

TRANSFORMACIÓ D'UNS APUNTS TRADICIONALS EN UN WEB HIPERTEXTUAL D'ACÚSTICA

A. Pejuan ¹, V. López ², X. Bohigas ¹, X. Jaén ¹, C. Periago ¹
¹Grup de recerca GIEF, Universitat Politècnica de Catalunya
²Grup de recerca CRECIM, Universitat Autònoma de Barcelona
[.pejuan@upc.edu](mailto:pejuan@upc.edu)

RESUM

Des de fa quatre anys venim donant una assignatura semi-presencial d'acústica basada en un lloc web específic, que de primer intentava ser uns "apunts de classe", lògicament, amb il·lustracions (estàtiques) en color i dividits convenientment en pàgines web per temes. Després, aquest lloc web s'ha anat transformant progressivament amb el doble objectiu de facilitar una millora de l'eficiència i de permetre un aprenentatge cada cop més no presencial.

D'aquesta manera aquesta progressiva transformació ha desembocat en un entorn hipertextual, procurant incorporar les característiques orientades al doble objectiu esmentat. Això s'ha fet aplicant principis teòrics sobre els hipertextos presents a la bibliografia i desenvolupats per nosaltres mateixos, que ha portat a la transformació d'un text lineal tradicional a un hipertext.

Aquí exposem aquest desenvolupament, tenint com a objectiu la seva aplicació concreta al nostre entorn d'aprenentatge de l'acústica. Amb el mateix objectiu i sobre la base de la resposta dels estudiants, analitzem els problemes que han sorgit en aquesta transformació, traient-ne conseqüències que permetin una millora d'aquest i dels entorns hipertextuals en general.

PARAULES CLAU: hipertext, aprenentatge no presencial, web, acústica.

ABSTRACT

Since four years, we lecture in a semi-presential elective subject on acoustics, based on a specific web site, which at first was intended as "class notes" with (static) illustrations in color and with a convenient division into web pages by items. Afterwards, this web site has been progressively transformed with the double objective of allowing to improve the efficiency of the learning effort, as well as a more and more non-presential learning.

So, this progressive transformation has led to a hypertextual environment, where we have tried to incorporate the features aimed to the double objective mentioned. To this aim, we applied the theoretical principles found in the literature and developed by ourselves on hypertexts, resulting in the transformation of a traditional linear text into a hypertext.

Here, we report this development, our objective being its specific application to our learning environment on acoustics. Based on the students' feedback and also with the same objective, the problems arisen in this transformation are analyzed and consequences are drawn which should allow to improve this particular hypertextual environment as well as hypertextual environments in general.

KEYWORDS: hypertext, non-presential learning, web, acoustics.

INTRODUCCIÓ

En el curs 1997-98 es va iniciar una assignatura presencial de lliure elecció d'introducció a l'acústica sobre la base de manuals de text adequats [1, 2, 3], resumits en uns tradicionals apunts de classe.

Seguint l'evolució de les tècniques d'ensenyament-aprenentatge i la seva demanda per part d'estudiants i de la nostra universitat, el curs 2005-2006 es va remodelar aquesta assignatura en un format semipresencial, sobre la base d'uns "apunts de classe" en forma de lloc web.

Amb el temps aquest lloc web s'ha anat transformant progressivament amb el doble objectiu de facilitar una millora de l'eficiència i de permetre un aprenentatge cada cop menys presencial.

Una primera transformació important ha estat la introducció de recursos multimèdia. En una segona transformació, s'ha remodelat l'estructura bàsica del web en conjunt, desembocant en un entorn hipertextual organitzat en forma de xarxa jeràrquica de continguts.

Efectivament, l'objectiu d'aquesta tasca ha estat desenvolupar aquests principis teòrics trobats a la bibliografia referents als recursos multimèdia i als hipertexts, pensant en l'entorn web d'aprenentatge d'una assignatura d'introducció a l'acústica com la nostra. L'objectiu d'aquesta comunicació és descriure la transformació del lloc web existent aplicant aquests principis i analitzar la resposta dels estudiants, extraient-ne conseqüències per a la millora de l'entorn hipertextual.

DESENVOLUPAMENT

JORNADA INNOVACIÓ DOCENT – RIMA 2010

1-2 Juliol 2010, Campus Nord UPC

Com s'ha dit en la introducció, el punt de partida és un primer lloc web concebut com a "apunts de classe" d'una assignatura semipresencial. En comparació amb uns apunts de classe, aquest web contenia, lògicament, millors il·lustracions, en color, però encara estàtiques, sense cap tipus d'interactivitat, i les diferents pàgines web corresponien cadascuna a un tema [4].

Amb el temps es va observar la necessitat de millorar aquest lloc web, seguint principis teòrics entorn a l'ús de materials educatius multimèdia per a l'aprenentatge de la Física [5, 6, 7, 8], amb la doble finalitat d'aconseguir una millora de l'eficiència i de permetre un aprenentatge cada cop més no presencial.

Així, s'hi van introduir diversos recursos multimèdia més complexos i més rics: il·lustracions ampliables, mostres de so de diferent grau d'interactivitat, animacions, vídeoclips i applets [9, 10].

(Bloc 1)	
Tema 1	Fenòmens oscil·latoris no amortits
	1. Descripció introductòria del moviment harmònic simple
	2. Equacions del moviment harmònic simple (amb funcions trigonomètriques)
	3. Fenòmens oscil·latoris no amortits en general: anàlisi de Fourier
	4. Energia d'un moviment harmònic simple
Tema 2	Fenòmens oscil·latoris amortits i forçats
	1. Fenòmens oscil·latoris amortits
	2. Fenòmens oscil·latoris forçats (descripció)
	3. Fenòmens oscil·latoris forçats (amplitud i potència) i Ressonància
Tema 3	El so com a fenomen oscil·latori
	1. Descripció del so com a fenomen oscil·latori local
	2. Primera qualitat del so: el to
	3. Segona qualitat del so: el timbre - característica principal
	4. Segona qualitat del so: el timbre - característica secundària
	5. Soroll: una component especial freqüent del so
	6. Tercera qualitat del so: la sonoritat
(Bloc 2)	
Tema 4	Fenòmens ondulatoris
	1. Descripció fenomenològica dels fenòmens ondulatoris
	2. Conceptes quantitius descriptius
	3. Equació d'una ona harmònica
	4. Tipus bàsics d'ona: ones transversals i longitudinals
Tema 5	Lleis de propagació per a les ones
	1. Principi de Huygens
	2. Llei de la reflexió
	3. Llei de la refracció
Tema 6	Superposició d'ones
	1. Principi de superposició

Figura 1: Índex seqüencial tradicional, amb els enllaços d'accés a cada pàgina web.

En quant als continguts, es van subdividir en pàgines web convenientment curtes. Això va implicar la introducció d'un índex seqüencial, que servís tant de visió de conjunt i d'orientació sobre els continguts, com d'accés a les

moltes pàgines web a través dels corresponents enllaços (figura 1). Amb aquest ordre seqüencial proposat implícitament per aquest índex clàssic, el web mantenia encara la seva estructura de manual de text tradicional.

El mateix doble objectiu de millorar l'eficiència i de permetre un aprenentatge més no presencial i, per tant, més autònom, ha portat al plantejament d'una segona transformació del web, per donar-li una estructura d'entorn plenament hipertextual en una part bàsica del web; es tracta dels blocs 1 i 2 de l'assignatura, sobre fenòmens oscil·latoris i ondulatoris, deixant de moment sense modificar el bloc 3, d'aplicacions de l'acústica de caire més pràctic. En aquesta part fonamental de l'assignatura, doncs, s'ha substituït la presentació seqüencial dels diferents temes per una presentació en xarxa hipertextual, organitzada en nodes estructurats jeràrquicament i entrellaçats a través de vincles significatius.

Aquesta transformació s'ha fet a partir de l'aplicació dels diferents principis teòrics on s'estableix que:

- els hipertextos permeten al lector establir una interacció no lineal amb els continguts [11,12,13]
- aquesta interacció pot fomentar un aprenentatge flexible [14] i alhora profund [15].
- existeix una jerarquia conceptual en el pensament del Físic expert [16,17]
- una organització conceptual jerarquitzada ajuda a la comprensió i resolució de problemes [18].

Aquests principis i el seu desenvolupament en el nostre web s'exposen a continuació:

1) Organització jeràrquica dels continguts.

Aquest punt comporta a) la identificació de nodes com a punt de partida per a subdividir la matèria a aprendre en pàgines web individuals; b) establiment de l'organització jeràrquica d'aquests nodes, i c) visualització d'aquesta organització jeràrquica com a guia per a l'estudiant.

a) Identificació de nodes

Agafem com a punt de partida els nodes, que dins d'una assignatura con l'acústica són les unitats d'informació més petites corresponents a una sola idea [19]. En la seva traducció a un entorn d'Internet, cada node correspon a una pàgina web.

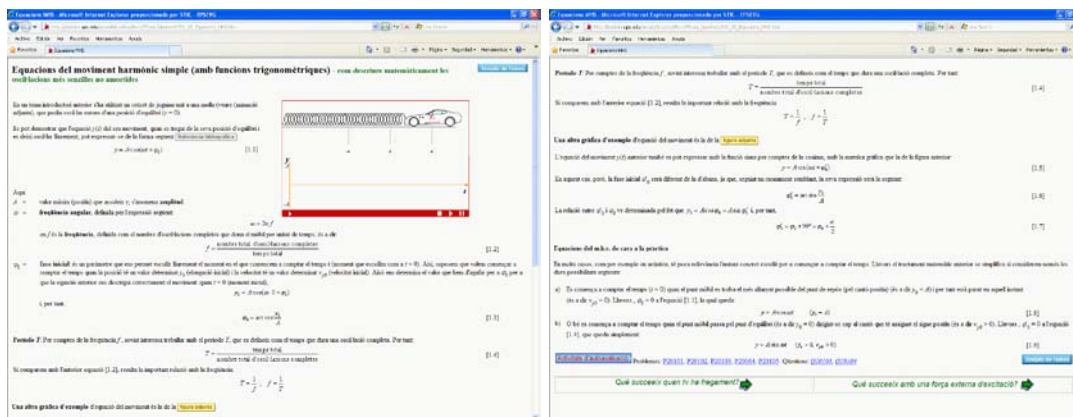


Figura 2: Exemple de repartiment del contingut d'un node idealment en un màxim de dues pantalles.

Convé que la unitat d'informació que és cada node sigui realment una unitat com més independent de les altres millor, malgrat estigui lògicament relacionada amb les altres, amb les que hi establirà enllaços.

En el nostre web d'acústica això s'ha dut a terme subdividint la matèria fins a una granularitat que permeti presentar els continguts corresponents en pàgines web individuals d'una extensió màxima de dues pantalles en general (figura 2, com a exemple), amb poques excepcions. Aquestes excepcions corresponen a nodes pels que és útil afegir suficient material gràfic amb gran ocupació de pantalla. N'és un exemple la pàgina web "Excitació d'instruments de vent: II) altres instruments",

(http://baldufa.upc.edu/arcadi/Acustica/Bloc3/Tema10/Fitxes/T10_09_Excitacio_instr_vent_2.htm),

de quatre pantalles, amb abundants fotografies i tres clips de vídeo. Hem comprovat que, eliminant aquest material gràfic, el text que queda ocupa dues pantalles fins i tot en aquest cas extrem, malgrat la varietat dels subapartats corresponents a cinc diferents tipus d'instruments musicals.

b) Establiment de l'organització jeràrquica

Una de les problemàtiques detectades al llarg dels anys sobre l'aprenentatge de la Física és la tendència a presentar el temari com un conjunt d'informacions aïllades i desconnectades entre elles [17]. Aquesta dinàmica sempre s'ha vinculat amb un aprenentatge superficial de la Física, caracteritzat per l'acceptació passiva dels continguts per part de l'alumnat i més basada en la memorització que no pas en la connexió entre les idees [20].

Per promoure un aprenentatge més estructural i profund d'aquesta disciplina, cal una presentació dels continguts basada en l'organització jeràrquica d'aquests, on les idees estiguin agrupades entorn a conceptes clau i on l'alumne viatgi activament a través de les interrelacions jeràrquiques entre conceptes.

Si representem aquesta organització jeràrquica en forma d'arbre, en els primers nivells cal posar-hi els conceptes clau ("umbrella concepts") [18]. En el cas de l'acústica (figura 3), en el primer nivell (tronc de l'arbre) hi podria haver el concepte "El so és una ona". El concepte d'ona porta a dos conceptes clau més: oscil·lació (efecte local d'una ona) i propagació en l'espai. D'aquestes dues branques principals de l'arbre aniran sorgint els diferents conceptes a diferents nivells, que acabaran reflectint-se en nodes individuals. Aquest arbre constitueix un mapa conceptual.

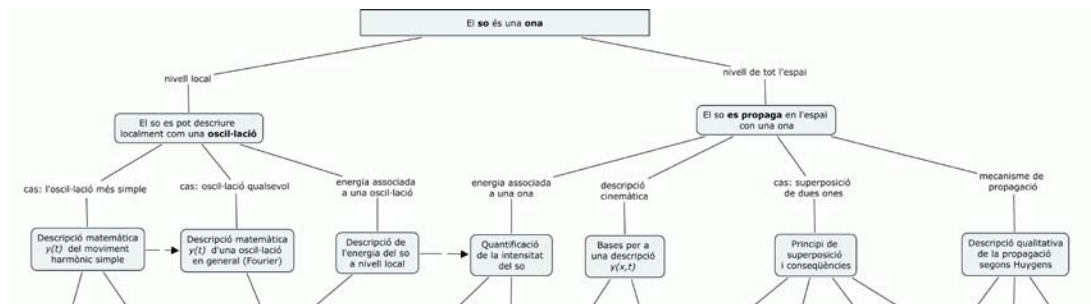


Figura 3: Mapa (fragment inicial) de l'organització jeràrquica dels diferents conceptes que correspondran als diferents nodes.

c) Visibilitat de l'organització jeràrquica

Aquesta organització ha de ser visible per l'usuari. Això tant val si s'utilitza un índex seqüencial, com si s'utilitza (millor) un mapa conceptual com l'anterior, en forma d'arbre. En qualsevol cas, l'estructura ha de ser prou consistent com per a que l'usuari sàpiga si allò que està considerant d'anar a veure és més important o menys per a l'objectiu d'informar-se que persegueix. És a dir: l'usuari ha de poder reconèixer el nivell de jerarquia en qüestió.

Això implica aplicar una sintaxi visual que respongui a aquesta organització de l'hipertext [21,22]: visualment s'han de poder identificar, sense grans explicacions de text, els diversos tipus de nodes i el seu nivell de jerarquia.

En el cas del nostre web d'acústica, una primera (i primitiva) organització jeràrquica va ser en forma del tradicional índex seqüencial (figura 1).

La visibilitat de l'organització jeràrquica dels nodes, corresponents als diferents punts en blau, és gairebé nul·la. En el millor dels casos, potser

l'usuari intuirà que l'ordre seqüencial dins de l'índex expressa una certa relació jeràrquica dels primers punts respecte dels que els segueixen, tant dins de cada tema, com entre els temes globalment. Però això només és veritat només fins a cert punt i no en tots els casos.

Un pas important en la direcció de visualitzar més correctament les relacions jeràrquiques entre els nodes dels temes fonamentals de l'assignatura (fenòmens oscil·latoris i ondulatoris, blocs 1 i 2) va ser la transformació d'aquest índex seqüencial en el quadre sinòptic de la figura 4. En ell, cada node està representat per una casella, amb el títol de la pàgina web corresponent, i les fletxes entre caselles expressen relacions de tipus jeràrquic entre nodes. A més a més, començant ja per la primera fletxa inicial a dalt de tot del sinòptic, cada fletxa està associada a una pregunta que vol servir de guia per ajudar a l'usuari a triar la millor seqüència de nodes que respongui al seu interès d'informació o d'aprenentatge.

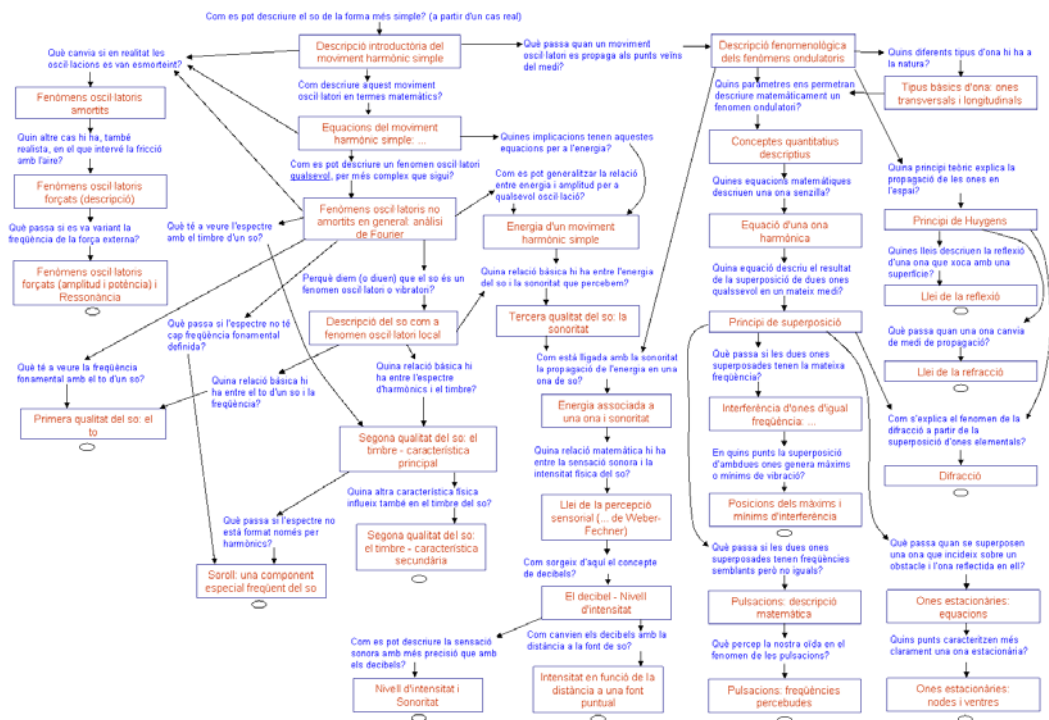


Figura 4: Sinòptic de nodes (pàgines web) amb les relacions jeràrquiques (i preguntes-guia) entre ells.

Un criteri al que se li va donar molta importància en la confecció d'aquest sinòptic va ser la possibilitat de veure'l tot sencer en una sola pantalla i amb una grandària de lletra perfectament llegible.

Com a sinòptic, però, per servir de guia i ajuda a l'usuari, presenta una sèrie d'inconvenients que es descriuen i s'analitzen més endavant.

Aquesta és la raó per la que s'ha estudiat més a fons l'organització jeràrquica esmentada en el punt anterior, amb la construcció d'un mapa conceptual amb menys preocupació per l'espai físic ocupat en una pantalla d'ordinador (figura 3). Aquest mapa és la base per a un sinòptic (figura 5) amb una disposició dels nodes que visualitzi de forma molt més clara la relació jeràrquica entre ells, expressats pels títols de les respectives pàgines web. Substituint la pregunta inicial (a dalt de tot) del sinòptic de la figura 4, en el nou sinòptic s'ha afegit un primer node introductori (corresponent a una pàgina web addicional), "Introducció al concepte de so"



Figura 5: Sinòptic dels nodes (fragment inicial, corresponent al mapa de la figura 3), amb els títols de les respectives pàgines web, també com a enllaç d'accés a aquestes.

Per resoldre el problema d'espai de visualització a la pantalla, i també per visualitzar millor l'estructura jeràrquica d'acord amb els requeriments de l'usuari, d'entrada només es visualitza el primer nivell de jerarquia ("Introducció al concepte de so"), sense cap branca. A sota d'aquesta casella hi apareixerà un símbol '+'. Clicant-hi apareixeran les dues branques del segon nivell de jerarquia (amb les preguntes-guia prèvies), i el símbol '+' canviarà a '-'. Sota cada nova casella hi apareixerà novament el símbol '+', on cal clicar per a visualitzar el següent nivell de jerarquia associat a aquesta casella, amb el corresponent canvi de símbol a '-'. Aquest procés es reitera per a cada casella a cada nivell. A la figura 5 tots els nivells que hi apareixen estan desplegats, i podrien tornar-se a plegar individualment o conjuntament clicant en el corresponent símbol '-'.

2) Enllaços entre els nodes

Els principis teòrics sobre l'hipertext comporten traduir en enllaços entre pàgines web els respectius vincles establerts en l'anterior organització jeràrquica dels nodes, representats per línies en les figures 4 o 5. En el nostre cas, entenem que promoure una navegació activa i profunda a través de l'hipertext passa per formular vincles significatius, capaços de preservar

el context, donar sentit de continuïtat a la lectura i fomentar al comprensió de l'hipertext [23].

Això s'ha fet en el nostre cas a dos nivells: a) incorporant els enllaços a un sinòptic inicial i b) incorporant els enllaços adients al final de cada pàgina web individual.

a) Incorporació d'enllaços a un sinòptic

L'objectiu és aprofitar el sinòptic que serveix de mapa conceptual de l'assignatura no solament per a orientació permanent dins dels continguts de l'assignatura, sinó també per a accedir des d'ell al node que es desitja.

Això és fàcil d'implementar, per exemple amb l'aplicació Dreamweaver de Macromedia, assignant a cada requadre del sinòptic un enllaç a la pàgina web corresponent.

b) Incorporació d'enllaços al final de cada pàgina web

L'objectiu és facilitar la navegació a l'usuari en acabar de llegir o estudiar una pàgina web (un node), sense haver de retornar necessàriament al sinòptic inicial, de forma que disposi d'enllaços directes a les pàgines web que, en quant a continguts, serien la continuació natural de la pàgina web que acaba de veure. Naturalment, aquests enllaços suggerits corresponen als vincles visualitzats en el sinòptic.

Cada enllaç va associat a una "pregunta-guia" o "pregunta-enllaç" que indica la relació entre continguts, a fi de facilitar l'orientació i la presa de decisions. Un exemple es veu al final de la pantalla dreta de la figura 2, ampliada a la figura 6 següent per veure-ho millor.

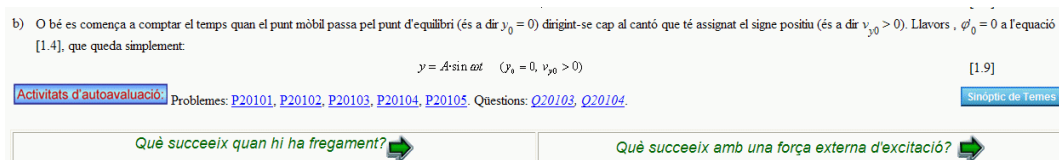


Figura 6: Preguntes-guia al final de la pàgina web de la figura 2, amb incorporació d'enllaços a les corresponents pàgines web.

3) Disseny de les pàgines web

Els principis teòrics sobre l'hipertext aconsellen també determinades característiques referents al disseny de les pàgines web individuals, a més a més de la granularitat exposada en el punt 1.a. Aquestes característiques són: a) una ajuda a la navegació per a passar a qualsevol altra pàgina web a la que es vulgui accedir; b) una informació inicial sobre els continguts de la pàgina web a la que s'acaba d'accedir, i c) una informació inicial sobre els continguts que cal conèixer prèviament.

a) Ajuda a la navegació per a saltar a qualsevol altra pàgina web

Per si es perd (malgrat això no hauria de passar teòricament mai) o per si, per exemple, vol canviar totalment de tema, cal que l'usuari tingui sempre la possibilitat de saltar al sinòptic inicial, per passar immediatament i directament a qualsevol node al que es vulgui accedir.

En el nostre cas, al principi (fig. 2 i 7) i al final (fig. 6) de cada pàgina web hi ha a la dreta un botó "Sinòptic de temes". Clicant-hi s'accedeix al sinòptic inicial. Ara aquest apareixerà en una finestra que ocupa només part de la pantalla, a fi de que l'usuari pugui retornar, si vol, a la pàgina web on era.

b) Informació inicial sobre la pàgina web a la que s'acaba d'accedir

L'usuari ha de tenir el màxim d'informació sobre el que es trobarà en el node que és a punt de visitar o d'estudiar. Així sabrà si és interessant per a l'objectiu de coneixement o d'aprenentatge que persegueix.

Això, per una part, es pot facilitar amb una bona visualització de l'organització jeràrquica, mitjançant un índex o, millor, un mapa conceptual en forma de sinòptic, tal com s'ha comentat en el punt 1.c. També les preguntes-guia del mateix sinòptic contribueixen a aquest mateix objectiu.

Per altra part, un cop l'usuari entri en la pàgina web triada, la informació prèvia sobre el que està buscant la traurà, habitualment, de la part inicial de la pàgina, sobre tot del títol.

Una forma de millorar aquesta informació prèvia és ampliar el títol amb les paraules clau corresponents o amb un subtítol adequat [19]. En el nostre cas, la figura 7 mostra un exemple de subtítol (en verd) afegit al títol formal de la pàgina web.

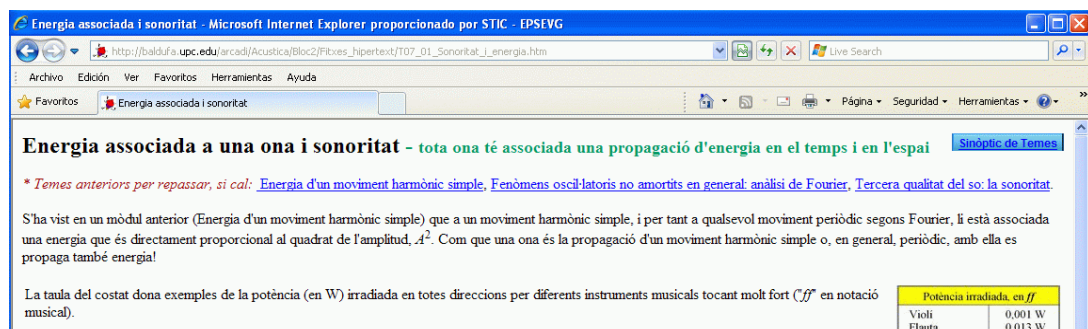


Figura 7: Títol i 'subtítol' explicatiu (en verd) al principi de cada pàgina web, i menció (amb enllaç) de les pàgines web per repassar.

c) Informació inicial sobre els continguts que cal conèixer prèviament

La informació prèvia mencionada en el punt 'b' anterior ha de ser al mateix temps precisa i independent d'altres recursos aliens a la pròpia pàgina web.

Això implica no començar la pàgina web amb expressions com per exemple "Com acabem de veure," o bé "Com hem vist en la pàgina web anterior," ja que l'usuari no necessàriament acaba de venir d'una pàgina anterior determinada, si els nodes són accessibles de forma realment independent entre ells.

Una manera adequada de completar aquesta informació prèvia consisteix en fer referència explícita, al principi de la pàgina web, als conceptes que prèviament cal saber per entendre el nou contingut. Això es pot fer afegint al títol les paraules clau apropiades amb enllaços als nodes corresponents. En el nostre cas això s'ha posat en pràctica afegint, a continuació de títol i subtítol, els títols de les pàgines web que cal haver vist prèviament per entendre bé el nou contingut. La mateixa figura 7 en dona un exemple.

Només llavors es pot fer referència a un d'aquests temes anteriors, com per exemple (en aquesta mateixa pàgina web de la figura 7):

S'ha vist en un mòdul anterior (Energia d'un moviment harmònic simple) que ...

RESPOSTA DELS ESTUDIANTS

Al final de cada curs s'ha preguntat als estudiants sobre la seva experiència amb el web d'acústica que ha servit de base pel curs. Un dels aspectes més comentats, malgrat no haver preguntat explícitament per ell, ha estat la utilitat dels recursos multimèdia que en el seu moment es van incorporar al web. Un exemple dels molts comentaris en aquest sentit (més detalls i exemples a [10]):

[Avantatges del web de l'assignatura en comparació amb un llibre de text o uns apunts de classe:] "Que és més interactiu i que hi poden haver animacions, vídeos, ..., que faciliten molt la comprensió del tema" (estudiant d'Enginyeria d'Obres Públiques i Camins, curs 2008-2009).

En el darrer curs (2009-2010) s'ha demanat als estudiants de comparar l'estudi de la part fonamental de l'assignatura basat en el sinòptic de la figura 4 (blocs 1 i 2) amb l'estudi de la part complementària (tres temes a triar entre la resta de temes, bloc 3) basada en un índex tradicional similar al de la figura 1.

La resposta obtinguda constata alguns dels avantatges de l'hipertext en comparació amb l'estructura seqüencial tradicional, com són els següents, afegint exemples d'expressions literals dels estudiants (Observació: en el llenguatge de la guia de l'assignatura, un "mòdul" equival a un node o a una pàgina web individual):

a) despertar la curiositat de l'estudiant i, per tant, l'interès pels continguts:

[L'ordre dels temes] ha estat escollit segons la meua curiositat [...] (T. B., estudianta d'Enginyeria Tècnica, esp. Electricitat).

[...] es pot anar evolucionant i aprenent al gust de cadascú, és a dir, a l'escollir l'ordre un mateix, es fa més amè, perquè sempre és més senzill aprendre el que a un li ve més de gust (M. A., estudianta d'Enginyeria Industrial).

[... amb el sinòptic] la tria pot ser un tant aleatòria. Tot i això, aquest últim punt pot ser un avantatge [...] permetent a l'alumne seguir els temes que consideri de més interès (D. M., estudiant d'Enginyeria de Telecomunicacions).

El principal avantatge del sistema del sinòptic és el caràcter alternatiu i "lúdic" d'estudi (discussió en el grup de treball núm. 2).

b) eficàcia (al menys relativa) de les indicacions del sinòptic per guiar l'estudiant:

El criteri [per a l'ordre a seguir] ha estat intentar seguir el corrent de les fletxes sempre, per intentar poder avançar la teoria sense perdre el fil [...] (I. G., estudiant d'Enginyeria Tècnica, esp. Mecànica).

[...] l'ordre que he seguit ha estat molt coherent, gràcies, tot s'ha de dir, a l'ajut de les preguntes en blau [preguntes-guia] i de les fletxes [...] (A. I., estudiant d'Enginyeria Tècnica, esp. Mecànica).

Una vegada vist com estava estructurada la sinopsis [...], ha sigut més fàcil triar l'ordre [...], sempre intentant seguir amb una mateixa línia de coneixements, sense anar-me'n a mòduls que a priori podien ser més interessants, però que s'apartaven d'una línia lògica [...]. [...] Un cop entesa l'estructura del sinòptic, se'm va fer molt més fàcil i agradable escollir-ne els mòduls a estudiar. El mètode de seguir un ordre preestablert [índex seqüencial] facilita molt la feina, encara que li treu una mica de gràcia a l'hora d'estudiar els temes (S. L., estudiant d'Enginyeria Tècnica, esp. Mecànica).

c) llibertat per a seguir el propi itinerari segons les pròpies inclinacions, de forma que l'assignatura és faci menys pesada o farragosa:

El detall que més m'ha cridat l'atenció en els mòduls és la llibertat a l'hora de poder escollir el pròxim mòdul que volem estudiar [...] (A. L., estudiant d'Enginyeria Tècnica en Informàtica de Gestió).

[...] és més senzill seguir un índex preestablert, però a lo millor és fa més "pesat". És més autodidàctic seguir un sinòptic de temes, així el camí el vas triant segons les teves necessitats (A. I., estudiant de d'Enginyeria Tècnica, esp. Mecànica).

[...] en forma de sinòptic ofereix més llibertat a l'alumne per tal d'organitzar-se la matèria tal com vol i com l'interessa [...] (T. B., estudianta d'Enginyeria Tècnica, esp. Electricitat).

d) aprendre a no obsessionar-se amb l'ordre dels temes, tal com convé fer-ho per aprendre a aprendre autònomament:

[...] a vegades he tingut la sensació de no fer-ho [estudiar els diferents continguts] en l'ordre correcte [...] però després m'he acostumat a entendre-ho paral·lelament i no obsessionar-me amb un ordre suposadament correcte (D. M., estudiant d'Enginyeria de Telecomunicacions).

[...] és molt constructiu aprendre d'aquesta manera, ja que es presenten abans els dubtes que la resposta (M. A., estudianta d'Enginyeria Industrial).

Un altre avantatge [del sistema de sinòptic] és el fet de poder rectificar, és a dir, si un ha triat un tema i no ho té clar, pot sortir i escollir-ne un més adient (discussió en el grup de treball núm. 3).

Malgrat això, la resposta dels estudiants en conjunt revela una sèrie de deficiències en el sinòptic utilitzat de primer (figura 4), la majoria relacionades entre sí. Cal recordar que aquest sinòptic buscava visualitzar tots els nodes en un mínim d'espai en pantalla, però amb grandària de lletra encara ben llegible. El corregir aquestes deficiències ha portat a refer el sinòptic, millorant-lo i fent-lo desplegable per solucionar molt millor la qüestió de l'espai en pantalla, tal com ja s'ha comentat abans (punt 1.c). Les deficiències observades pels estudiants, amb exemples d'expressions seves, són les següents:

a) deficient interpretació de l'ordre jeràrquic en el sinòptic:

[...] no sabia en principi quin ordre seguir, i finalment vaig decidir començar pel primer mòdul situat a dalt a l'esquerra [...] Aquest mètode no el tornaré a fer servir [...] (P. F., estudianta d'Enginyeria Tècnica, esp. Electricitat).

[Caldria] ressaltar els temes necessaris (ja siguin un, dos o tres) que serveixin d'inici i sigui més fàcil seguir una línia de temes que estiguin lligats entre ells (S. L., estudiant d'Enginyeria Tècnica, esp. Mecànica).

Coincidim que seria convenient [...] senyalitzar d'alguna manera quins mòduls són principals [...] i quins són secundaris (discussió en el grup de treball núm. 2).

b) possibilitat d'interpretar de manera no inequívoca les preguntes-guia:

[...] els comentaris o preguntes [-guia] que s'han de mostrar han de ser molt acurades i que permetin [...] fer-se una idea dels temes [...]. A més, cadascú pot interpretar aquestes preguntes/comentaris-guia de diferent manera i obtenir un resultat "agradable" o "desagradable" un cop es desvetlla el contingut que amaga cada mòdul (D. M., estudiant d'Enginyeria de Telecomunicacions).

[Les preguntes-guia,] encara que t'encaminen cap a quin mòdul [vols anar], no queda prou clar el que s'explicarà en aquell mòdul i quins coneixements previs necessites (discussió en el grup de treball núm. 2).

[...] l'ajuda de les preguntes introductòries ha estat limitada i, a la pràctica, per conèixer el contingut d'un tema més aviat hem tendit a donar-li un cop d'ull, ja que considerem que una pregunta pot ser mal interpretada [...] (discussió en el grup de treball núm. 4).

c) inseguretats sobre si se segueix l'ordre òptim (amb l'afirmació més o menys implícita de que l'ordre proposat pel professor és l'òptim):

[...] però al mateix temps m'ha creat una sensació de inseguretat sobre si el camí triat era el més adient (A. L., estudiant d'Enginyeria Tècnica d'Informàtica de Gestió).

[...] En canvi, si seguim el segon mètode [índex seqüencial] ens assegurem a ciència certa que els temes que introduïrem estan al nostre abast, ja que el professor ha programat els temes adequadament (discussió en el grup de treball núm. 3).

[Amb el sistema d'índex seqüencial] l'alumne té la seguretat de no equivocar-se de camí i saber que, si segueix l'índex (si el professor ha fet bé la seva feina) totes les peces aniran encaixant (discussió en el grup de treball núm. 4).

d) pèrdues de temps quan es té d'aparcar un tema per estudiar-ne un de previ necessari:

[...] a vegades es pot optar de forma errònia i s'ha de recórrer a temes que, si s'haguessin estudiat amb el segon mètode [índex seqüencial], ja s'haurien vist. [...] El segon mètode és més ràpid, ja que no s'ha de buscar per recórrer als temes anteriors i no es presenten tants dubtes (M. A., estudianta d'Enginyeria Industrial).

[...] per exemple, per fer el problema 7.6 del mòdul de "Decibels" primer cal haver fet el mòdul de "Intensitat en funció de la distància" i jo el vaig fer després [...]. [...] per fer certs exercicis em calia haver llegit la teoria que llegiria a continuació. [...] pot passar que, per entendre un concepte, prèviament has hagut d'entendre un altre concepte que encara no has llegit (experiència pròpia) [...] (J. J., estudiant d'Enginyeria Tècnica, esp. Electrònica).

[...] és difícil determinar per un títol què convé fer primer i què no; així, jo em vaig trobar amb que estava fent temes pels quals eren necessaris uns altres que no havia treballat [...] (T. B., estudianta d'Enginyeria Tècnica, esp. Electricitat Industrial).

D'aquestes deficiències, la segona (b) resulta inevitable, per la sempre limitada informació que pot transmetre una pregunta, necessàriament curta. Aquests comentaris, malgrat això, cal tenir-los en compte per a intentar

formular preguntes no merament retòriques, sinó que transmetin el màxim d'informació sobre el contingut o l'enfocament del node al que porten.

La tercera deficiència (c) cal relativitzar-la en part. Sempre el sistema d'aprenentatge per índex seqüencial donarà més sensació de seguretat que el sistema hipertextual, ja que molt sovint la llibertat de triar té el preu d'una major o menor inseguretat (els alemanys tenen la dita del "turment d'haver de triar", fins i tot quan un s'ha de comprar unes sabates!). Per altra part, això forma part del procés d'aprendre a aprendre autònomament.

Però sí que, tant una part d'aquesta deficiència "c", com la resta de deficiències, responen a una deficient aplicació d'alguns principis teòrics dels anteriors, sobre tot els dels punts 1.b i 1.c. Efectivament, un examen més detallat del sinòptic utilitzat (figura 4) permet treure dues conclusions principals:

- a) l'organització jeràrquica pot simplificar-se, podant connexions laterals entre branques comunes que no resulten essencials per a l'aprenentatge; resulta així una organització més abastable i manejable, no tan perdedora;
- b) la visibilitat de l'organització jeràrquica resulta molt limitada en el sinòptic de la figura 4, malgrat sigui el preu pagat per encabir-lo en una pantalla amb suficient llegibilitat, com s'ha comentat reiteradament.

En qualsevol cas, les deficiències constatades indiquen les millores que calia introduir d'acord amb els principis teòrics esmentats. Això és el que s'ha fet amb el nou sinòptic proposat i ja explicat (figura 5), constituït per parts desplegable a voluntat en la pantalla. D'acord amb el que també s'ha comentat en aquest apartat, s'han reelaborat moltes de les preguntes-guia.

CONCLUSIONS

L'aprenentatge amb l'ajuda d'un entorn hipertextual per comptes d'un text lineal tradicional té certs avantatges de cara a un aprenentatge més autònom i més profund, encara que no necessàriament més còmode ni més ràpid, tal com posen de relleu les respostes obtingudes d'un grup d'estudiants-usuaris.

Aquestes mateixes respostes constaten possibles inconvenients que poden esdevenir realment problemàtics si no es tenen en compte uns principis teòrics sobre els hipertextos, sobre tot la necessitat (a) de granularitzar els continguts en nodes suficientment definits i limitats, (b) d'establir una organització jeràrquica entre ells suficientment rigorosa però també àgil i (c) de visualitzar aquesta organització jeràrquica, de forma que l'usuari la trobi

clara i evident i li sigui una guia eficaç per a “no perdre el fil” i no perdre temps amb salts desordenats entre pàgines web.

Un complement molt útil pel mateix objectiu és la informació, en forma de preguntes-guia, subtítols, etc., sobre les pàgines web a triar o a les que s'acabi d'accedir.

De forma general, les deficiències constatades en la transformació pràctica dels nostres “apunts de classe” en un web hipertextual posen de relleu els perills que cal tenir presents en tota implementació d'un entorn hipertextual a partir d'un text lineal tradicional.

AGRAÏMENTS

Aquests treballs han estat realitzats en el marc del Projecte de Recerca SEJ2007-68113-C02 finançat pel Ministerio de Educación y Ciencia d'Espanya.

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Isalgué Buxeda, A., “Física de la llum i el so”, Edicions UPC, Barcelona, 1995.*
- [2] *Kinsler, L.E., Frey, A.R., Coppens, A.B., Sanders, J.V., “Fundamentals of Acoustics”, John Wiley & Sons, Nova York, 1999.*
- [3] *Recuero López, M., “Ingeniería Acústica”, Paraninfo, Madrid, 1999.*
- [4] *Pejuan, A., Bohigas, X., Jaén, X., Novell, M., “Web pages based on the world of music to learn oscillatory and wave physics”, 3rd. International Conference on Multimedia and Information & Communication Technologies in Education (m-ICTE2005), juny 2005, Càceres.*
- [5] *Guttormsen Schär, S., Krueger, H., “Using new learning technologies with multimedia”, IEEE Multi-Media 7, 2000, 40-51.*
- [6] *Altherr, S., Wagner, A., Eckert, B., Jodl, H.J., “Multimedia material for teaching physics (search, evaluation and examples)”, European Journal of Physics, 25, 2004, 7-14.*
- [7] *Gua, Y.H., “A Study on the Learning Efficiency of Multimedia-Presented, Computer-Based Science Information”, Educational Technology & Society, 12(1), 2009, 62-72.*
- [8] *Hennessy, S., Wishart, J., Whitelock, D., Deaney, R., Brawn, R., la Velle, L., McFarlane, A., Ruthven, K., Winterbottom, M., “Pedagogical approaches for*

- technology-integrated science teaching*”, *Computers & Education*, 48, 2007, 137-152.
- [9] Pejuan, A., “Incorporación de audio y vídeo en páginas web para el aprendizaje de la física ondulatoria y la acústica”, 15º Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Valladolid, juliol 2007.
- [10] Pejuan, A., Jaén X., Periago, C., Bohigas X., “A Multimedia-Based Course to Learn Basic Acoustics through the Internet: Description and Evaluation”, MPTL 14 International Workshop on Multimedia in Physics Teaching and Learning, Udine (Itàlia), setembre 2009.
- [11] Acuña, S., Weber, V., “La utilización de hipertextos como herramientas para el aprendizaje y la instrucción”, Congreso Edutec, Sevilla, 1999.
- [12] Jonassen, D.H., “On the Role of Concepts in Learning and Instructional Design”, *Educational Technology Research and Development*, 54(2), 2006, 177-196.
- [13] Lamarca, M. J., “Hipertexto, el nuevo concepto de documento en la cultura de la imagen”, Tesis doctoral, Madrid, 2006.
- [14] Jacobson, M. J., Maouri, C., Mishra, P., Kolar, C., “Learning with hypertext leaning environments: theory, design, and research”, *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 5(3/4), 1996, 239-281.
- [15] Houghton, W., “Engineering Subject Centre Guide: Learning and Teaching Theory for Engineering Academics”. Engineering Subject Centre, Loughborough, 2004.
- [16] Discerna, J., “A Study of Knowledge Structure in Physics”, Annual Meeting of the American Educational Research Association, abril 1998, San Diego (EEUU)
- [17] Van Heuvelen, A., “Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies”, *American Journal of Physics*, 59 (10), 1991, 891-897.
- [18] Leonard, W. J., Gerace W. J., Dufrense, R. J., “Concept-based problem solving; Making concepts the language of Physics”, *Constructivism and New Paradigms in Science and Education*, 1999, Massachusetts (EEUU).
- [19] Troffer, A., “Writing effectively online: How to compose Hypertext”, <http://homepage.mac.com/alysson/httoc.html> (2001, consultat 15 juny 2010).
- [20] Blansford, J., Brown, L., Cocking, R., “How people learn. Brain, Mind, Experience and School”, National Academy Press, Washington, 1991.

- [21] Oliver, R., Herrington, J., "Developing effective hypermedia instructional materials", *Australian Journal of Electronical Technology*, 11 (2), 1995, 8-22.
- [22] Istrate, O., "Visual and pedagogical design for eLearning Content. eLearning papers, 17, 2009, 1-12.
- [23] Thüring, M., Hannemann, J., Haake, J., "Hypermedia and Cognition: Designing for Comprehension", *Communications of the ACM* 38 (8), 1995, 57-66.