

EXAO: l'ordinador al laboratori

Jaume Aranda i Ferran Ruiz *

**Gabinet d'Informàtica Educativa. Departament d'Ensenyament
de la Generalitat de Catalunya**

Informàtica i ciència experimental

Les capacitats de tractament i de comunicació d'informació de la tecnologia informàtica constitueixen la base instrumental i metodològica de les seves múltiples activitats educatives.

En el camp de les ciències experimentals, una de les aplicacions més interessants és la representació per ordinador d'un sistema mitjançant un model teòric del seu funcionament, metodologia coneguda amb el nom de simulació. Les simulacions per ordinador constitueixen representacions aproximades de la realitat que permeten concentrar l'atenció de l'alumne en determinats aspectes del fenomen o sistema objecte d'estudi, mitjançant mecanismes d'interacció i de presentació destinats a realitzar i contrastar hipòtesis sobre el funcionament del model manipulant variables, i a observar com respon el model en cada circumstància. A l'ensenyament secundari de la física i la química la simulació és especialment aplicable per l'existència de models matemàtics més o menys simplificats dels fenòmens objecte d'estudi.

Un altre àmbit d'aplicació de la informàtica a l'ensenyament de les ciències experimentals, estretament lligat a la concepció més genuïna d'ordinador (dispositiu per controlar senyals elèctrics que representen informació), és el del tractament de senyals elèctrics que representen variables de processos experimentals. La investigació experimental utilitza actualment l'ordinador tant per a l'anàlisi i el tractament de dades com per al mateix procés de presa i presentació d'aquestes.

L'ordinador, convertit progressivament en un element habitual a l'entorn de l'alumne, especialment pel que fa a les aplicacions de processament de textos, bases de dades i expressió gràfica, pot integrar-se perfectament en el repertori instrumental i conceptual de les ciències experimentals i del treball de laboratori a l'ensenyament

secundari, sense que això signifiqui l'eliminació de les experiències més simples i habituals.

L'alumne que s'inicia en el mètode experimental cal que comenci manipulant i comprenent els dispositius més simples de mesura (cintes mètriques, balances, termòmetres i voltímetres entre d'altres). És convenient que faci el procés de mesura directa de manera que aprengui de les limitacions i errors que aquest procés comporta i que adquireixi una certa habilitat en la representació gràfica i l'anàlisi quantitativa dels resultats experimentals (escollir una escala, dibuixar una línia que s'ajusti suaument als punts obtinguts, etc.).

La introducció de la informàtica al laboratori ha de ser progressiva de manera que, inicialment, l'alumne vegi l'ordinador com una màquina que posa al seu abast dades experimentals, que ell mateix pot tractar i modelitzar amb o sense ordinador. Posteriorment pot anar comprenent que l'ordinador és capaç de fer ràpidament allò mateix que ell faria de manera més lenta, i que és insubstituïble quan es tracta d'estudiar fenòmens de variació ràpida. Així, en un procés progressiu, la utilitat i importància de l'ordinador en la investigació actual es pot fer evident en el marc del treball al laboratori de ciències experimentals.

L'experimentació assistida per ordinador a l'ensenyament secundari

En el marc de les actuacions adreçades a la integració curricular dels mitjans informàtics, el Programa d'Informàtica Educativa del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya realitza des del curs 1988/89 un seguit d'activitats destinades a la incorporació de l'ordinador i les metodologies informàtiques en els laboratoris de ciències experimentals.

Posar a disposició dels centres d'ensenyament eines i recursos de tecnologia de la informació en aquest àmbit, denominat genèricament "experimentació assistida per ordinador" (EXAO), comporta activitats en diverses línies:

- i) determinació dels elements hardware interns del microordinador per al processament dels senyals procedents de dispositius externs;

* **Jaume Aranda** (Barcelona, 1948) és doctor en Física per la Universitat de Barcelona (1981) i catedràtic de Física i Química de l'Institut "Joan d'Àustria". Actualment és en comissió de serveis al Programa d'Informàtica Educativa (PIE). **Ferran Ruiz** (Mataró, 1950) és llicenciat en Física per la Universitat de Barcelona (1973) i catedràtic de Matemàtiques de l'Institut de Premià de Mar. Des de 1986 és cap del Gabinet d'Informàtica Educativa del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya.

- ii) disseny, fabricació i avaluació d'interfícies externes als quals s'acoblen sensors externs;
- iii) determinació de sensors apropiats al treball experimental en l'ensenyament secundari;
- iv) disseny, elaboració, avaluació i documentació del software d'adquisició i processament de dades;
- v) elaboració de propostes de pràctiques i experimentació d'aquestes als laboratoris, amb la participació de professors de física i química

Aquestes línies paral·leles i interrelacionades d'activitat es porten a terme amb caràcter experimental, amb la finalitat de produir i posar a disposició dels ensenyants durant el curs 1991/1992 un conjunt complet d'eines d'EXAO. Actualment una vintena d'Instituts de Batxillerat i de Formació Professional participen en aquesta experimentació coordinats pel Programa d'Informàtica Educativa, el qual realitza les activitats de disseny, desenvolupament, avaluació i documentació abans indicades.

L'element bàsic i comú a totes les modalitats d'EXAO és una interfície encarregada del mostreig i la presa de dades així com de la corresponent conversió analògic/digital. La interfície escollida és la placa PCLAB 712 que es connecta al bus de l'ordinador. Aquesta placa permet la presa de dades a una velocitat que pot arribar a 30 kHz, té una resolució de 12 bits i admet una tensió d'entrada entre -5V i +5V.

Per atendre la gran diversitat de situacions experimentals i de temes d'estudi, el treball de desenvolupament d'eines per a l'experimentació assistida per ordinador es concreta en mòduls d'EXAO, coneguts provisionalment amb els noms EXAO1, EXAO2 i EXAO3. Les diferències entre ells són, d'una banda, el conjunt de programes que gestionen el mostreig i la posterior elaboració de les dades recollides i, de l'altra, les característiques dels dispositius externs que es connecten a la interfície.

EXAO1

El seu objectiu és l'estudi de fenòmens físics i químics i biològics que depenen del temps i està format per un conjunt de dispositius externs i diversos programes.

Els dispositius externs estan constituïts per una placa, anomenada placa de sensors, i un conjunt de dotze sensors, dos de cadascun dels tipus següents: micròfons, fotodíodes, bobines, sensors de temperatura (TNC), sensors Hall i sensors Hall amb imant permanent.

La placa de sensors disposa de diverses entrades on es connecten els diferents sensors, i d'un conjunt de circuits que tenen com a missió amplificar i anivellar els senyals procedents dels sensors d'acord amb uns valors que, en general, l'usuari pot escollir sense ultrapassar els valors màxims de treball de la interfície.

Les bobines permeten l'estudi de fenòmens que comporten la variació d'un camp magnètic (inducció, imants en moviment). Els sensors Hall permeten la detecció i mesura relativa de camps magnètics estàtics i s'usen en experiències de cinemàtica per determinar la posició i la velocitat del mòbil (en el qual es fixen dos petits imants). Els sensors Hall amb imant permanent permeten la detecció d'objectes ferromagnètics i també són usats en cinemàtica per a l'estudi de mòbils d'aquesta naturalesa (per exemple, boles d'acer rodolant per una guia).

El software del mòdul EXAO1 consta dels programes SENSORS, FOURIER2 i PENDOL4¹

SENSORS és el programa d'abast més general. Permet predeterminar el sensor o sensors amb què es treballarà, el nombre de mesures que es faran (entre 640 i 20480), la velocitat a la qual es realitzen les mesures (entre 1 i 20000 mesures per segon) i el valor a partir del qual començarà el procés de mostreig. El programa pot gestionar simultàniament dos sensors. Així mateix, SENSORS fa la representació gràfica de les mesures en format CGA. Els gràfics són sempre tensió-temps i els valors de la tensió es troben entre -3.5V i +5V. Un menú permet d'escollir entre la realització de mesures sobre pantalla (determinació d'interval·ls de temps i de tensions i, si s'escau, de freqüències), l'arxiu de la imatge o dels valors numèrics corresponents o la impressió de la pantalla.

FOURIER2 és un programa específic per a l'anàlisi del so. Permet la determinació ràpida d'una cinquantena d'harmònics, els quals presenta per pantalla en forma d'espectrograma. És especialment útil per il·lustrar el concepte de timbre, per a l'anàlisi de pulsacions i harmònics en tubs i cordes o per a l'estudi de l'evolució del timbre en una nota musical.

PENDOL4 està pensat per tractar específicament fenòmens vibratori amb els sensors Hall o amb bobines. Amb aquest programa es pot realitzar una sèrie d'experiments i recollir-ne dades que poden ser arxivades juntament amb els paràmetres característics de cada experiment (massa, longitud). D'aquesta manera es pot determinar, per exemple, la relació entre període o freqüència d'un moviment oscil·latori i la massa o longitud de l'objecte vibrant.

EXAO2

L'objectiu del mòdul EXAO2 és l'anàlisi de moviments rectilinis a fi d'obtenir l'equació de moviment corresponent i, per tant, la determinació de la velocitat i l'acceleració al llarg del temps. Aquest mòdul²

¹L'elaboració dels programes i el disseny de la placa de sensors són d'Adolf Cortel, catedràtic de l'Institut de Batxillerat "El Cairat" d'Esparreguera.

²Actualment en fase d'elaboració del prototip, segons disseny d'en Xavier Granados, catedràtic de l'Institut de Batxillerat "Carles Riba" de Barcelona.

consta essencialment d'un sistema d'emissió-recepció d'ultrasons que genera senyals d'acord amb la posició del mòbil, senyals que recull la interfície i que seran tractats per un programa adient. Es preveu que amb aquest sistema es puguin discriminar posicions separades uns 3 mm de manera que es pugui obtenir una informació molt detallada del moviment.

EXAO3

La finalitat d'aquest mòdul³ és l'anàlisi d'algunes situacions relatives a electricitat i electrònica. Amb EXAO3 es pot obtenir les característiques d'elements dipolars i tripolars (díodes, resistències, condensadors, transistors). També permet l'obtenció de les corbes $v(t)$ i $i(t)$ en els diferents elements d'un circuit altern RLC a fi d'estudiar les corresponents relacions entre amplituds i fases. El dispositiu extern d'EXAO3 és una placa amb les entrades per connectar els diferents elements que s'estudien i amb un circuit oscil·lador que genera un senyal quadrat per a l'estudi del procés de càrrega i descàrrega de condensadors.

Perspectives de l'EXAO

Amb el desenvolupament d'aquests mòduls, els centres d'ensenyament secundari disposaran d'eines potents i adaptades a les seves necessitats que els permetran introduir de forma sistemàtica les tècniques d'experimentació assistida per ordinador en l'ensenyament de la física, de forma que l'ordinador es converteixi en un instrument habitual del treball de laboratori i d'interpretació i modelització de les dades experimentals.

Els mòduls descrits no són definitius, ja que l'experimentació en situacions d'ensenyament reals ha permès determinar millores que són en fase d'implementació. Així, una realització que es troba en una fase molt avançada consisteix en una millora molt notable de les prestacions d'EXAO1 i d'EXAO3. La nova versió d'aquests mòduls d'EXAO disposarà de programes basats en la presentació en pantalles VGA color i monitor d'alta resolució, i la interacció mitjançant el ratolí.

Les prestacions instrumentals dels programes s'incrementaran, permetent la gestió simultània de quatre sensors, la possibilitat d'escollir i amplificar una part del senyal gràfic obtingut, la mesura de temps, tensions i freqüències de manera ràpida mitjançant el ratolí, l'obtenció de la funció derivada i de la derivada en un punt, la determinació de la integral definida entre dos punts i la representació dels valors d'un sensor respecte als d'un altre. També disposaran d'una calculadora d'expressions i de funcions i permetran d'obtenir una línia de regressió per a un conjunt de valors experimentals. L'anàlisi de Fourier quedarà totalment auto-

matitzat, sense necessitat d'una determinació prèvia del període, i es podrà obtenir un gràfic tridimensional que mostri l'evolució de l'espectre de Fourier en el temps. El programes nous també tenen la possibilitat d'una presa de dades comandada directament per l'usuari, molt adequada per a fenòmens que no depenen del temps sinó d'un paràmetre extern controlable (distància, volum).

En les noves modalitats d'EXAO1 i d'EXAO3 la placa de sensors també quedarà també millorada. En particular, s'ha previst la possibilitat de filtratge dels senyals d'entrada per mitjà de condensadors, una millora del circuit corresponent al fotodíode i un control de l'amplificació de manera que l'usuari pugui conèixer el valor real de la tensió d'entrada corresponent. També es canviarà el sensor de temperatura a fi que tingui una inèrcia tèrmica molt petita.

A mig termini es preveu de posar a punt l'EXAO2 que, com s'ha indicat, es troba en fase de prototip. A més llarg termini hi ha el projecte d'implementar a l'EXAO1 un pHmetre i un sistema per determinar la distribució de camps elèctrics i magnètics en dues dimensions.

En resum, el desenvolupament dels tres mòduls d'EXAO indicats, la implementació de millores operatives i de processament, la realització de seminaris i de formació específica i la participació del professorat en el disseny de pràctiques i activitats experimentals, conjuntament amb el suport continuat en aquest àmbit del Programa d'Informàtica Educativa del Departament d'Ensenyament, permetran configurar una nova situació en la qual el treball de laboratori guanyi en efectivitat i flexibilitat i conduïxi a una millora i a una modernització de l'educació científica dels alumnes d'ensenyament secundari.

³El seu autor és Adolf Cortel