo Park, CA: AAAI Press.

Derry, S.J.; Grup d'Investigació TiPS (2001). "Development and Assessment of Tutorials in Problem Solving (TiPS): A Remedial Mathematics Tutor". Final Report to the Office of Naval research (N00014-93-1-0310). Madison, WI: Wisconsin Center for Education Research, University of Wisconsin-Madison.

DiSessa, A.; Abeson, H. (1986). Boxer: A reconstructible computational medium. *Communications of the ACM* (núm. 29, pàg. 859-868).

Dole, J.A.; Sinatra, G.M. (1998). "Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge". *Educational Psychologist* (núm. 33, pàg. 109-128).

Dunkle, M.E.; Schraw, G.; Bendixen, L.D. (1995, abril). "Cognitive processes in well-defined and ill-defined problem solving". Article presentat a la reunió anual de l'American Educational Research Association. San Francisco: CA.

Edmundson, K.M. (2000). "Assessing science understanding through concept maps". A: J.J. Mintzes, J.H. Wandersee, J.D. Novak (ed.). *Assessing science understanding: A human constructivist view* (pàg. 19-40). San Diego: Academic Press.

Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki, Finlandia: Orienta-Konultit.

Ferguson, W.; Bareiss, R.; Birnbaum, L.; Osgood, R. (1991). "ASK Systems: An Approach to the Realization of Story-Based Teachers". *The Journal of the Learning Sciences* (vol. 1, núm 2, pàg. 95-134).

Fisher, K.M. (2000). "SemNet software as an assessment tool". A: J.J. Mintzes, J.H. Wandersee, J.D. Novak (ed.). *Assessing science understanding: A human constructivist view* (pàg. 198-223). San Diego: Academic Press.

Frederiksen, J.R.; White, B.Y. (1998). "Teaching and learning generic modeling and reasoning skills". *Journal of Interactive Learning Environment* (núm. 55, pàg. 33-51).

Gentner, D.; Stevens, A.L. (1983). *Mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Grabinger, R.S. (1996). "Rich environments for active learning". A: D.H. Jonassen (ed.). *Handbook of research for educational communications and technology*. Nova York: Macmillan.

Hannafin, M.J.; Hall, C.; Land, S.; Hill, J. (1994). "Learning in open-ended learning environments: Assumptions, methods, and implications". *Educational Technology* (vol. 8, núm. 34, pàg. 48-55).

Hayes, J.R.; Simon, H.A. (1977). "Psychological differences among problem isomorphs". A: N.J. Castellan, D.B. Pisoni, G.R. Potts (ed.). *Cognitive theory* (pàg. 21-41). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Hernandez-Serrano, J.; Jonassen, D.H. (2003). "The effects of case libraries on problem solving". *Journal of Computer-Assisted Learning*.

- Hestenes, D.** (1987). "Toward a modeling theory of physics instruction". *American Journal of Physics* (núm. 55, pàg. 44-454).
- Hogan, K.; Fisherkeller, J.** (2000). "Dialogue as data: Assessing students' scientific reasoning with interactive protocols". A: J.J. Mintzes, J.H. Wandersee, J.D. Novak (ed.). *Assessing science understanding: A human constructivist view* (pàg. 96-129). San Diego: Academic Press.
- Hong, N.S.; Jonassen, D.H.; McGee, S.** (2003). "Predictors of well-structured and ill-structured problem solving in an astronomy simulation". *Journal of Research in Science Teaching*.
- Johnson-Laird, P.N.** (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Jonassen, D.H.** (1987). "Verifying a method for assessing cognitive structure using pattern notes". *Journal of Research and Development in Education* (vol. 3, núm. 20, pàg. 1-14).
- Jonassen, D.H.** (1997). "Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes". *Educational Technology: Research and Development* (vol. 1, núm. 45, pàg. 65-95).
- Jonassen, D.H.** (2000). *Computers as Mindtools for schools: Engaging critical thinking*. Columbus, OH: Merrill/Prentice-Hall.
- Jonassen, D.H.** (2003). "Using cognitive tools to represent problems". *Journal of Research on Technology in Education*.
- Jonassen, D.H.; Beissner, K.; Yacci, M.A.** (1993). *Structural knowledge: Techniques for representing, conveying, and acquiring structural knowledge*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Jonassen, D.H.; Henning, P.** (1999). "Mental models: Knowledge in the head and knowledge in the world". *Educational Technology* (vol. 3, núm. 39, pàg. 37-42).
- Jonassen, D.H.; Hernandez-Serrano, J.** (2002). "Case-based reasoning and instructional design: Using stories to support problem solving". *Educational Technology: Research and Development* (vol. 2, núm. 50, pàg. 65-77).
- Jonassen, D.H.; Kwon, H.I.** (2001). "Communication patterns in computer-mediated vs. face-to-face group problem solving". *Educational Technology: Research and Development*.
- Jonassen, D.H.; Marra, R.M.; Palmer, B.** (en premsa). "Epistemological development: An implicit entailment of constructivist learning environments". A: S. Dijkstra, N. Seel (ed.). *Instructional design: International perspectives* (vol. 3). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Jonassen, D.; Previs, T.; Christy, D.; Stavurlaki, E.** (1999). "Learning to solve problems on the Web: Aggregate planning in a business management course". *Distance Education: An International Journal* (vol. 1, núm. 20, pàg. 49-63).
- Jonassen, D.H.; Tessmer, M.** (1996/1997). An outcomes-based taxonomy for instructional systems design, evaluation, and research. *Training Research Journal* (núm. 2, pàg. 11-46).
- Jonassen, D.H.; Wang, S.** (en premsa). "Using expert systems to build cognitive simulations". *Journal of Educational Computing Research*.
- Kieras, D.E.** (1990). "The role of cognitive simulation models in the development of advanced training and testing systems". A: N. Frederiksen; R. Glaser; A. Lesgold; M. Shafto (eds.). *Diagnostic monitoring of skill and knowledge acquisition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kolodner, J.** (1993). *Case-based reasoning*. Nova York: Morgan Kaufman.
- Knudson, R.E.** (1991). "Effects of instructional strategies, grade and sex on students' persuasive writing". *Journal of Experimental Education* (vol. 2, núm. 59, pàg. 141-152).
- Kraiger, K.; Salas, E.** (1993, abril). "Measuring mental models to assess learning during training". Article presentat a la reunió anual de la Society for Industrial/Organizational Psychology. San Francisco, CA.
- Land, S.M. y Hannafin, M.J.** (1996). "A conceptual framework for the development of theories-in-action with open-ended learning environments". *Educational Technology Research & Development* (vol. 3, núm. 44, pàg. 37-53).

- Larkin, J.H.** (1983). "The role of problem representation in physics". A: D. Gentner; A.L. Stevens (eds.). *Mental models* (pàg. 75-98). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lehrer, R.; Schauble, L.** (2000). "Modeling in mathematics and science". A: R. Glaser (Ed.) *Advances in instructional psychology: volume 5. Educational design and cognitive science* (pàg. 101-159). Nova Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Lester, J.C.; Stone, B.A.; Steling, G.D.** (1999). "Lifelike pedagogical agents for mixed-initiative problem solving in constructivist learning environments". *User Modeling and User-Adapted Interaction* (núm. 9, pàg. 1-44).
- Lippert, R.C.** (1988). "An expert system shell to teach problem solving". *Tech Trends* (vol. 2, núm. 33, pàg. 22-26).
- Luque, M.L.** (2003). "The role of domain-specific knowledge in intentional conceptual change". A: G.M. Sinatra; P.R. Pintrich (ed.). *Intentional conceptual change*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum associates.
- Marshall, S.P.** (1995). *Schemas in problem solving*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R.E.** (1982). "Memory for algebra story problems". *Journal of Educational Psychology* (núm. 74, pàg. 199-216).
- Mayer, R.E.** (1992). *Thinking, problem solving, cognition* (2.^a ed.). Nova York: Freeman.
- Mayer, R.E.; Wittrock, M.C.** (1996). "Problem-solving transfer". In *Handbook of educational psychology* (pàg. 47-62). Nova York: Macmillan.
- Mayer, R.E.; Larkin, J.H.; Kadane, J.B.** (1984). "A cognitive analysis of mathematical problem solving ability". A: R. Sternberg (ed.). *Advances in the psychology of human intelligence*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- McCloskey, M.; Caramaza, A.; Basili, A.** (1985). "Cognitive mechanisms in number processing and calculation: Evidence from dyscalculia". *Brain and Cognition* (núm. 4, pàg. 171-196).
- McGuinness, C.** (1986). "Problem representation: The effects of spatial arrays". *Memory & Cognition* (vol. 3, núm. 14, pàg. 270-280).
- Mellar, H.; Bliss, J.; Boohan, R.; Ogborn, J.; Tompsett, C.** (1994). *Learning with artificial worlds: Computer-based modeling in the curriculum*. Londres: Falmer Press.
- Moore, D.** (2000). "A framework for using multimedia within argumentation systems". *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia* (vol. 2, núm. 9, pàg. 83-98).
- Nathan, M.J.** (1998). "Knowledge and situational feedback in a learning environment for algebra story problem solving". *Interactive Learning Environments* (núm. 5, pàg. 135-139).
- Nathan M.J.; Kintsch, W.; Young, E.** (1992). "A theory of algebra-word-problem comprehension and its implications for the design of learning environments". *Cognition and Instruction* (núm. 9, pàg. 329-389).
- Newell, A.; Simon, H.** (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Novak, G.M.; Patterson, E.T.; Gavrin, A.D.; Christianson, W.** (1999). *Just-in-time teaching: Blending active learning with web technology*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Novick, L.R.** (1988). "Analogical transfer, problem similarity, and expertise". *Journal of Experimental Psychology* (núm. 14, pàg. 510-520).
- Penner, D.E.; Giles, N.D.; Lhrer, R.; Schauble, L.** (1997). "Buildig functional models: designing and elbow". *Journal of Research in Science Teaching* (vol. 2, núm. 34, pàg. 125-143).
- Ploetzner, R.; Fehse, E.; Kneser, C.; Spada, H.** (1999). "Learning to relate qualitative and quantitative problem representations in a model-based setting for collaborative problem solving". *Journal of the Learning Sciences* (vol. 2, núm. 8, pàg. 177-214).
- Ploetzner, R.; Spada, H.** (1998). "Constructing quantitative problem representations on the basis of qualitative reasoning". *Interactive Learning Environments* (núm. 5, pàg. 95-107).

- Ranney, M.; Schank, P.** (en premsa). "Modeling, observing, and promoting the explanatory coherence of social reasoning". A: S. Read, L. Miller (ed.). *Connectionist and PDP models of social reasoning*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Reed, S.K.; Willis, D.; Guarino, J.** (1994). "Selecting examples from solving word problems". *Journal of Educational Psychology* (núm. 86, pàg. 380-388).
- Reed, S.K.; Ernst, G.W.; Banerji, R.** (1974). "The role of analogy in transfer between similar problem states". *Cognitive Psychology* (núm. 6, pàg. 436-450).
- Reusser, K.** (1993). "Tutoring systems and pedagogical theory: representational tools for understanding, planning, and reflection in problem solving". A: S.P. Lajoie, S.J. Derry (ed.). *Computers as cognitive tools* (pàg. 143-178). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Riley, M.S.; Greeno, J.G.** (1988). "Developmental analysis of understanding language about quantities in solving problems". *Cognition and Instruction* (vol. 1, núm. 5, pàg. 49-101).
- Rips, L.J.** (1986). "Mental muddles". A: M. Brand, R.M. Harnish (ed.). *The representation of knowledge and beliefs* (pàg. 258-286). Tucson, AZ: University of Arizona Press.
- Roth, E.M.; Woods, D.D.; Pople, H.E.** (1992). "Cognitive Simulation as a Tool for Cognitive Task Analysis". *Ergonomics* (núm. 35, pàg. 1163-1198).
- Salomon, G.; Perkins, D.N.; Globerson, T.** (1991). "Partners in Cognition: Extending Human Intelligence with Intelligent Technologies". *Educational Researcher* (vol. 3, núm. 20, pàg. 2-9).
- Sanders, J.A.; Wiseman, R.L.; Gass, R.H.** (1994). "Does teaching argumentation facilitate critical thinking?". *Communication Reports* (vol. 1, núm. 7, pàg. 27-35).
- Schacter, J.; Chung, G.K.W.K.; Door, A.** (1998). "Children's Internet searching on complex problems: Performance and process analyses". *Journal of the American Society for Information Science* (núm. 49, pàg. 840-849).
- Schank, R.C.** (1990). *Tell me a story: Narrative and intelligence*. Evanston, IL: Northwestern University Press.
- Schank, R.C.** (1994). "Goal-based scenarios". A: R.C. Schank; E. Langer (ed.). *Beliefs, reasoning, and decision making: Psycho-logic in honor of Bob Abelson*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Schank, R.C.; Fano, A.; Bell, B.; Jona, M.** (1993-1994). "The design of goal-based scenarios". *The Journal of the Learning Sciences* (vol. 4, núm. 3, pàg. 305-345).
- Schnotz, W.; Vosniadou, S.; Carreter** (1999). *New perspectives in conceptual change*. Amsterdam: Pergamon.
- Schwartz, J.L.; Yerulshalmy, M.** (1987). "The geometric supposer: Using microcomputers to restore invention to the learning of mathematics". A: D. Perkins, J. Lockhead, J.C. Bishop (ed.). *Thinking: The second international conference* (pàg. 525-536). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schwarz, C.V.; White, B.Y.** (en premsa). "Developing a model-centered approach to science education". *Journal of Research in Science Teaching*.
- Shavelson, R.J.** (1972). "Some aspects of the correspondence between content structure and cognitive structure in physics instruction". *Journal of Educational Psychology* (núm. 63, pàg. 225-234).
- Siegler, R.S.** (1996). *Emerging minds: The process of change in children's thinking*. Nova York: Oxford University Press.
- Silver, E.A.** (1981). Recall of mathematical problem information: Solving related problems. *Journal of Research in Mathematics Education* (núm. 12, pàg. 54-64).
- Simon, D.P.** (1978). "Information processing theory of human problem solving". A: D. Estes (ed.). *Handbook of learning and cognitive process*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Smith, M.U.** (1991). A view from biology. A M.U. Smith (ed.). *Toward a unified theory of problem solving*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Smith, J.P.; di Sessa, A.A.; Roschelle, J. (1993). "Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition". *Journal of Learning Sciences* (núm. 3, pàg. 115-163).

Spiro, R.J.; Jehng, J.C. (1990). "Cognitive flexibility and hypertext: Theory and technology for the non-linear and multi-dimensional traversal of complex subject matter". A: D. Nix, R.J. Spiro (ed.). *Cognition, education, and multimedia: Explorations in high technology*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Sternberg, R.J.; Frensch, P.A. (ed.) (1991). *Complex problem solving: Principles and mechanisms*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Strike, K.A.; Posner, G.J. (1985). "A conceptual change view of learning and understanding". A: L.H.T. West, A.L. Pines (ed.). *Cognitive structure and conceptual change* (pàg. 211-231). Nova York: Academic.

Taylor, H.A.; Tversky, B. (1992). "Spatial mental models derived from survey and route descriptions". *Journal of Memory and Language* (núm. 31, pàg. 261-292).

Thagard, P. (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Veer, G.C. van der (1989). "Individual differences and the user interface". *Ergonomics* (vol. 11, núm. 32, pàg. 1431-1449).

Vosniadou, S. (1992). "Knowledge acquisition and conceptual change". *Applied Psychology: An International Review* (vol. 4, núm. 41, pàg. 347-357).

Voss, J.F.; Post, T.A. (1989). "On the solving of ill-structured problems". A: M.T.H. Chi, R. Glaser, M.J. Farr (ed.). *The nature of expertise*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Voss, J.F.; Wolfe, C.R.; Lawrence, J.A.; Engle, J.A. (1991). "From representation to decision: An analysis of problem solving in international relations". A: R.J. Sternberg, P.A. Frensch (ed.). *Complex problem solving: Principles and mechanisms* (pàg. 119-158). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

White, B. (1993a). "ThinkerTools: Causal models, conceptual change, and science education". *Cognition and Instruction* (vol. 1, núm. 10, pàg. 1-100).

Wittgenstein, L. (1922). *Tractatus logico-philosophicus*. Londres: Routledge.

Woods, D.R.; Hrymak, A.N.; Marshall, R.R.; Wood, P.E.; Crowe; Hoffman, T.W.; Wright, J.D.; Taylor, P.A.; Woodhouse, K.A.; Bouchard, C.G.K. (1997). "Developing problem-solving skills: the McMaster problem solving program". *Journal of Engineering Education* (vol. 2, núm. 86, pàg. 75-92).

