Capítol 1: Marc del Projecte

1.1 Introducció

Actualment, el paper de l'anglès com a idioma universal és pràcticament indiscutible. Des de documentació de diversos àmbits i especificacions tècniques, fins a comunicació oral entre gent de diverses nacionalitats, l'anglès s'ha posat en la primera posició com a idioma per a l'intercanvi d'informació.

En un món on l'intercanvi d'informació és constant, el coneixement d'una llengua tan comuna com l'anglès resulta indispensable. Però l'ensenyament s'ha d'adequar als nous temps i a les noves necessitats. Els futurs alumnes i les noves generacions poden suposar un repte en el camp de la didàctica, en el qual sempre es busca la millor manera d'atraure i captar l'atenció dels estudiants. Per aquest motiu, les eines per a fer arribar un idioma als alumnes han de ser dinàmiques, motivadores, que captivin l'interès per tal de ser acceptades per tots i cadascun dels estudiants com un estri d'aprenentatge vàlid. D'aquesta manera s'aconseguiria acostar l'ensenyament de l'anglès a l'alumne, la seva incorporació com a coneixement necessari, i es podria arribar a un aprenentatge més efectiu, personalitzat i adaptat a les necessitats de cadascú.

En l'actualitat, gràcies a l'auge de les comunicacions i d'Internet, és més fàcil arribar a les persones a través d'aplicacions Web gratuïtes i de lliure accés. La xarxa permet consultar informació a qualsevol hora i sense límit de temps, de forma flexible i atractiva. L'ample de banda disponible avui dia per accedir a Internet dóna la possibilitat de transmetre so i vídeo de bona qualitat i, per tant, posa a disposició de tothom recursos audiovisuals per a qualsevol finalitat. Per tant, cal aprofitar aquest potencial multimèdia per a facilitar l'accés a materials autèntics en anglès, com ara textos, àudio i vídeo.

El projecte *Quantum LEAP* (*Learning English for Academic Purposes*) és un entorn virtual d'aprenentatge d'anglès acadèmic a la universitat. Aquest entorn consta d'una sèrie de mòduls didàctics amb material multimèdia interactiu molt divers, cosa que permet abastar un ampli ventall d'interessos entre els estudiants que vulguin aprendre anglès. És un entorn virtual obert a tothom, de dins i fora de la comunitat universitària, que dóna la possibilitat de treballar tant individualment com en grups de professors i estudiants. D'aquesta manera, es posa a disposició d'alumnes i personal docent una eina de suport a

les assignatures d'anglès tècnic necessàries per a què l'estudiant assoleixi els nivells d'anglès esperats en qualsevol enginyer.

El projecte *Quantum LEAP* ha estat creat per iniciativa d'un equip de professors universitaris amb la col·laboració de becaris i projectistes, i amb els ajuts econòmics de la UPC, la UdL i la Generalitat de Catalunya. Els autors i autores de la idea, les especificacions, el desenvolupament i els continguts són: Elisabet Arnó Macià (UPC), Carmen Rueda Ramos (UPC), Antonia Soler Cervera (UPC), Lurdes Armengol Castells (UdL) i Enric Llurda Giménez (UdL). En la part de pronunciació, l'autor dels continguts és Joaquín Romero Gallego (URV). En l'aspecte tècnic del projecte, el desenvolupament d'exercicis en *Flash* ha estat portat a terme per becaris, entre els quals n'hi ha de La Factoria de la Biblioteca de l'EPSEVG. Finalment, en aquest PFC jo he creat el motor PHP que el servidor utilitza per tal de fer possible i coordinar tot l'entorn virtual que és el projecte *Quantum LEAP*. De forma coordinada a l'elaboració d'aquest entorn, es porta a terme un altre PFC a la Facultat d'Informàtica de Barcelona per a avaluar la seva seguretat de cara a l'usuari.

1.2 Propòsit d'aquest PFC dins de *Quantum LEAP*

El projecte *Quantum LEAP* necessita un desenvolupament tècnic que permeti interrelacionar tots i cadascun dels components *Flash*, *Java* i *web* de què consta i convertir-los en accessibles per a tothom. Per aquest motiu, aquest PFC consisteix en de la creació d'una base de dades i un entorn en PHP per al projecte global *Quantum LEAP*. L'allotjament d'aquest entorn virtual el proporciona la UPC mitjançant un dels seus servidors. Es pot accedir a tot el projecte a través de l'adreça següent:

http://eprints.upc.es/quantum/index.html.

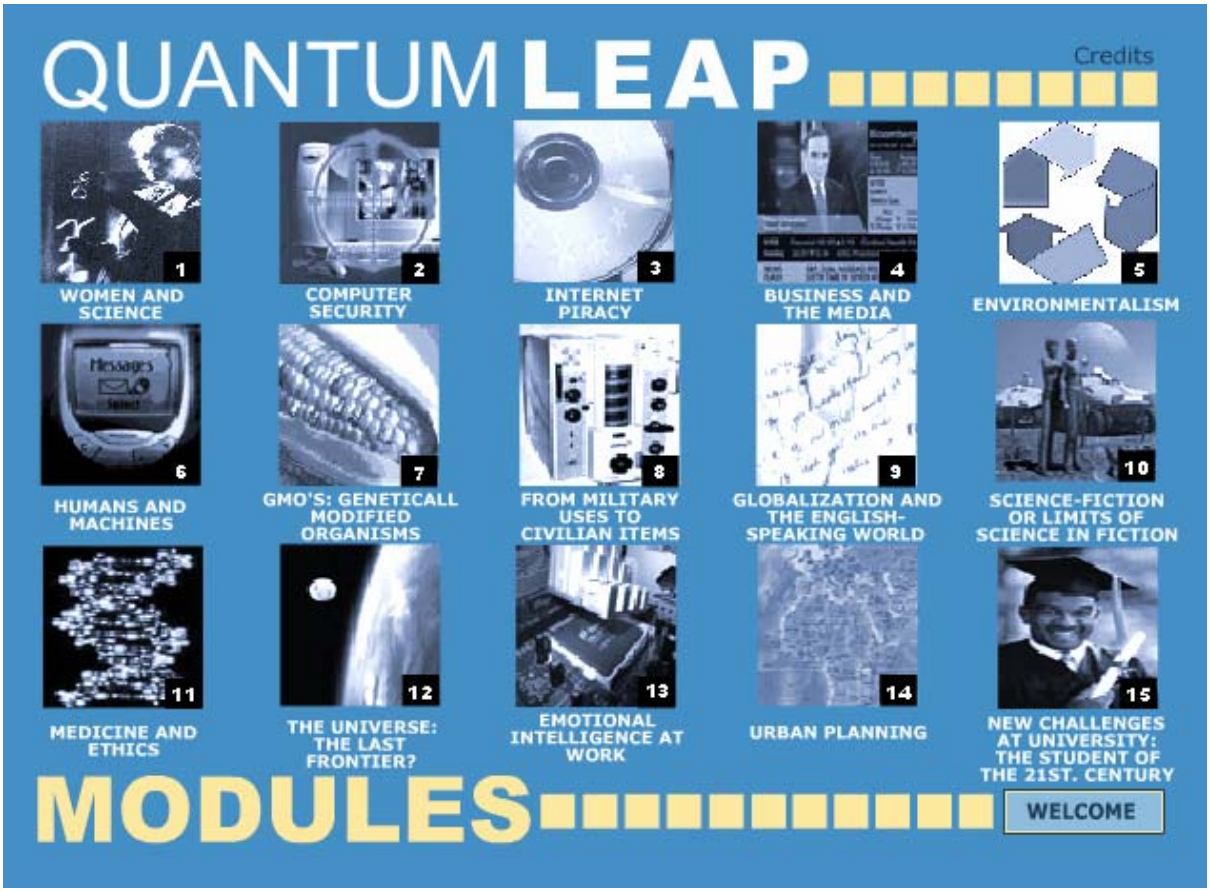


Figura 1.1: menú dels mòduls didàctics del projecte *Quantum LEAP*

L'organització de l'entorn *Quantum LEAP* és modular. El projecte està dividit en quinze mòduls temàtics basats en temes d'interès general i universitari, enfocats des d'una perspectiva interdisciplinar. Des de la contribució de la dona a la ciència, passant per temes mediambientals, ètica i medicina, productes transgènics, fins als últims delictes informàtics, per anomenar-ne alguns [Figura 1.1]. Aquest PFC es centra en la tasca d'implementar el mòdul número 10, un mòdul pilot anomenat "*Science Fiction or the Limits of Science in Fiction*". Com que el projecte es basa en una estructura expansible i flexible, s'ha dissenyat un motor que servirà per a implementar la resta dels mòduls. Totes les unitats didàctiques estan dividides en quatre seccions que corresponen a les destreses comunicatives de l'idioma (comprensió i expressió oral i escrita): *Reading, Writing, Listening* i *Speaking*. Addicionalment, hi ha una breu secció anomenada *Preview*, per tal d'introduir l'alumne en el context del mòdul. També es posa a disposició de l'estudiant una guia d'estudi per tal d'encaminar-lo al llarg de les activitats proposades i mostrar-li l'objectiu de cadascuna. La figura 1.2 mostra el menú inicial i el text introductori de la secció *Preview* del mòdul 10.

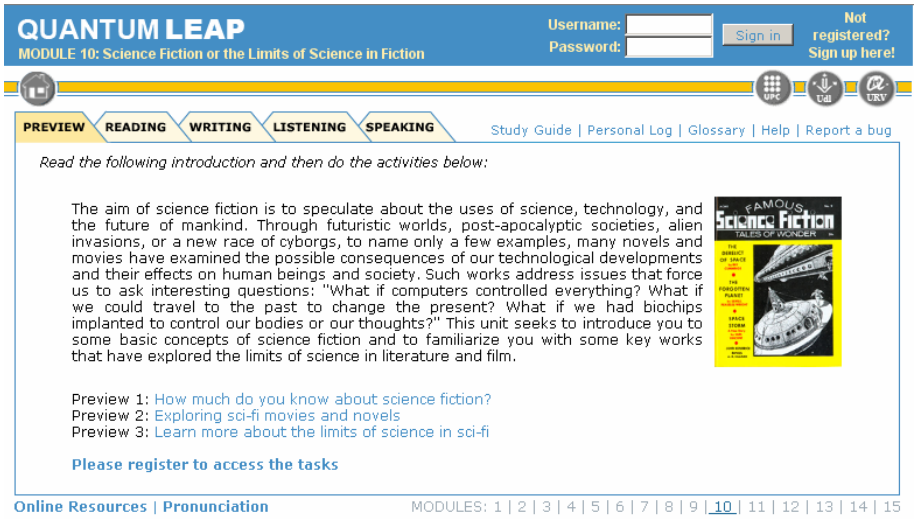


Figura 1.2: Secció de *Preview* del mòdul 10.

L'objectiu d'aquest PFC consisteix en la integració d'exercicis per a l'aprenentatge de l'anglès en un entorn virtual i multiusuari. Concretament, la majoria dels exercicis són objectes *Flash* independents, organitzats en mòduls ja dissenyats prèviament. Els exercicis de *speaking* es porten a terme a través d'un *applet* de *Java*, i els exercicis de *writing* es realitzen mitjançant diversos formularis *web*, a més d'objectes *Flash*. Els exercicis de *reading* i *listening* consisteixen exclusivament en objectes *Flash*. Tots els elements del projecte *Quantum LEAP* es veuran unificats i posats a disposició d'estudiants i professors mitjançant el motor PHP que genera l'entorn global multiusuari. Aquest motor també permet compartir recursos i resultats, comunicar-se amb altres usuaris, guardar dades d'interès i formular enquestes i estadístiques.

Com en totes les aplicacions a través de la xarxa, l'entorn *Quantum LEAP*, i concretament el seu motor PHP, objecte d'aquest projecte, necessita d'una verificació de seguretat. Conseqüentment, aquest PFC es coordina amb un altre PFC portat a terme a la Facultat d'Informàtica de Barcelona per tal de comprovar les possibles vulnerabilitats. Els riscos de seguretat, com ara les injeccions SQL i les inclusions de fitxers remots, seran tractats també posteriorment com a part del present projecte.

Al llarg d'aquesta memòria s'explicarà com s'ha desenvolupat l'entorn mitjançant el llenguatge PHP i la seva fase de proves paral·lela a l'hora de portar a terme la implementació. Addicionalment, es detallaran les especificacions tècniques i la seva relació amb l'expansibilitat que fa d'aquest entorn un projecte extremadament flexible i versàtil. S'explicarà també el com d'una bona organització de la informació i una bona tria de la plataforma d'allotjament de l'entorn pot contribuir a aquesta flexibilitat.

Capítol 2: Capacitats de l’entorn virtual d’aprenentatge

2.1 Introducció

El l’entorn virtual *Quantum LEAP* ofereix grans prestacions: facilita l’aprenentatge, l’autoavaluació i la comunicació i minimitza la feina d’administració. Professors i estudiants es poden registrar per a utilitzar l’entorn, es poden crear grups de treball, poden compartir producció oral i escrita i es poden comunicar entre ells. En aquest capítol es detallen les capacitats d’aquest entorn virtual, que beneficien tant a usuaris com a administradors.

2.2 Registre d’usuaris

L’entorn virtual disposa d’un formulari amb dades bàsiques per als usuaris que desitgin registrar-se i utilitzar les eines d’aprenentatge [Figura 2.1]. El registre d’usuaris automatitzat i obert a tothom del projecte *Quantum LEAP* permet eliminar una gran càrrega administrativa a l’entorn. D’aquesta manera, no es necessita cap administrador que doni d’alta a cada usuari que ho sol·liciti, sinó que cadascú rep un correu electrònic amb una identificació que cal enviar al servidor per a validar-se, tal i com es mostra a la figura 2.2. D’aquesta manera s’evita l’ús de comptes de correu inexistents, ja que una adreça electrònica vàlida permetrà a l’usuari rebre notificacions sobre l’entorn, tal i com s’explicarà en l’apartat 2.8.

< back

REGISTRATION FORM

PERSONAL INFORMATION

First name: City/Town:
Last name: Province/County:
Gender: Male Country: Select a Country/Territory
Birthdate DD-MM-YYYY: - - Zip/Postal Code:

PROFESSIONAL INFORMATION

Occupation: Select an occupation Institution:
Specify occupation:
Field of study: Select a discipline

LANGUAGES

Mother tongue: Are you studying English at the moment? No
Level of English: If affirmative, how long?
Reading: A2 Are you currently taking a course? No
Writing: A2 If affirmative, which one?
Listening: A2 Do you speak other languages? No
Speaking: A2 If affirmative, which ones?

LOGIN INFORMATION

E-mail address:
Desired username:
Password:
Retype password:

Save

Step 1

Figura 2.1: Formulari de registre

QUANTUM LEAP
REGISTRATION

Username:
Password:
Sign in
Not registered? Sign up here!

Study Guide | Personal Space | Glossary | Help | BugReport

< back to the index

REGISTRATION FORM

Your information has been processed successfully and you'll receive confirmation by email.
Continue the registration process by typing in the ID you'll be given in the email message.

Registration ID:

Save

Step 3

Online Resources | Pronunciation

Figura 2.2: Validació de l'adreça electrònica

2.2.1 Creació i gestió de grups

Aquest entorn virtual dóna la possibilitat d'agrupar els usuaris. Aquells que ho desitgin podran crear el seu propi grup o ingressar en un altre grup ja creat [Figura 2.3] per tal de compartir idees i feina, o bé per a seguir un ritme de treball semblant i coordinar-se adequadament. Cada grup disposa d'un identificador únic generat pel servidor. El gestor d'un grup pot enviar aquest identificador als usuaris que vulgui que hi ingressin, i cada usuari només cal que introdueixi aquest identificador a l'apartat "*JOIN AN EXISTING GROUP*", tal i com es mostra a la figura 2.3. També s'inclou la possibilitat d'unir-se a un dels grups oberts que es mostren a la llista.

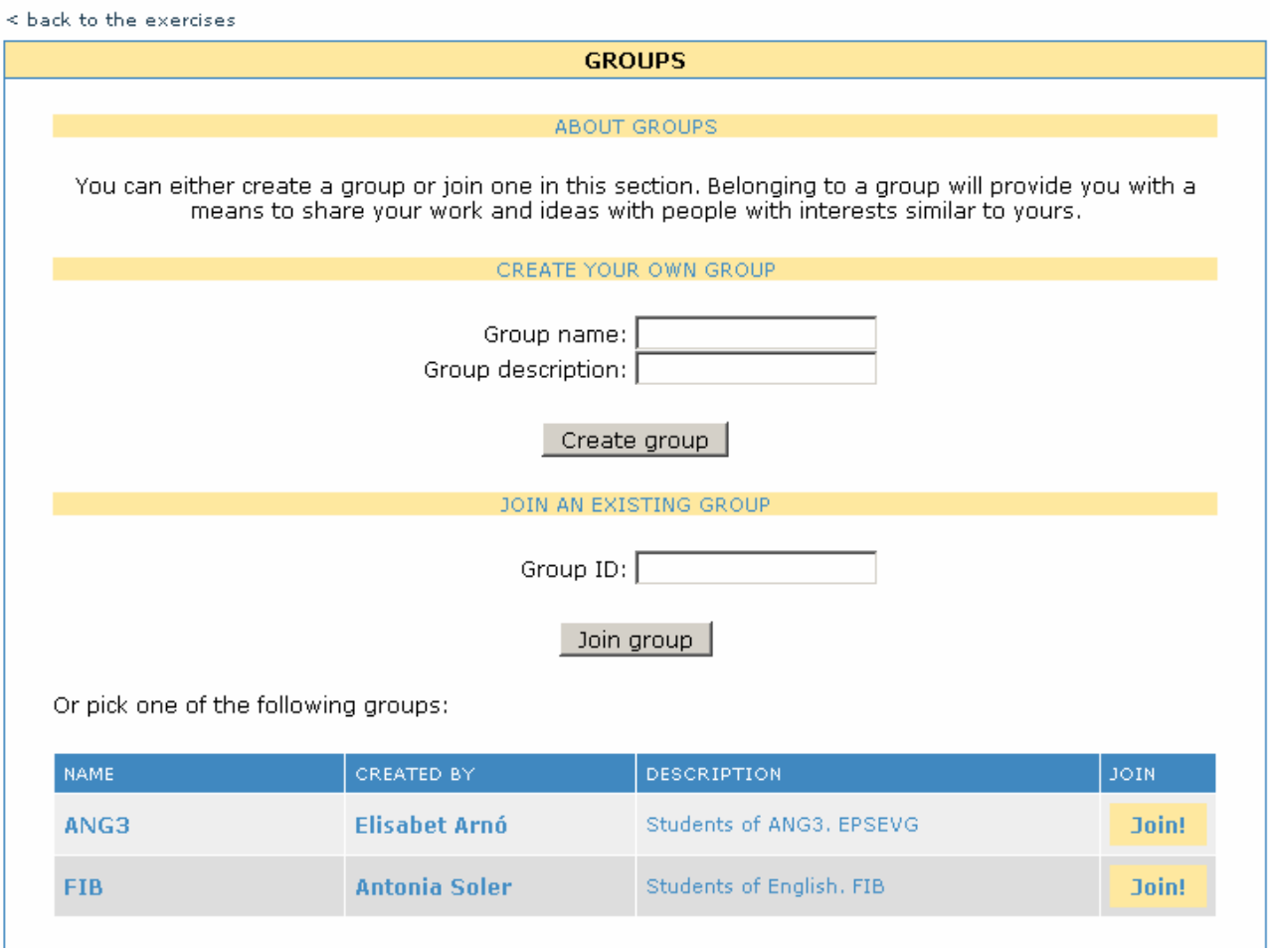


Figura 2.3: Opció de creació o ingrés a un grup d'usuaris

Posteriorment, als apartats 2.3 i 2.8 es posarà de manifest la utilitat dels grups d'usuaris en l'àmbit de la comparació d'exercicis i resultats i en la missatgeria interna d'un grup.

2.2.2 Administradors

El caràcter obert del projecte *Quantum LEAP* el converteix en un objectiu més assequible en temes de seguretat. Per aquest motiu, tots els usuaris de l'entorn tenen exactament els mateixos permisos, tallant així d'arrel els possibles atacs d'escalada de privilegis. L'única interfície per a administradors està protegida per una contrasenya, encriptada mitjançant SSL i amb la possibilitat de limitar el seu accés des d'una o més adreces IP. Aquesta interfície permet afegir i treure paraules del glossari, modificar les guies d'estudi i l'estructura de l'índex d'activitats de tot l'entorn mitjançant un sol fitxer XML. L'administrador pot editar el fitxer índex en XML i pujar-lo posteriorment, la qual cosa fa que el motor PHP reestructuri convenientment la base de dades. D'aquesta manera es centralitza funcionalitat i expansibilitat en un sol lloc.

2.3 Exercicis

Els exercicis de l'entorn *Quantum LEAP* formen el nucli d'aprenentatge per a l'estudiant. Cadascun dels exercicis de cada mòdul està fet en *Flash*, PHP/Javascript (en alguns casos de la secció de *Writing*) o bé PHP/Java, com és el cas dels exercicis de la secció de *Speaking*. Tots els exercicis de les seccions de *Preview*, *Reading* i *Listening* consisteixen en objectes *Flash*.

2.3.1 Organització en mòduls temàtics

El projecte *Quantum LEAP* consta de 15 mòduls que tracten un tema en particular cadascun. La distribució és la següent:

1. Women and Science
2. Computer Security
3. Internet Piracy
4. Business and the Media
5. Environmentalism
6. Humans and Machines: Technology at Our Fingertips
7. GMO's: Genetically Modified Organism
8. From Military Uses to Civilian Items
9. Globalization and the English-Speaking World
10. Science Fiction or the Limits of Science in Fiction

11. Medicine and Ethics
12. The Universe: The Last Frontier?
13. Emotional Intelligence at Work: EQ vs. IQ
14. Urban Planning
15. New Challenges at University: The Student of the 21st Century

Cadascun d'aquests mòduls es troba dividit en les cinc seccions que s'expliquen a continuació: *Preview*, *Reading*, *Writing*, *Listening* i *Speaking*.

2.3.2 *Preview*

En el *Preview* de cada mòdul s'hi pot trobar una introducció al tema corresponent que es tractarà en profunditat en les altres seccions. En el *Preview*, l'alumne té l'oportunitat d'aplicar els seus coneixements previs sobre la matèria en qüestió i decidir si vol seguir treballant en aquell mòdul. La secció de *Preview* dóna accés a la guia d'estudi. Tots els exercicis d'aquesta secció són objectes *Flash* independents.

2.3.3 *Reading*

En la secció de *Reading* de cada mòdul es treballen exercicis sobre un o més texts relacionats amb el tema corresponent. Després de llegir cada text, l'alumne disposa d'exercicis per tal de desenvolupar la seva comprensió lectora. Tots els exercicis d'aquesta secció són objectes *Flash* independents.

2.3.4 *Listening*

En la secció de *Listening* de cada mòdul es treballa la capacitat de comprensió oral dels alumnes mitjançant recursos audiovisuals. Hi ha diversos vídeos que tracten els temes d'interès en cada mòdul didàctic, i els exercicis en *Flash* permeten a l'alumne millorar la capacitat de comprensió de l'anglès parlat. Tots els exercicis d'aquesta secció són objectes *Flash* independents.

2.3.5 *Writing*

La secció de *Writing* permet als alumnes millorar la seva expressió escrita en anglès i guardar la seva producció sobre els exercicis proposats. D'aquesta manera poden emmagatzemar la seva feina en el portfolio i, si ho desitgen, compartir-la amb altres usuaris de l'entorn *Quantum LEAP*, tal i com s'explica en l'apartat 2.3, per a despres tenir la possibilitat d'intercanviar valoracions a través de la missatgeria interna, que es detalla en l'apartat 2.8. Els exercicis de Writing consisteixen en un conjunt d'objectes *Flash* i formularis web tractats pel motor PHP de l'entorn.

2.3.6 *Speaking*

La secció de Speaking dóna la possibilitat de treballar l'expressió oral dels alumnes mitjançant un applet de Java per a gravar, escoltar i emmagatzemar la pròpia veu [Figura 2.4]. A part de treballar la pronunciació, aquesta secció permet crear arxius de so que posteriorment es poden guardar al portfolio i compartir amb la comunitat d'usuaris de l'entorn *Quantum LEAP* per així comparar la pròpia expressió oral, pronunciació i fluïdesa amb la resta d'alumnes.

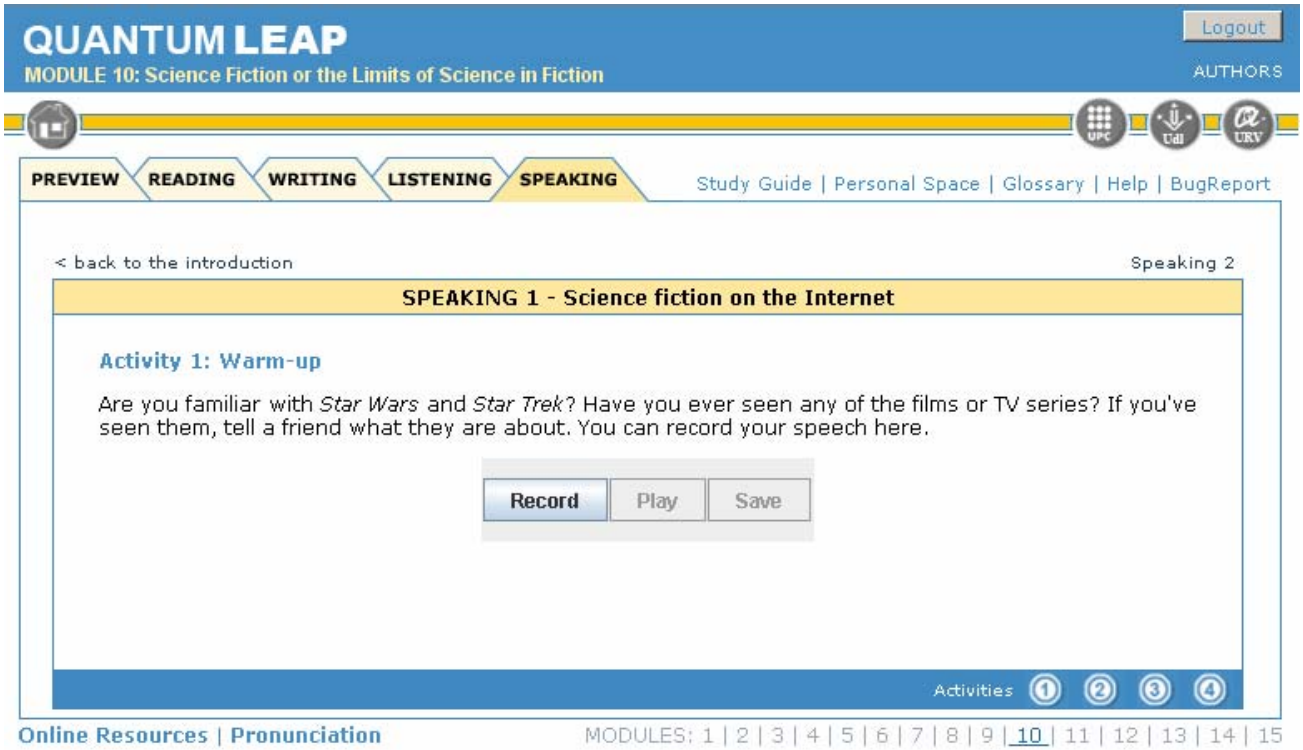


Figura 2.4: Secció de Speaking amb l'applet de Java de gravació de veu.

2.4 *Portfolio*

En primer lloc, el *portfolio* és una eina d'autoavaluació que serveix per a demostrar les pròpies competències en els camps de comprensió i expressió oral i escrita. El *portfolio* de l'entorn *Quantum LEAP* també permet als usuaris compartir aquells exercicis que creguin convenients amb la resta de la comunitat. Tenen la possibilitat de carregar la seva pròpia feina a la base de dades del servidor per tal de compartir-la amb tots els usuaris de l'entorn o amb tots els membres del grup d'estudiants. El permís que l'usuari assigni a cada arxiu del *portfolio* decidirà per a qui es trobarà disponible. Hi ha tres possibilitats: No fer públic un arxiu ("Sharing: Private"), fer-lo públic per al grup del què l'usuari n'és membre ("Sharing: Group") o bé fer-lo accessible per a tothom ("Sharing: Public") [Figura 2.5].

Hi ha exercicis que donen l'opció de guardar-los directament al *portfolio* un cop realitzats. Una vegada guardats dins del *portfolio*, la descripció dels arxius resultants s'ajusta per tal de reflectir el seu contingut. El format d'aquests arxius depèn del programari instal·lat en el servidor. Per defecte es crea un arxiu en format de text clar, però en el cas que el servidor disposi d'una l'extensió PECL anomenada PDFlib [9], hi ha la possibilitat de crear arxius més elegants en format PDF.

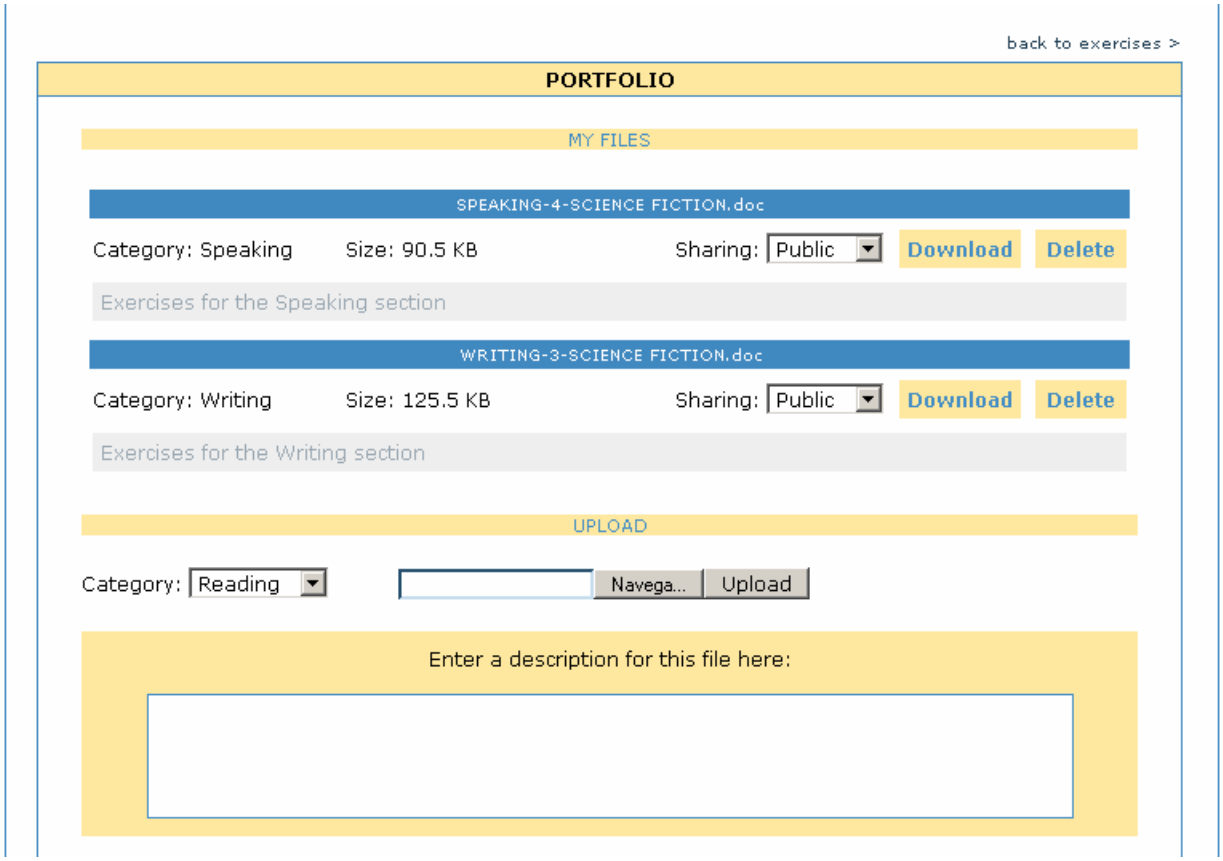


Figura 2.5: Arxius accessibles per a tothom des del *portfolio.*

2.5 Registre d'activitats

La realització de la totalitat dels exercicis del projecte *Quantum LEAP* per part dels usuaris implicaria una dedicació aproximada de més de 300 hores. L'estudiant pot triar un itinerari per a realitzar les tasques que més l'interessin de manera que, de forma combinada amb l'orientació que proporciona la guia d'estudi, l'entorn permet portar un control personal de les activitats realitzades, i precisament aquest és l'objectiu de la secció "*Personal log*" [figura 2.6]. Mitjançant aquest recurs, l'estudiant pot comptabilitzar quins exercicis ha efectuat, amb quin esforç, si li han resultat difícils, si li han agradat, el temps dedicat i el què ha après, portant així a terme un seguiment del propi treball i una autoavaluació. Les estadístiques per a cada exercici serviran també per a que els autors del projecte puguin analitzar el *feedback* que els estudiants aportin i valorar finalment l'impacte sobre l'aprenentatge i la motivació dels alumnes particularitzant en cada exercici.

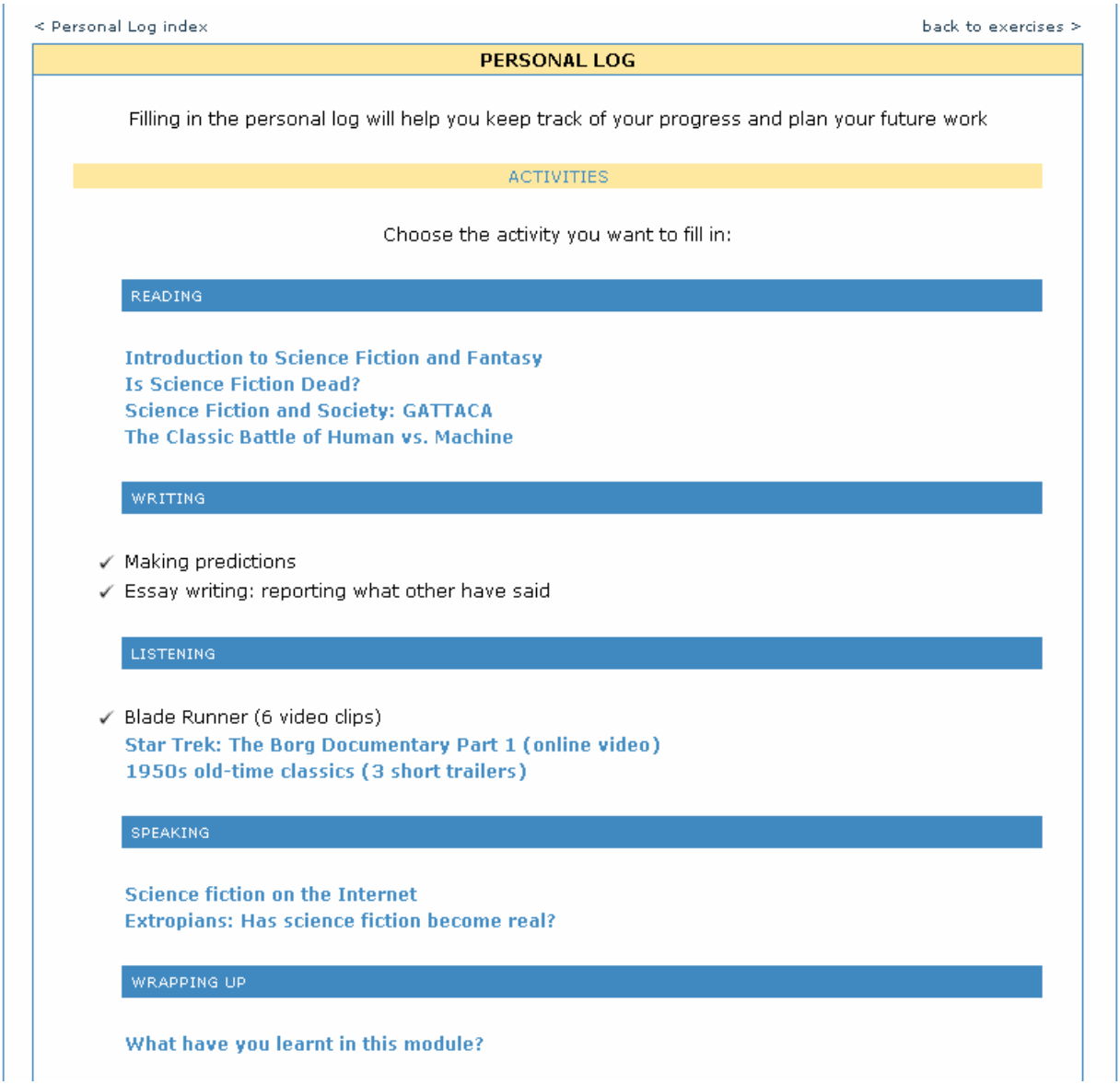
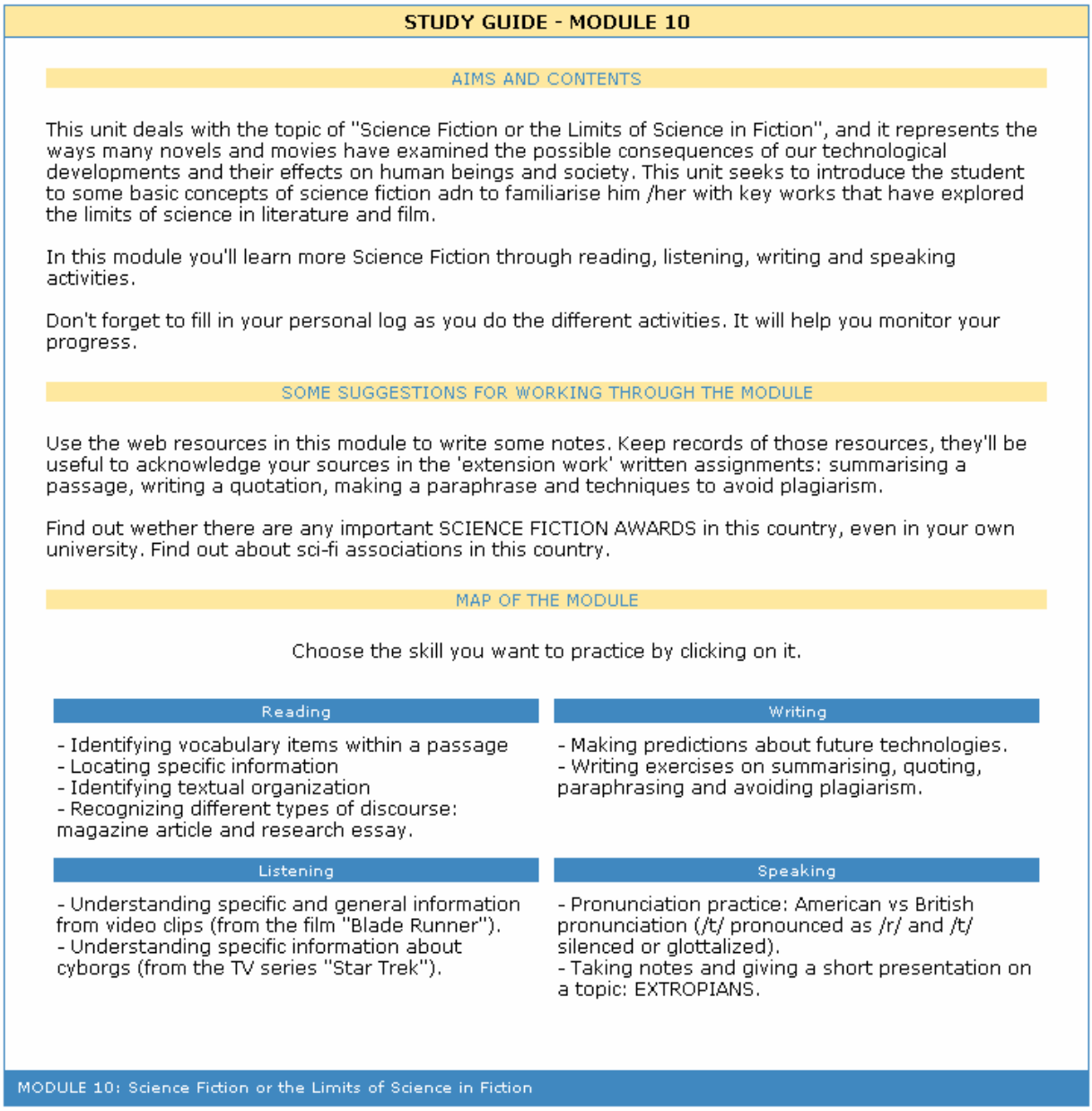


Figura 2.6: *Personal log*

2.6 Guies d'estudi

El projecte *Quantum LEAP* disposa de guies d'estudi per tal d'oferir una orientació als estudiants sobre els objectius a assolir en el mòdul didàctic en què es troben i ajudar-los a triar el seu itinerari formatiu. Per a poder accedir a la guia d'estudi d'un mòdul en particular, només cal entrar en l'apartat "*Study Guide*" estant autenticat dins de l'entorn virtual. Aleshores es mostrarà la guia d'estudi corresponent al mòdul en què estigui treballant l'alumne [figura 2.7].



STUDY GUIDE - MODULE 10

AIMS AND CONTENTS

This unit deals with the topic of "Science Fiction or the Limits of Science in Fiction", and it represents the ways many novels and movies have examined the possible consequences of our technological developments and their effects on human beings and society. This unit seeks to introduce the student to some basic concepts of science fiction adn to familiarise him /her with key works that have explored the limits of science in literature and film.

In this module you'll learn more Science Fiction through reading, listening, writing and speaking activities.

Don't forget to fill in your personal log as you do the different activities. It will help you monitor your progress.

SOME SUGGESTIONS FOR WORKING THROUGH THE MODULE

Use the web resources in this module to write some notes. Keep records of those resources, they'll be useful to acknowledge your sources in the 'extension work' written assignments: summarising a passage, writing a quotation, making a paraphrase and techniques to avoid plagiarism.

Find out wether there are any important SCIENCE FICTION AWARDS in this country, even in your own university. Find out about sci-fi associations in this country.

MAP OF THE MODULE

Choose the skill you want to practice by clicking on it.

Reading

- Identifying vocabulary items within a passage
- Locating specific information
- Identifying textual organization
- Recognizing different types of discourse: magazine article and research essay.

Writing

- Making predictions about future technologies.
- Writing exercises on summarising, quoting, paraphrasing and avoiding plagiarism.

Listening

- Understanding specific and general information from video clips (from the film "Blade Runner").
- Understanding specific information about cyborgs (from the TV series "Star Trek").

Speaking

- Pronunciation practice: American vs British pronunciation (/t/ pronounced as /r/ and /t/ silenced or glottalized).
- Taking notes and giving a short presentation on a topic: EXTROPIANS.

MODULE 10: Science Fiction or the Limits of Science in Fiction

Figura 2.7: Guia d'estudi del mòdul 10.

Aquestes guies d'estudi són elaborades pels professors i professores, però com que actualment el projecte consisteix en la implementació d'un sol mòdul, s'ha optat per

incloure-les dins de l'arquitectura expansible, guanyant així en flexibilitat i permetent modificacions. D'aquesta manera, a mesura que es vagin elaborant i perfeccionant les diferents guies d'estudi de cada mòdul, es podran introduir dins de la base de dades per a ser mostrades a qui ho sol·liciti. La interfície d'administració de les guies d'estudi és ben senzilla: cal triar el número de mòdul al què pertany la guia d'estudi i a continuació escriure el seu contingut separat per les seccions "AIMS AND CONTENTS", "SOME SUGGESTIONS FOR WORKING THROUGH THE MODULE", "READING", "WRITING", "LISTENING" i "SPEAKING". Aquest contingut es pot modificar posteriorment mitjançant la mateixa interfície.

2.7 Glossari

Dins de l'entorn *Quantum LEAP* hi ha cert vocabulari específic relacionat amb l'aprenentatge de llengües que pot ser desconegut per a alguns estudiants. L'objectiu del glossari és facilitar una explicació adaptada a les necessitats dels alumnes d'aquelles paraules o expressions més específiques. L'aplicatiu del glossari realitzat permet enllaçar-hi des de qualsevol punt de l'entorn virtual per tal de buscar automàticament la paraula desitjada. L'addició de paraules i definicions al glossari s'efectua a través de la interfície d'administració centralitzada.

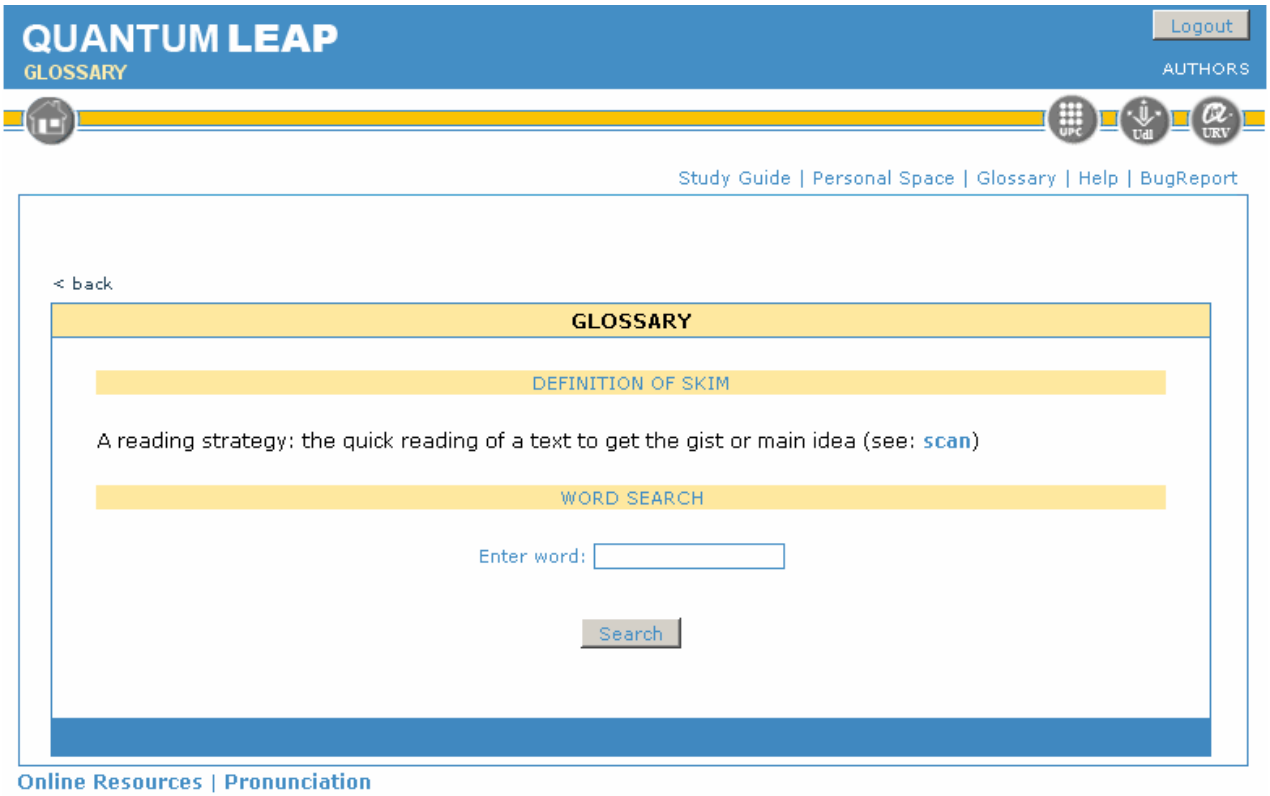


Figura 2.8: Glossari

2.8 Estadístiques

Els administradors de l'entorn poden portar una estadística sobre els usuaris que l'utilitzen. Això permet tenir un control sobre els hàbits i les tendències dels alumnes a l'hora de treballar amb les activitats d'aprenentatge, i dóna la possibilitat de conèixer les opinions que manifestin en el *Personal Log*, tal i com s'ha explicat en l'apartat 2.4 en les opcions que proporciona el registre personal. D'aquesta manera es pot obtenir un perfil més acurat dels estudiants que utilitzen l'entorn i es pot seguir millorant tot el projecte *Quantum LEAP* amb l'ajuda dels propis usuaris.

2.9 Missatgeria

Els usuaris poden utilitzar el servei de missatgeria interna propi de l'entorn virtual *Quantum LEAP*. Aquest servei permet comunicar-se de forma fàcil i ràpida amb la resta d'usuaris i grups per tal d'intercanviar informació i opinions, sense necessitat de conèixer les seves adreces de correu electrònic [Figura 2.9]. Els usuaris poden decidir rebre els missatges al mateix entorn virtual o a l'adreça de correu que utilitzaren per a registrar-se, donant així la possibilitat d'unificar la missatgeria personal. En aquest cas, cada correu electrònic rebut inclou l'enllaç necessari per tal de respondre al remitent dins de l'entorn *Quantum LEAP*.

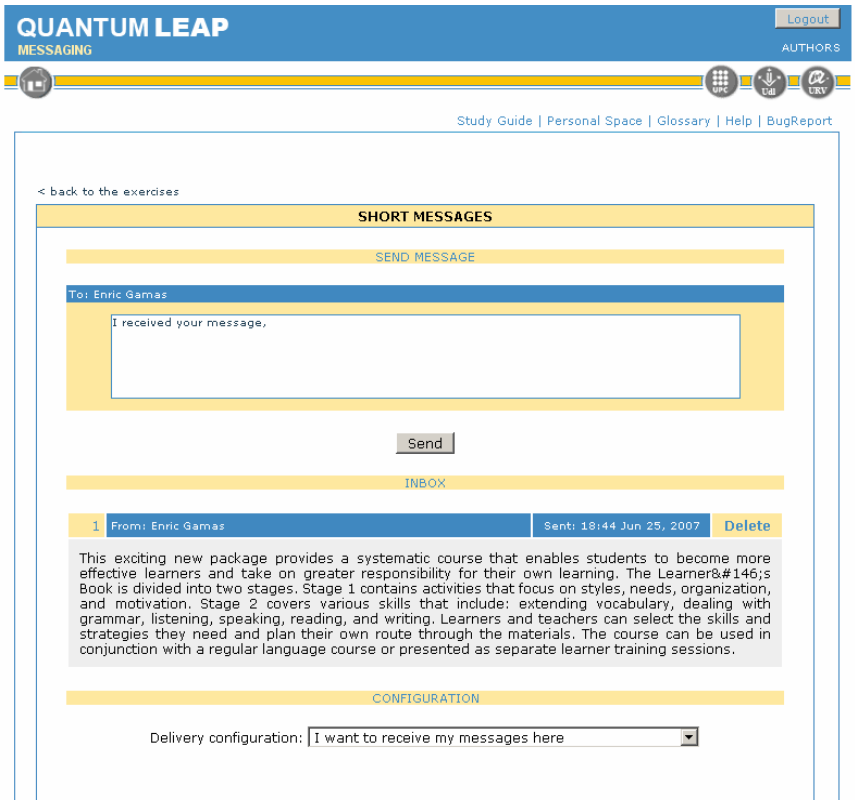


Figura 2.9: Missatgeria interna

2.10 Espai personal

L'entorn virtual Quantum LEAP posa a disposició dels usuaris un espai personal que facilita la navegabilitat entre les seccions de *personal log, portfolio, group* i *short messages*. En aquesta interfície es mostra el nombre de missatges que ha rebut l'usuari, la seva pertinença a algun grup i els enllaços al registre d'activitats i els *portfolios*. D'aquesta manera l'estudiant té accés a totes les prestacions de l'entorn en una sola interfície clara, fàcil d'utilitzar i resumida [Figura 2.10].

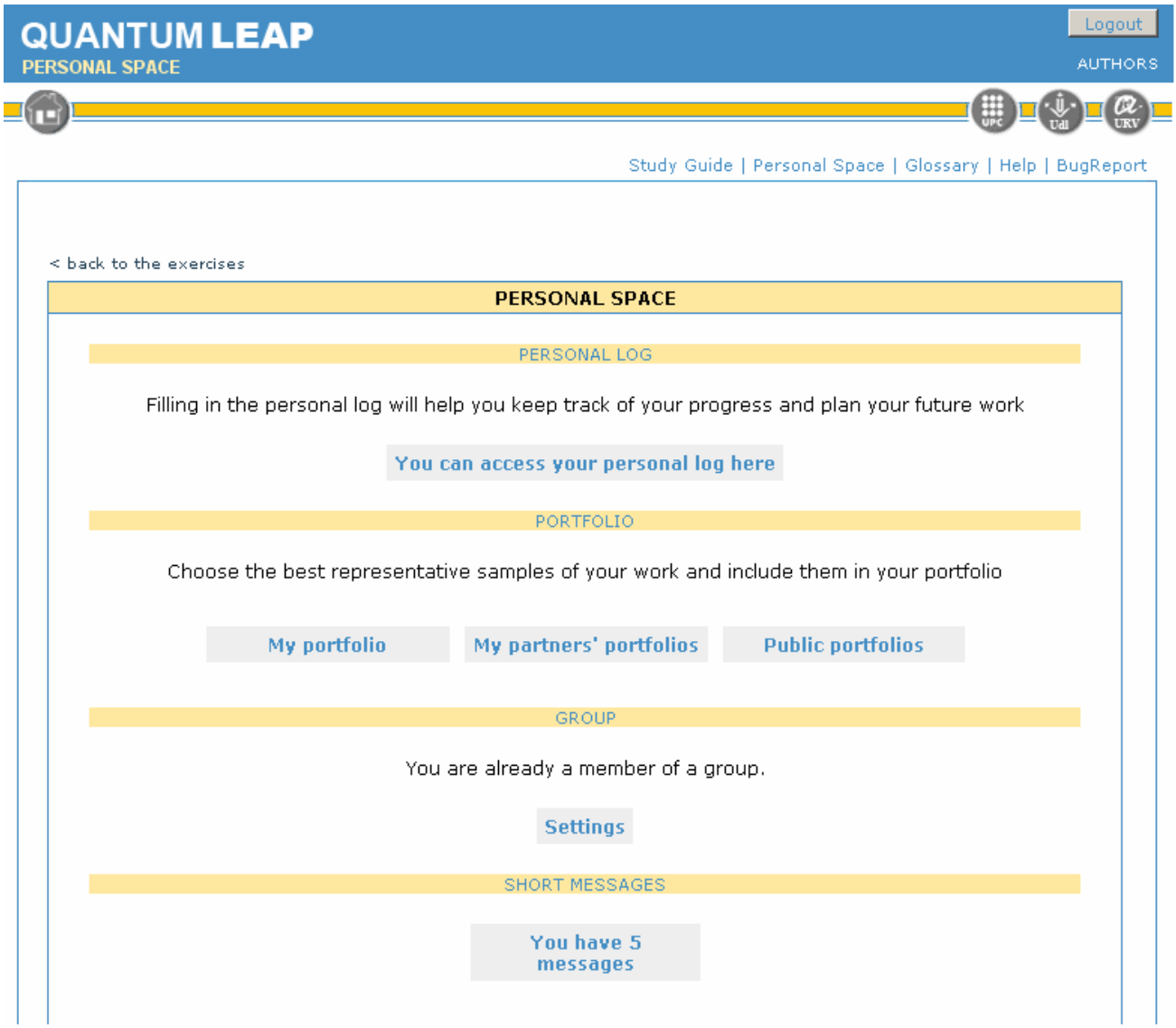


Figura 2.10: Espai personal

Capítol 3: Desenvolupament del projecte

3.1 Introducció: Per què Linux/PHP/MySQL

Aquest projecte està realitzat amb PHP, un llenguatge de desenvolupament d'aplicacions *web* de codi obert (*open source*). En forma conjunta amb el servidor d'aplicacions *Apache* i el sistema operatiu *Linux*, PHP està entre les tecnologies de codi obert més desenvolupades i utilitzades. Segons NetCraft [1], les solucions de codi obert per a servidors a Internet han sobrepassat les costoses solucions comercials, convertint així el conjunt d'aplicacions LAMP (Linux/Apache/MySQL/PHP) en l'alternativa més popular, sent utilitzades en més de 66 milions de llocs avui dia.

Els avantatges de PHP són molt clars: una plataforma robusta, escalable, estable, segura i de grans prestacions. PHP està dissenyat per a desenvolupar aplicacions *web* que són escalables a un gran nombre d'usuaris. Zend Technologies addicionalment ofereix eines per a millorar les prestacions de PHP, incloent *cache* de memòria sofisticat, compressió de contingut i millora del temps de resposta per a major escalabilitat. PHP és estable i segur, i suficientment robust per a suportar aplicacions de missió crítica dels entorns que requereixen estar constantment disponibles i segurs.

PHP també és fàcilment integrable en ambients i sistemes empresarials heterogenis. És completament interoperable amb altres llenguatges, protocols, sistemes i bases de dades incloent C/C++, Java, Perl, COM/.NET, XML/Web services, LDAP, ODBC, Oracle i MySQL. Degut al fet que PHP és un producte de codi obert, pot ser instal·lat en qualsevol plataforma, amb qualsevol servidor *web* i amb qualsevol base de dades. PHP i MySQL no estan restringits a cap plataforma o tecnologia, i són totalment gratuïts, cosa que suposa un gran estalvi per a la universitat a l'hora d'adquirir llicències de programari per tal d'implementar la plataforma on s'allotgi l'entorn *Quantum LEAP*.

3.2 Eines emprades

L'entorn en PHP del projecte *Quantum LEAP* s'ha desenvolupat utilitzant eines de programari lliure, d'acord amb la filosofia seguida per a implementar el servidor on s'allotja *Quantum LEAP*. Concretament, en l'elaboració del codi font, s'ha utilitzat l'editor de text SciTE (Scintilla Text Editor). Es tracta d'un editor de text lliure, que facilita la visualització

del codi, tot donant colors diferents a cada tipus d'element que l'integra. També aporta un recordatori de funcions en diversos llenguatges per tal d'agilitzar la creació de codi, del qual en reconeix més de 31 llenguatges diferents, incloent HTML/Javascript, CSS i PHP, que són els utilitzats en aquest projecte. Pel que fa a la transferència d'arxius, s'ha utilitzat el WinSCP, també programari lliure. Es tracta d'un client FTP i SFTP, per tal de poder transferir el projecte *Quantum LEAP* sencer al servidor de proves primer, i al servidor proporcionat per la UPC, posteriorment.

Quant als navegadors Web per a veure el projecte en funcionament, se n'ha hagut d'utilitzar tres. Principalment s'ha utilitzat el Mozilla Firefox, que també és programari lliure i que, gràcies als esforços conjunts de centenars de col·laboradors arreu del món, és un programa disponible en les plataformes Linux i686, MAC OS X, i Windows, a més d'estar traduït a més de 35 idiomes per a cadascuna de les plataformes [2]. Al ser el navegador de codi font obert per excel·lència, i per tant adherir-se estrictament als estàndards ISO a Internet, fa que sigui el principal programa per a mesurar l'eficàcia del resultat del projecte *Quantum LEAP*. En segon lloc hi ha el conegut Microsoft Internet Explorer, en les seves versions 5, 6 i 7. Malgrat la política de Microsoft no contempla en gran mesura els estàndards vigents en matèria de protocols al *Web* (com és el cas de HTML/XTHML/Javascript [3], [6], CSS [4], [5], i *cookies* [7]), s'ha hagut d'incloure en les proves aquest navegador degut al gran nombre de persones que l'utilitzen, ja que és un paquet inclòs en el sistema operatiu Microsoft Windows. En últim lloc, el tercer navegador utilitzat és l'emergent però molt minoritari Opera, que no és programari lliure, però que actualment està en un procés d'expansió que farà que en un futur pròxim tingui una quota d'utilització bastant superior. Aquest navegador compta amb versions per als sistemes operatius d'estacions de treball i ordinadors de sobretaula i, de forma destacada, telèfons mòbils i dispositius alternatius com la coneguda consola de videojocs *Wii*.

Segons les estadístiques d'utilització de navegadors de W3Schools.com [8], en l'últim mes, l'explorador majoritari és l'Internet Explorer 6, amb un 37.3% dels usuaris. El segueixen el Mozilla Firefox amb un 32.9% i l'Internet Explorer 7, amb un 19.2%. En les últimes posicions hi ha l'antic Internet Explorer 5, l'Opera, i el Safari de MAC OS X, amb un 1.7% cadascun. El percentatge restant (1.3%) pertany al conjunt de navegadors amb el mateix motor que el Mozilla Firefox, però desenvolupats per camins diferents (Safari, Konqueror, Gecko, Netscape). Val a dir que en aquestes estadístiques no apareixen els navegadors que no arriben al 0.5% d'utilització per part dels usuaris. D'aquesta manera,

les proves efectuades amb els navegadors anteriorment anomenats cobreixen així el 92.4% dels internautes.

Al llarg de l'elaboració d'aquest PFC hi ha hagut canvis substancials en les especificacions tècniques degut a la reestructuració de la informació i canvis d'estratègies. S'ha optat per no mantenir l'elaboració d'exercicis en *Flash* subjecta a especificacions lleugerament flexibles des del punt de vista del motor PHP. Per aquest motiu, ha estat necessari desassemblar diversos objectes *Flash* i ajustar-los a petits canvis quan havien de fer referència al propi motor PHP. Per tal de poder modificar els objectes *Flash* independentment de la disponibilitat del seu codi font, s'ha utilitzat l'eina "FLASM" (programari lliure). També existeix la utilitat "Sothink SWF Decompiler" però al ser un programa comercial de pagament, s'ha optat per la primera alternativa.

Finalment, per a la depuració de possibles problemes amb les dades enviades dins del protocol de transferència d'hipertext (HTTP), ha estat necessari utilitzar l'eina Wireshark, també programari lliure. Conegut anteriorment com a Ethereal, es tracta d'un analitzador de protocols que ha permès detectar errades en el funcionament intern de les comunicacions entre client i servidor del projecte *Quantum LEAP*.

3.3 Infrastructura necessària

En aquest apartat es tractaran els recursos necessaris per a una bona experiència d'usuari des d'un punt de vista qualitatiu. Al ser un projecte de cara al públic i accessible per a tothom, l'entorn virtual d'aprenentatge *Quantum LEAP* necessita una planificació de recursos que impedeixin una sobrecàrrega del servidor o la seva xarxa i, per tant, una excessiva lentitud a l'hora de treballar-hi. Cal esbrinar quina és la capacitat de cada servidor dedicat, i la capacitat de la xarxa a la què estarà connectat, segons les necessitats i els usuaris finals objectius. Depenent de les conclusions, es podrà determinar si seria convenient implementar un servidor per a l'entorn *Quantum LEAP* a cada universitat que en vulgui disposar, o si n'hi hauria prou amb centralitzar el projecte a un sol allotjament per a tothom.

3.3.1 Maquinari

Els requeriments de potència de computació són importants tant des del punt de vista del client com del servidor. Malgrat tot, els motors que interpreten els objectes *Flash* i els applets de Java no necessiten una gran dedicació de recursos i, per tant, qualsevol usuari amb un ordinador comú pot accedir a l'entorn *Quantum LEAP* sense problemes. Des del punt de vista del servidor, els requeriments són més importants. Les transaccions amb la base de dades MySQL i la càrrega que suposa la interpretació del codi PHP per a múltiples usuaris podrien requerir un servidor dedicat en un futur. Actualment, el servidor que ofereix la UPC (eprints.upc.es) és una solució perfectament vàlida.

3.3.2 Ample de banda

L'ample de banda necessari per a una navegació fluïda és el segon factor important a considerar. Per a aquest càlcul ha estat necessari considerar la mitjana esperada de trànsit per usuari, per tal de poder estimar primer l'ample de banda necessari per al client, i calcular l'ample de banda necessari en el servidor segons el nombre de clients. Si es té en compte que la mitjana per a cada pàgina de text HTML suposa 10 KB, amb imatges, botons i un menú en *Flash* que arriben als 12 KB, i addicionalment exercicis en *Flash* que ocupen una mitjana de 70 KB, tenim una càrrega total de 92 KB aproximats per pàgina. Aquest resultat implica que mitjançant una línia de 1 Mbps es pot descarregar cada pàgina en menys d'un segon. Des del punt de vista del servidor, aquesta conclusió ens porta al nombre d'usuaris totals que podrien descarregar informació al mateix temps sense degradar la velocitat servida a cada client, sempre considerant el pitjor cas.

Però el projecte *Quantum LEAP* conté una gran quantitat de material audiovisual. Cada vídeo representa una quantitat de dades que s'han de transmetre en un temps mínim per tal de no degradar l'experiència de l'usuari. Aquest criteri podria ser utilitzat per tal d'establir un mínim d'ample de banda de la línia segons el nombre d'usuaris desitjats visualitzant contingut audiovisual en el sistema.

Els vídeos *Flash* estan codificats a 12 imatges per segon, i a la seva resolució de 192x144 píxels aplicant compressió, es pot calcular que cada segon de reproducció equival a 18 KB. Considerem que, degut a la sobrecàrrega dels protocols a nivell de transport, xarxa i enllaç, necessitem un ample de banda mínim aproximat per usuari de

200 Kbps. Des del punt de vista del client, aquesta velocitat és assumible a partir de les antigues línies ADSL de 256 Kbps, mentre que les línies actuals (de 512 Kbps i 1 Mbps) excedeixen les expectatives. Això implica que per a una bona reproducció de contingut audiovisual, és necessari que el servidor satisfaci la demanda dels 200 Kbps per client. Com a exemple, es pot citar el cas d'una xarxa típica de 100 Mbps. En la línia de pensament del pitjor cas, en què tots els usuaris estiguin visualitzant contingut multimèdia al mateix temps, ens trobem amb un màxim absolut i aproximat de 500 clients simultanis per servidor dedicat.

D'aquesta manera podem aproximar-nos a les expectatives de la implementació, i fer una estimació del tipus de xarxa necessària per a la instal·lació d'un o més servidors del projecte *Quantum LEAP*. En definitiva, els requisits per a utilitzar l'entorn virtual per part dels usuaris són mínims, convertint-lo en un entorn assequible a qualsevol persona. Els requeriments de planificació des del punt de vista del servidor són majors i s'han de tenir en compte a l'hora de desplegar la infrastructura necessària.

3.4 Disseny de l'estructura del motor de l'entorn

Per tal d'oferir la possibilitat d'allotjar tots els exercicis independentment del mòdul didàctic al què pertanyin, cal dissenyar amb certa previsió una estructura flexible, expansible i fàcilment indexable. En els següents apartats es pot veure la filosofia de l'organització de la informació dins de l'entorn virtual.

3.4.1 PHP

Cadascun dels arxius PHP d'aquest motor té una funció molt concreta. Les diferents seccions de l'entorn (*preview, reading, writing, listening* i *speaking*) són generades cadascuna per un arxiu o mòdul PHP que en particularitza les característiques de presentació i tractament dels texts i dels exercicis en què es pot guardar la producció oral i/o escrita. De la mateixa manera, les seccions de *glossary, my space, portfolio, personal log, study guide, short messages* i *group* són generades mitjançant un mòdul PHP cadascuna. A més, en tot moment s'ha de garantir l'autenticitat dels usuaris de l'entorn, per la qual cosa s'utilitza un altre mòdul on es verifica contínuament la seva identitat. Totes les funcions necessàries per a les operacions iteratives del motor PHP es troben concentrades

en un mòdul independent, fent-les així disponibles a qualsevol fragment del motor PHP que les sol·liciti.

3.4.1.1 SQL

La base de dades s'accedeix mitjançant el llenguatge SQL, integrat dins del mòdul de funcions en PHP i, per tant, accessible des de qualsevol secció del motor. Aquestes funcions s'encarreguen de filtrar i assegurar les peticions a la base de dades per tal de no permetre l'explotació de vulnerabilitats de seguretat per part dels usuaris. L'estructura sencera de la base de dades es pot veure a l'apartat 3.4.2 i els detalls sobre seguretat al capítol 4.

3.4.1.2 HTML/Javascript/CSS

HTML, Javascript i CSS són els llenguatges interpretats pel navegador web que constitueixen la presentació gràfica interactiva de l'entorn virtual del projecte *Quantum LEAP*. El motor PHP genera dinàmicament el codi HTML i Javascript que cal mostrar en tot moment. Degut a les diferències inherents en el disseny dels navegadors web, se n'han utilitzat diversos, tal i com s'ha explicat al punt 3.2, per tal de visualitzar i assegurar que totes les pàgines de l'entorn es mostren de la mateixa manera davant dels usuaris.

3.4.1.3 *Flash*

La majoria dels exercicis del projecte *Quantum LEAP* són objectes *Flash* independents elaborats per l'equip tècnic de becaris. Per tal d'utilitzar-los, cal fer-hi referència dins de les pàgines HTML i, en alguns casos, ha estat necessari desassemblar-los per tal d'adequar certs enllaços i comportaments a l'estructura expansible de l'entorn virtual en PHP. Uns exemples d'això són la portada per a triar els mòduls didàctics a visualitzar i també el menú de navegació que permet triar entre les seccions de preview, reading, writing, listening i speaking de cadascun d'aquests mòduls.

3.4.1.4 Java

El projecte *Quantum LEAP* disposa de la possibilitat de gravar la pròpia veu, sentir la gravació i emmagatzemar-la. Això s'ha portat a terme mitjançant un applet en Java de gravació de veu dissenyat per mi mateix. És un applet independent i per ser utilitzat cal que se'n faci referència dins del codi HTML.

Els llenguatges interpretats com PHP i Java tenen l'avantatge que un mateix codi font es pot executar en qualsevol plataforma que els doni suport mitjançant un intèrpret de scripts (en el cas de PHP) o de bytecodes (en el cas de Java). Com a contrapartida, l'execució en aquests entorns és més lenta degut a la traducció a llenguatge màquina que cal portar a terme en temps real. En el cas del PHP, la càrrega de la traducció recau sobre el servidor web i, en el cas de Java, recau sobre la seva màquina virtual (Java VM). Per tant, comprimir arxius de so en PHP significaria un increment del temps de procés inacceptable per part del servidor degut a l'impacte que podria significar sobre el rendiment de la base de dades i dels serveis web. Per altra banda, comprimir arxius de so mitjançant un applet de Java incrementaria en gran manera el temps necessari per a processar una gravació d'uns pocs minuts de duració. Deixant de banda el fet de ser llenguatges interpretats, tot això és degut a la complexitat dels algorismes per a compressió d'àudio en formats amb pèrdua de qualitat com l'OGG i, a més, el fet que el format MP3 és propietari i necessita llicències en determinats països. Per tant, aquest applet grava la veu en format WAV sense pèrdues.

Tenint en compte que l'applet grava el so sense compressió, és necessari un compromís entre qualitat i mida de l'arxiu generat. Al ser gravacions de veu en un àmbit didàctic, cal mantenir una qualitat que permeti un distinció clara de tots els sons pronunciats, però a la vegada cal no generar un arxiu excessivament gran. Per aquest motiu, he considerat una freqüència de mostreig de 16 kHz a una profunditat de 8 bits. D'aquesta manera s'obté una qualitat de so aproximada a la d'una gravació en les antigues cintes de cassette i es genera un arxiu d'una mida aproximada a 1 MB/minut.

Per tal de reduir dràsticament la mida dels arxius de so generats, és convenient que l'usuari utilitzi una eina per a comprimir so, com ara el programa MediaCoder [11], preferiblement en el format lliure de patents OGG.

3.4.2 Base de dades: Taules

La base de dades del projecte *Quantum LEAP* consta de taules estàtiques per a continguts globals i taules dinàmiques, on les dimensions varien d'acord a les necessitats de cada mòdul didàctic introduït i les corresponents guies d'estudi. Les taules estàtiques són les següents:

usuaris	
Camp	Tipus
id	int(10)
nom_usuari	varchar(20)
contrasenya	varchar(40)
adreca_mail	varchar(255)
nom	varchar(255)
cognoms	varchar(255)
sexe	char(1)
data_naixement	date
ciutat	varchar(100)
provincia	varchar(50)
pais	varchar(50)
zip	varchar(5)
ofici	varchar(50)
nom_ofici	varchar(50)
institucio	varchar(100)
disciplina	varchar(20)
llengua	varchar(20)
estudia_ara	char(1)
estudia_temps	varchar(50)
curs_ara	char(1)
curs_nom	varchar(50)
altres_idiomes	char(1)
quins_idiomes	varchar(100)
nreading	tinyint(3)
nwriting	tinyint(3)
nlistening	tinyint(3)
nspeaking	tinyint(3)
hash	varchar(255)
verificat	tinyint(3)
grup	int(10)
config	tinyint(3)
registerdate	datetime

La taula "usuaris" emmagatzema tota la informació referent als usuaris en el moment de registrar-se. S'utilitza posteriorment per tal de mostrar dades personals en la secció de missatgeria i per a construir estadístiques a la interfície administrativa. La taula "usuaris" emmagatzema tota la informació referent als usuaris en el moment de registrar-se. S'utilitza posteriorment per tal de mostrar dades personals en la secció de missatgeria i per a construir estadístiques a la interfície administrativa.

uactius	
Camp	Tipus
id	int(10)
uid	mediumtext
ip	varchar(15)

La taula “uactius” porta un control sobre els usuaris que s’han autenticat a l’entorn i l’adreça IP de la màquina des de la qual s’hi ha connectat per tal d’evitar atacs de “session hijacking”.

missatges	
Camp	Tipus
id	int(10)
remitent	int(11)
destinatari	int(11)
msg	mediumtext
diaihora	timestamp(14)

La taula “missatges” emmagatzema tots els missatges que cal entregar al mateix entorn. No guarda cap missatge que s’hagi d’entregar directament a adreces de correu electrònic.

portfolios	
Camp	Tipus
id	int(10)
propietari	int(10)
nom	varchar(30)
tipus	varchar(30)
mida	int(11)
contingut	mediumblob
permisos	tinyint(3)
descripcio	mediumtext
categoria	varchar(9)
diaihora	timestamp(14)

La taula “portfolios” emmagatzema tota la informació relativa als arxius compartits pels usuaris en la secció de portfolio.

guiaestudi	
Camp	Tipus
modul	tinyint(3)
introduccio	mediumtext
suggeriments	mediumtext
reading	mediumtext
writing	mediumtext
listening	mediumtext
speaking	mediumtext

La taula “guiaestudi” emmagatzema tota la informació sobre les guies d’estudi de cada mòdul.

grups	
Camp	Tipus
id	int(10)
nom	varchar(255)
fundador	int(10)
descripcio	mediumtext
hash	varchar(255)
diaihora	timestamp(14)

La taula “grups” emmagatzema la informació bàsica relativa a cada grup d’usuaris.

glossari	
Camp	Tipus
paraula	varchar(255)
definicio	mediumtext

La taula “glossari” emmagatzema totes les paraules del glossari i la seva definició.

bans	
Camp	Tipus
id	int(10)
banejat	int(10)
banejador	int(10)
grup	int(10)

La taula “bans” emmagatzema la informació relativa a usuaris que tenen l’entrada prohibida a determinats grups i, a la vegada també es guarda informació sobre usuaris que volen ignorar els missatges d’altres usuaris.

modcols	
Camp	Tipus
modul	tinyint(3)
readings	tinyint(3)
writings	tinyint(3)
listenings	tinyint(3)
speakings	tinyint(3)
diaihora	timestamp(14)

La taula “modcols” conté el nombre d’objectius a assolir de cada secció a cada mòdul. Aquesta informació prové de la guia d’estudi.

Les taules dinàmiques de la base de dades es generen a partir de l'arxiu índex d'activitats i les guies d'estudis introduïdes. Els noms d'aquestes taules varien en funció del mòdul didàctic, secció i activitat de la qual s'enregistri la informació però la seva morfologia és idèntica en cada una d'elles i és la següent:

mXXYYYZ	
Camp	Tipus
id	int(10)
feta	char(1)
dificultat	tinyint(3)
agrada	tinyint(3)
esforc	tinyint(3)
temps	tinyint(3)
comentaris	mediumtext
diaihora	timestamp(14)

Aquestes taules guarden tota la informació dels registres personals de cada activitat. S'utilitzen també per a generar els conjunts d'estadístiques per al seguiment i millora del projecte *Quantum LEAP*.

Aquestes taules es generen de forma dinàmica segons el fitxer índex d'activitats, per tant, n'hi ha tantes com activitats tingui el mòdul didàctic, i l'estructura del seu nom és la següent: mXXYYYZ, on XX és el número de mòdul, YYY és un conjunt de tres lletres segons la secció i Z és el número d'activitat. Els conjunts de tres lletres són: "prv" per a la secció de *Preview*, "txt" per a la de *Reading*, "wri" per a la de *Writing*, "lis" per a la de *Listening* i "spk" per a la de *Speaking*. Per exemple, l'activitat 2 del Listening del mòdul 10 tindria associada una taula anomenada "m10lis2".

m10log	
Camp	Tipus
id	tinyint(3)
reading1	tinyint(3)
reading2	tinyint(3)
reading3	tinyint(3)
reading4	tinyint(3)
writing1	tinyint(3)
writing2	tinyint(3)
listening1	tinyint(3)
listening2	tinyint(3)
speaking1	tinyint(3)
speaking2	tinyint(3)
comentari1	mediumtext
comentari2	mediumtext
diaihora	timestamp(14)

Una altra taula dinàmica que cal utilitzar a cada mòdul és la que guarda tota la informació sobre les conclusions dels alumnes al finalitzar les activitats corresponents al mòdul didàctic. És una taula creada a partir dels objectius de la guia d'estudi i la taula "modcols" i, per tant, els seus camps varien en funció d'aquests objectius. El nom de la taula dinàmica és mXXlog, on XX és el número de mòdul. Com a exemple, la taula de conclusions del mòdul 10 és la què es mostra a l'esquerra. Conté els quatre objectius a assolir en la secció de *Reading*, els dos de la de *Writing*, *Listening* i *Speaking*, i els comentaris de l'estudiant.

Capítol 4: Seguretat

4.1 Introducció: Riscos de seguretat

Abans del moment de fer pública una aplicació de treball en xarxa, cal portar a terme una sèrie de proves exhaustives per a intentar fer el màxim dany possible al servidor d'aquesta aplicació a diferents nivells. Les proves han d'intentar revelar dades confidencials, obtenir accés sense autorització, esborrar o col·lapsar la base de dades i, en general, convertir l'entorn en insegur o inoperable. Durant aquestes proves es posarà de manifest la necessitat d'introduir canvis en el servidor o intentar protegir-lo en la mesura del què és possible. En el moment de desenvolupar el motor PHP per al projecte *Quantum LEAP* s'ha tingut en compte la possible explotació de vulnerabilitats a cadascun dels nivells de l'arquitectura TCP/IP, però els riscs potencials que afecten directament l'elaboració d'aquest PFC són els de la capa d'aplicació.

4.2 Seguretat a nivell d'aplicació: PHP

Els atacs que es poden arribar a portar a terme a nivell d'aplicació són producte d'una programació en PHP amb errors i, en un projecte tan gran com aquest, no seria difícil cometre'n diversos de forma inconscient. Els apartats següents expliquen les vulnerabilitats que s'han tingut en compte i que s'han provat tan exhaustivament com ha sigut possible:

4.2.1 Variables globals no inicialitzades i *authentication bypass*

En la configuració del servidor, si la variable "register_globals" està activada (com és el cas del servidor eprints), aleshores injecta variables globals externes de peticions de formularis web cap a dins del script PHP. Aquesta injecció, conjuntament amb el fet que PHP no requereix inicialització de variables, significa que escriure codi font insegur és molt més fàcil. Es pot il·lustrar amb l'exemple següent, en el què no s'inicialitza la variable $autoritzat:

```
if (usuari_autenticat()) {
    $autoritzat = TRUE;
}
if ($autoritzat) {
    include "/topsecret/data.php";
}
```

En aquest exemple, qualsevol persona podria saltar-se l'autenticació escrivint en el seu navegador "http://eprints.upc.es/quantum/preview.php?autoritzat=1" ja que automàticament, la variable `$autoritzat = $_GET["autoritzat"]` degut a la variable de configuració "*register_globals*" activada.

Un altre mètode de saltar-se l'autenticació seria mitjançant la inclusió directa de scripts en cascada. En l'exemple anterior, un usuari podria accedir directament a "/topsecret/data.php" només coneixent la seva existència. La metodologia d'autenticació correcta és incloure el mecanisme de comprovació de nom d'usuari i contrasenya dins de cada fitxer sensible mitjançant una inclusió d'autenticació al seu inici.

4.2.2 Injecció de codi remot i inclusió d'arxius remots

Els formularis web permeten que l'usuari introdueixi qualsevol text. Addicionalment, es poden enviar formularis amb dades falsificades que, amb una determinada estructura, podrien introduir codi PHP o HTML maligne per tal d'executar-se en el servidor. Per aquest motiu, cal filtrar i validar tots i cadascun dels formularis que permeten als usuaris enviar les seves peticions web, de manera que s'eliminin tots els caràcters especials que pugui arribar a portar a la injecció de codi o inclusió d'arxius externs. Un atac d'aquest tipus portat a terme amb èxit podria permetre a l'atacant una escalada de privilegis en el servidor i fer-se'n amb el control.

4.3 Seguretat a nivell d'aplicació: SQL

Les vulnerabilitats relacionades amb SQL estan relacionades en certa mesura amb PHP. La manca de filtres i validacions en el motor PHP podria portar a l'èxit d'aquesta mena d'atacs.

Els atacs d'injecció SQL permetrien a un usuari malintencionat autenticar-se de forma fraudulenta a l'entorn (suplantant altres usuaris de la comunitat), o bé esborrar la base de dades sencera per tal de convertir l'entorn virtual en inoperable. Per exemple:

```
$query="SELECT id FROM usuaris WHERE usuari='$user' AND contrasenya='$pass'";
```

Aquesta petició és insegura perquè un usuari malintencionat podria introduir com a usuari i contrasenya els següents valors:

```
$user = "' OR '1";
$pass = "' OR '1";
```

Amb la qual cosa, la petició queda de la següent manera:

```
$query="SELECT id FROM usuaris WHERE usuari='' OR '1' AND contrasenya='' OR '1'";
```

La condició WHERE avalua a cert i, per tant, es compleix sempre, amb la qual cosa es seleccionen totes les “id” de la taula i es considera un usuari autenticat.

Un altre exemple més problemàtic és el de destrucció de dades mitjançant injecció SQL. Si en el nom d’usuari i contrasenya s’utilitza:

```
$user = "'; DELETE FROM usuaris WHERE 1 OR usuari = '";
$pass = "'; DELETE FROM portfolios WHERE 1 OR usuari = '";
```

I la petició quedaria de la següent manera:

```
$query="SELECT id FROM usuaris WHERE usuari='';
DELETE FROM usuaris WHERE 1 OR usuari = '' AND contrasenya='';
DELETE FROM portfolios WHERE 1 OR usuari = '''";
```

D’aquesta forma s’esborrarien les taules “usuaris” i “portfolio” degut a què les dues últimes peticions avaluen la condició a cert.

Per tal d’evitar aquesta mena d’atacs, cal filtrar i validar adequadament els formularis web. Això es pot fer mitjançant la funció de PHP anomenada “mysql_real_escape_string()”, que reconverteix tots els caràcters perillosos a un format inofensiu per a la base de dades i evitant així tots els intents d’injecció SQL.

4.4 Seguretat a nivell de xarxa

L'ús de dades personals en el projecte *Quantum LEAP* fa que la privacitat sigui un tema rellevant. Les mesures de seguretat per a no permetre la divulgació d'informació confidencial estan més relacionades amb el servidor que no pas amb l'elaboració d'un motor en PHP. Les dades enviades pels usuaris cap a l'entorn virtual poden ser interceptades per terceres persones i cal prendre mesures per evitar-ho.

L'estratègia per a la intercepció de dades personals són els atacs MITM (*Man in the Middle* o *Monkey in the Middle*). Aquests atacs es poden portar a terme en *routers* compromesos i més fàcilment en xarxes d'àrea local mitjançant enverinament ARP. Aquests atacs consisteixen en la falsificació de la identitat a nivell d'enllaç i el conseqüent redireccionament del trànsit de xarxa cap a un atacant que l'examini o modifiqui i posteriorment el torni a enviar al seu destinatari original. Val a dir que aquests atacs són possibles també a nivell d'enllaç directament des de xarxes sense fils (802.11) que no tinguin un sistema de seguretat robust.

Una mesura per tal d'intentar impedir aquesta mena d'atacs seria proporcionar un canal segur mitjançant xifrat de clau pública i privada. El problema és que si els usuaris accepten un certificat de clau pública que no sigui de confiança, poden estar fent servir la clau de l'atacant per a xifrar les seves dades. L'atacant no hauria de fer res més que tornar a xifrar les dades segons la clau pública del destinatari legítim i tornar-les a enviar. Per aquest motiu, cal que els usuaris instal·lin el certificat de seguretat del servidor del projecte *Quantum LEAP* com a certificat de confiança i no acceptar-ne cap altre. L'inconvenient és que es tracta d'una mesura de seguretat que es basa en una decisió dels usuaris i, per tant, no es pot assumir que es porti a la pràctica.

4.5 Conclusions

Finalment cal destacar que el projecte Quantum LEAP romandrà segur a nivell d'aplicació i les dades personals es mantindran raonablement segures a nivell de xarxa mentre els usuaris segueixin polítiques de seguretat correctes en matèria de certificats de seguretat de confiança.

Aquest PFC es coordina amb un altre PFC portat a terme a la Facultat d'Informàtica de Barcelona per tal de comprovar les possibles vulnerabilitats de seguretat de l'entorn. Com que l'entorn virtual Quantum LEAP està en constant desenvolupament, en el moment de redactar aquesta memòria s'estan incorporant millores relacionades amb la seguretat. Addicionalment, a mesura que s'afegeixin prestacions al motor de l'entorn es poden anar descobrint altres vulnerabilitats i per tant no se'n pot donar una relació exhaustiva.

Capítol 5: Expansibilitat

5.1 Introducció: Avantatges de l'estructura expansible

En un entorn interactiu en desenvolupament, com és el projecte *Quantum LEAP*, és necessària una previsió sobre els futurs continguts. Aquesta planificació juntament amb un major esforç en l'elaboració del motor PHP són els què permeten crear un entorn virtual flexible i amb un posterior requeriment d'esforç administratiu mínim. Un administrador no necessitaria canviar en cap moment el codi font del motor PHP per tal d'incloure nous mòduls i exercicis, i una interfície administrativa adequada proporciona la possibilitat de reestructurar tota la base de dades sense tenir cap coneixement previ sobre el tema.

5.2 Mòduls PHP

Els scripts PHP del projecte *Quantum LEAP* han estat dissenyats per a deslliurar de feina a qui administri l'entorn virtual. És imprescindible l'automatització de processos que altrament requeririen coneixement previ de l'administrador en matèria de llenguatge PHP, estructura de bases de dades, llenguatge SQL i, el què és més important, coneixement sobre el complex funcionament intern del motor PHP de l'entorn. Això implicaria una major dificultat a l'hora de traslladar el projecte *Quantum LEAP* a altres servidors i universitats.

El registre de nous usuaris és un procés automàtic portat a terme pels mateixos alumnes que vulguin utilitzar l'entorn. L'eliminació d'un usuari de l'entorn des de la interfície administrativa també conté un procés automatitzat per tal d'eliminar tots els arxius i registres dels quals en sigui propietari, mantenint així la consistència de la base de dades. La creació i gestió de grups, la missatgeria, els registres personals i la creació d'estadístiques també són processos efectuats pels usuaris i sense requerir la intervenció de cap administrador. Finalment, les guies d'estudi s'han d'introduir des de la interfície d'administració per tal de ser processades i modificar la base de dades per tal d'adequar-la a la forma de les conclusions dels registres personals de cada mòdul, convertint això també en un procés automatitzat.

5.3 Arxius XML

L'arquitectura del projecte *Quantum LEAP* permet utilitzar intèrprets de fitxers de dades que contenen l'estructura real de tot l'entorn virtual. Aquests fitxers de dades estan en format XML i són d'una gran simplicitat. L'arxiu índex de l'entorn virtual s'anomena "activitats.xml" i, com el seu nom indica, inclou un índex de totes les activitats del projecte, així com el seu nombre i estructura. En un període d'expansió del projecte, quan un administrador ha inclòs les noves activitats dins del fitxer índex, només cal carregar-lo al servidor mitjançant la interfície administrativa. En aquell moment, el fitxer índex és processat pel motor PHP i es creen automàticament les noves taules a la base de dades per tal d'adequar-ne el contingut de seccions com el *Personal Log* o registre personal. Addicionalment, a partir d'aquell moment, l'arxiu índex també és utilitzat constantment pel motor PHP per a saber quants exercicis hi ha en cada secció de cada mòdul i quins s'han de mostrar. D'aquesta manera i seguint les especificacions de l'apartat 6.3, es poden carregar exercicis en format SWF (*Flash*) i PHP al servidor de l'entorn, amb la tranquil·litat de saber que és el motor PHP que s'encarrega de mostrar els exercicis corresponents tot interpretant l'arxiu índex "activitats.xml".

5.4 Possibles millores

Les possibles millores d'expansibilitat per al projecte *Quantum LEAP* podrien centrar-se en facilitar encara més l'addició d'exercicis i mòduls didàctics. Millorant la interfície administrativa, es podria simplificar i automatitzar la tasca de reanomenar i carregar els exercicis al servidor per tal de no necessitar tan sols les especificacions de l'apartat 6.3.

L'edició d'un fitxer en format XML és prou simple, però es podria arribar a aconseguir una interfície purament gràfica mitjançant PHP per a afegir, modificar i treure continguts de l'índex d'activitats del projecte *Quantum LEAP*.

Capítol 6: Especificacions per a futures addicions i modificacions

6.1 Introducció

Aquest PFC es centra en posar en marxa un mòdul pilot d'entre els quinze mòduls que conformen el projecte *Quantum LEAP*. Aquest mòdul servirà com a guia per a expandir el projecte als altres catorze mòduls didàctics. Per a poder implementar amb èxit la resta de mòduls, cal seguir al peu de la lletra les especificacions que es detallaran a continuació, i conèixer les possibilitats i limitacions del motor PHP.

6.2 Servidor

En l'àmbit de requeriments a nivell de servidor, és perfectament vàlida qualsevol plataforma web que suporti PHP 4.3 o superior i MySQL 3.23 o superior per a la base de dades. És recomanable que suporti també HTTPS per a comunicacions segures a l'hora d'intercanviar dades confidencials o que podrien posar en perill la integritat de la base de dades en el cas de fer-se públiques. També ha de ser possible l'enviament de correus electrònics des de PHP, ja sigui de forma estàndard o amb l'extensió PEAR [10] per a PHP.

6.3 Funcions PHP

A l'hora de traslladar el projecte Quantum a un nou allotjament, cal tenir en compte una sèrie de variables globals que condicionen el comportament del motor PHP. Aquestes variables es troben dins de l'arxiu "modificar.php". Aquest arxiu té la següent estructura:

```
<?php
	$domini = "eprints.upc.es";
	$servidor = "http://eprints.upc.es/quantum/registrar.php";
	$servidor_inici = "http://eprints.upc.es/quantum/";
	$bd_servidor = "eprints.upc.es";
	$bd_user = "nom_usuari_BD";
	$bd_pass = "contrasenya_BD";
	$bd_nom = "nom_BD";
	$mailremitent = "quantumleap@upc.edu";
	$webmaster = "enric.gamas@estudiant.upc.edu";
	$fitxer_activitats = "activitats.xml";
?>
```

Les variables $domini, $servidor i $servidor_inici han de contenir la ubicació real del projecte *Quantum LEAP*, de manera que el motor PHP pugui donar correctament les cookies corresponents als usuaris i la redirecció de les pàgines de registre s'efectuï de forma satisfactòria. Per altra banda, les variables $bd_servidor, $bd_user, $bd_pass i $bd_nom han de contenir el servidor de base de dades, nom d'usuari, contrasenya i nom de la base de dades a utilitzar, per tal que totes les operacions amb la base de dades funcionin correctament. La variable $mailremitent s'utilitza com a adreça de remitent en les notificacions que s'envien als usuaris a través de correu electrònic. Pot prendre qualsevol valor amb un domini vàlid, i es pot ajustar com més convingui. La variable $webmaster conté l'adreça electrònica de qui s'encarrega de mantenir la seguretat i el bon funcionament del projecte *Quantum LEAP*. És important que sigui una adreça vàlida perquè els avisos de seguretat generats pel motor PHP són enviats a aquesta adreça.

Finalment, la variable $fitxer_activitats indica quin és l'arxiu amb l'índex de totes les activitats del projecte *Quantum LEAP*. Modificar aquesta variable permet tenir diversos arxius amb índexs de forma experimental quan es vulguin incorporar nous mòduls i noves activitats al motor PHP. El format de l'arxiu "activitats.xml" es detalla al següent apartat.

6.4 Arxius XML

L'únic arxiu XML (Extensible Markup Language) de l'entorn, anomenat "activitats.xml", s'encarrega de centralitzar la tasca d'indexar els continguts de tot el projecte *Quantum LEAP*. Modificant aquest arxiu es pot afegir o modificar l'índex d'exercicis, texts introductoris i imatges de cadascuna de les diferents seccions que composen cada mòdul didàctic.

L'estructura de l'arxiu "activitats.xml" és la següent:

- La capçalera de l'arxiu és `<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>`
- El marcador d'inici i final de l'entorn és `<quantum>`
- El marcador de cada mòdul és `<modul m="10">` amb el paràmetre *m* equivalent al valor del número de mòdul.
- El marcador de títol de cada mòdul és `<titol>`
- Els marcadors de seccions de cada mòdul són (en aquest ordre): `<preview>`, `<reading>`, `<writing>`, `<listening>` i `<speaking>`
- El marcador del text introductori de cada secció del mòdul és `<text>`

- Els marcadors d'imatge de cada secció del mòdul són: `<imatge>` per a indicar el nom de l'arxiu d'imatge i `<noimatge>` per a indicar que la secció no té cap imatge.
- El marcador de cada activitat és `<activitat numexercicis="1,1,1">` amb numexercicis com a paràmetre que indica el nombre d'exercicis dins de l'activitat i apartats de cada un dels exercicis.
- El marcador del nom de cada activitat és `<titolactivitat>`

El marcador de cada activitat d'una secció determinada construeix una taula bidimensional amb el nombre exacte d'activitats, exercicis i apartats. Per tal d'il·lustrar el seu ús, farem servir com a exemple la taula d'exercicis de la secció de *writing* del mòdul pilot (*Science Fiction or the Limits of Science in Fiction*):

```
<activitat numexercicis="1,1,1">
<titolactivitat>Making predictions</titolactivitat>
</activitat>
<activitat numexercicis="3,1,2">
<titolactivitat>Essay writing: reporting what other have said</titolactivitat>
</activitat>
```

Els dos marcadors `<activitat>` ens indiquen primerament que tenim un total de dues activitats (dues files a la taula bidimensional). L'atribut *numexercici* de cada activitat té tres paràmetres (separats per comes), cosa que implica que cada activitat té tres exercicis (tres columnes a la taula bidimensional). El valor de cada paràmetre ens indica el nombre d'apartats de cada exercici. La taula bidimensional quedaria doncs així:

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

El motor PHP interpreta aquesta taula de la següent manera:

- Activitat 1
    - Exercici 1
    - Exercici 2
    - Exercici 3
- Activitat 2
    - Exercici 1
        - Apartat 1
        - Apartat 2
        - Apartat 3
    - Exercici 2
    - Exercici 3
        - Apartat 1
        - Apartat 2

Finalment, la taula bidimensional no necessita que totes les files tinguin el mateix nombre de columnes i, per tant, no s'ha d'utilitzar el valor zero per a omplir els buits que puguin arribar a quedar-hi. Aquest és el cas, per exemple, de la secció de reading del mòdul 10, on la taula queda de la següent manera:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & \\ 1 & 3 & 3 & 1 & \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 1 & 1 & \end{bmatrix}$$

Igual que en la taula anterior, les quatre files indiquen que hi ha 4 activitats, el nombre de columnes en cada fila és el nombre d'exercicis per activitat, i cada valor és el nombre d'apartats per exercici.

6.5 Exercicis

Els exercicis estan organitzats per mòduls, seccions, activitats, exercicis i apartats, i poden ser objectes *Flash* o bé scripts en PHP per a formularis HTML. Segons l'exercici, cal situar-lo en una determinada ubicació dins del servidor. Primer de tot, hi ha un directori per a cada mòdul. El directori "m10" emmagatzema tots els exercicis del mòdul 10. Dins d'aquest directori, hi ha cinc subdirectoris anomenats "preview", "reading", "writing", "listening" i "speaking", on cadascun conté les seves activitats corresponents en el següent format: "<secció><n_activitat>_ex<n_exercici>_p<n_apartat>.<extensió>", on <secció> és un acrònim de tres lletres de la secció corresponent: "prv" per preview, "txt" per reading, "wri" per writing, "lis" per listening i "spk" per speaking.

Per exemple, l'apartat 3 de l'exercici 1 de l'activitat 2 del writing del mòdul 10 és un exercici en *Flash* i, per tant, seria un arxiu anomenat "wri2_ex1_p3.swf" que estaria situat dins del directori "m10/writing/". Si aquest mateix exercici fos un script en PHP per a guardar les dades introduïdes per l'usuari, el nom de l'arxiu seria "wri2_ex1_p3.php", i estaria ubicat al mateix lloc.

6.6 Mòdul Java de veu

Per tal de poder utilitzar la capacitat de gravació de veu des de qualsevol exercici del projecte *Quantum LEAP*, l'applet de Java que s'encarrega de gravar i reproduir veu [Figura 6.1] es troba dins del directori "html/". Per tal d'utilitzar-lo, només cal fer-hi referència dins de qualsevol script PHP o HTML mitjançant la següent línia de codi:

```
<applet code="MW.class" archive="html/ql.jar" width="200" height="50"></applet>
```

Figura 6.1: Applet de Java de gravació de veu.

Capítol 7: Conclusions

He acomplert en gran mesura els objectius proposats en l'elaboració del motor d'aquest entorn virtual d'aprenentatge. Els objectius que restarien per a perfeccionar serien els relacionats amb la navegabilitat i la seguretat. Com que el projecte *Quantum LEAP* es troba en desenvolupament constant i, per altra banda, en el moment de la redacció de la memòria encara no es disposa dels resultats complets de l'informe de seguretat, la feina relacionada amb la seguretat i la navegabilitat de l'entorn es completarà properament.

En aquest projecte final de carrera he tingut l'oportunitat de treballar com a enginyer per tal de donar solucions reals per a un projecte de major envergadura. He pogut desenvolupar un entorn autogestionable, una aplicació independent per a l'aprenentatge d'anglès. El més important és la possibilitat d'expandir el projecte fins a adequar-lo als materials didàctics que es desitgin tot seguint les especificacions donades, i una administració senzilla i centralitzada. He aportat així la flexibilitat a un entorn inicialment estàtic, on no hi havia control d'accés, ni estadístiques, ni compartició de recursos, de manera que el seu creixement requeria de constant atenció tècnica. Ara tot això és possible mitjançant uns passos molt senzills.

L'entorn virtual d'aprenentatge *Quantum LEAP* és una iniciativa que segueix la mateixa filosofia que el programari lliure disponible a Internet, de lliure accés per a tothom. És un projecte sense ànim de lucre i amb una metodologia de col·laboració en equip que fa possible un producte final molt treballat i proporciona una major llibertat d'elecció per a totes aquelles persones que desitgin aprendre anglès amb un sistema gratuït i de qualitat. La realització d'iniciatives com aquesta és la què fa d'Internet un món virtual millor, de lliure accés per a l'intercanvi d'informació i la contínua evolució i creixement de les expectatives personals i comunitàries.

L'elaboració de l'entorn virtual *Quantum LEAP* m'ha permès aprofundir en els meus coneixements sobre bases de dades i organització de la informació. De la mateixa manera, he pogut experimentar amb atacs d'injecció contra bases de dades i escalada de privilegis dins d'un entorn, i així millorar la meva tècnica a l'hora de programar per tal d'evitar aquesta mena de vulnerabilitats en plataformes de serveis públics de dades. En l'àmbit del treball en equip, he pogut millorar les meves habilitats de coordinació de feina en grup, així com l'organització i centralització d'informes d'errors per al desenvolupament d'aplicacions.

Bibliografia

[1] Netcraft, “Netcraft: May 2007 Web Server Survey,” *Netcraft*, 2007. [Online]. Disponible: http://news.netcraft.com/archives/2007/05/01/may_2007_web_server_survey.html. [Accedit: 24 de maig de 2007].

[2] Mozilla Corporation, “About Mozilla,” Mozilla Corporation, 2007. [Online]. Disponible: http://www.mozilla.com/en-US/about/. [Accedit: 24 de maig de 2007].

[3] Terry Sullivan, “All Things Web: First, learn COMPLY...,” All Things Web, 1998. [Online]. Disponible: http://www.pantos.org/atw/rr-35398.html. [Accedit: 2 de juny de 2007].

[4] Paul Thurrott, “IE 7.0 Technical Changes Leave Web Developers, Users in the Lurch,” WindowsITPro, Penton Media, Inc., 2005. [Online]. Disponible: http://www.windowsitpro.com/Articles/ArticleID/47208/47208.html. [Accedit: 2 de juny de 2007].

[5] Richard MacManus, “IE7 and standards compliance - Microsoft’s Chris Wilson charts progress,” Agost 2006. [Online]. Disponible: http://blogs.zdnet.com/web2explorer/?p=260 [Accedit: 2 de juny de 2007].

[6] Håkon Wium Lie, “MSN, Opera, and Web Standards,” A List Apart Magazine, 2001. [Online]. Disponible: http://alistapart.com/articles/msn/. [Accedit: 2 de juny de 2007].

[7] The PHP Group, “PHP: setcookie – Manual,” The PHP Group, 2007. [Online]. Disponible: http://www.php.net/manual/en/function.setcookie.php. [Accedit: 2 de juny de 2007].

[8] W3Schools, “Browser Statistics,” W3Schools, 2007. [Online]. Disponible: http://www.w3schools.com/browsers/browsers_stats.asp. [Accedit: 2 de juny de 2007].

[9] The PHP Group, “PHP: PDF Functions – Manual,” The PHP Group, 2007. [Online]. Disponible: http://www.php.net/manual/en/ref.pdf.php. [Accedit: 13 de juny de 2007].

[10] Vividos, “winLAME home page,” SourceForge.net, 2006. [Online]. Disponible: http://winlame.sourceforge.net/index.php. [Accedit: 13 de juny de 2007].

[11] Huang Yi Chun, “MediaCoder - more than a universal audio/video transcoder,” SourceForge.net, 2007. [Online]. Disponible: http://mediacoder.sourceforge.net/. [Accedit: 13 de juny de 2007].

[12] The PHP Group, “PHP: Manual Quick Reference,” The PHP Group, 2007. [Online]. Disponible: http://www.php.net/quickref.php. [Accedit: 15 de juny de 2007].

ANNEX

Manual d'administració

L'administració del projecte Quantum LEAP és extremadament senzilla. Es pot accedir a la interfície des de l'adreça **http://eprints.upc.es/quantum/admin.php** o bé des de l'adreça **https://eprints.upc.es:666/quantum/admin.php** per a utilitzar una connexió segura.

Després d'introduir la contrasenya administrativa, apareixen les opcions principals. La primera és la de carregar en el servidor l'arxiu d'activitats [Figura A.1] per a actualitzar la base de dades i adequar-la a les activitats que s'hi vulguin instal·lar. Només cal buscar l'arxiu XML actualitzat i carregar-lo mitjançant el botó "*Upload*".

Figura A.1: Opció de càrrega de l'arxiu d'activitats

Una altra interfície interactiva de l'entorn és la del glossari [Figura A.2]. Per tal d'afegir paraules al glossari i que estiguin disponibles per a les consultes dels estudiants, cal omplir els camps corresponents i carregar la definició mitjançant el botó "*Upload*".

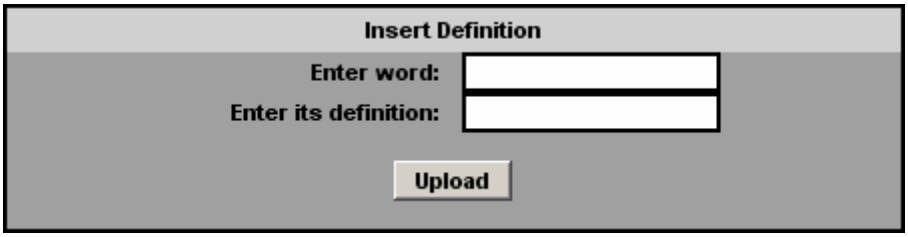


Figura A.2: Interfície d'introducció de paraules al glossari

La llista de paraules del glossari es pot veure en tot moment dins de la mateixa interfície [Figura A.3]. També permet esborrar paraules introduïdes mitjançant el botó "*Delete*".

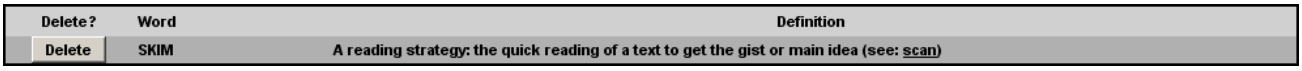


Figura A.3: Llista de paraules introduïdes al glossari

Una altra eina imprescindible és la de gestió de les guies d'estudi. Amb aquesta interfície [Figura A.4] es pot introduir dins de l'entorn una nova guia d'estudi o modificar les ja existents.

Per a introduir una nova guia d'estudi, només cal seleccionar el mòdul al què pertany, escriure-hi les descripcions i objectius i, finalment, prémer el botó "*Upload*". Per a editar una guia d'estudi existent, només cal seleccionar el número de mòdul al què pertany i mitjançant el botó "Edit" apareix la guia dins les àrees de text per a ser modificada. Un cop finalitzada l'edició, cal prémer el botó "*Upload*" per a carregar la guia d'estudi modificada.

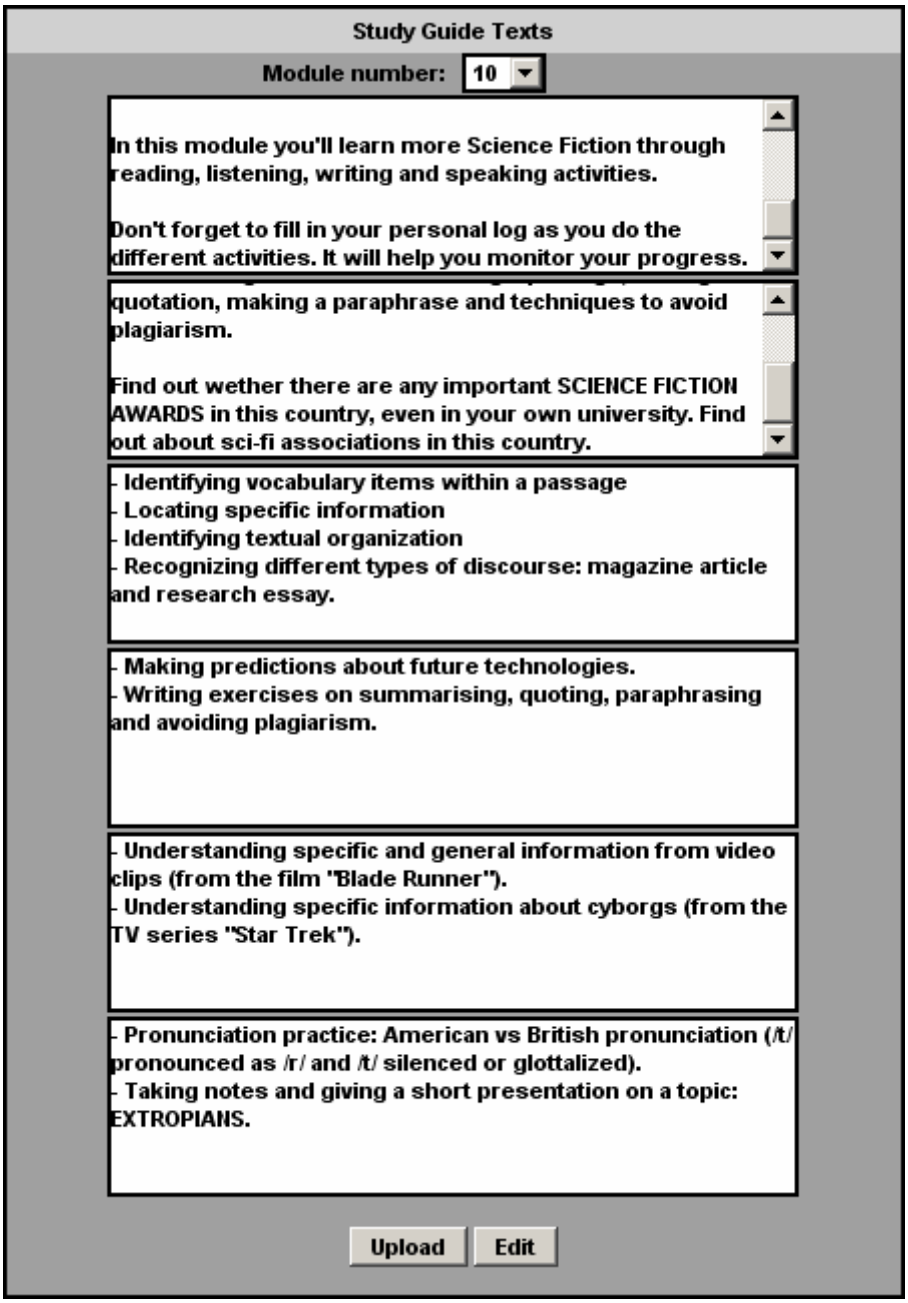


Figura A.4: Interfície administrativa de les guies d'estudi

Hi ha la possibilitat que sigui necessari esborrar manualment usuaris de l'entorn. Per a aquest propòsit hi ha la interfície de gestió d'usuaris [Figura A.5] que permet saber-ne les dades per a posar-s'hi en contacte a través de correu electrònic, o bé esborrar-los directament mitjançant el botó "*Delete*".

Delete?	User	Address	City	Country
Delete	Alfred Ferrer	alfred.ferrer@gmail.com	Vilanova i la Geltrú	catalonia
Delete	Antonia Soler	antonia.soler@upc.edu	Barcelona	catalonia
Delete	Carmen Rueda	m.del.carmen.rueda@upc.edu	Vilanova i la Geltrú	catalonia
Delete	Elisabet Arnó	elisabet.arno@upc.edu	Vilanova i la Geltrú	catalonia
Delete	Enric Gamas	enric.gamas@estudiant.upc.edu	Vilanova i la Geltrú	catalonia

Figura A.5: Interfície administrativa per a gestió d'usuaris