

Implementació d'aplicacions web interactives per a l'aprenentatge de conceptes complexos

Ajuts per a projectes d'Innovació i Millora Docent (2014PID-UB/020)
Informe final · 20.2.2015

Objectiu general del PID	Implementar l'ús docent de l'aplicació web interactiva ESPECTRE (http://science.lsi.upc.edu/#/live/app/@campa:tests/Espectre2/Open) per a la comprensió i l'aprenentatge del concepte de quantització de l'energia.
Assignatures	Anàlisi Instrumental (Grau de CTA) i Tècniques Instrumentals (Grau de Farmàcia) del curs 2013/2014
Coordinador	Josep M. Campanera Alsina
Professors participants	Jordi Borrell; Victòria Girona; María Luisa García; M. Antònia Egea; Axel Bidon-Chanal

Què és un espectre?

Simula l'espectre

A. La quantització de l'energia
Resolució de l'equació d'Schrödinger per un sistema químic hipotètic
 $E(n) = \text{Constant energètica} \cdot \text{Factor de quantització}$
Unitats d'energia:
Constant energètica:
Entre 1 i 1000000 cm-1
Factor de quantització:

B. La intensitat de les transicions
Degeneració:
Regla de selecció (absorció):
Regla de selecció (emissió):

Els espectres simulats [Pas 1. L'equació energètica](#) [Pas 2. La taula d'energies i el diagrama Gotrian](#)
[Pas 3. Les transicions d'absorció](#) [Pas 4. L'espectre d'absorció](#) [Pas 5. L'espectre d'emissió?](#) [Com funciona l'aplicació?](#)
[Com simulo? Ajuda!](#)

Tècniques Instrumentals i Anàlisi Instrumental. Facultat de Farmàcia. UB. Josep M. Campanera. campanera@ub.edu. 2013. Projecte d'Innovació Docent 2014PID-UB/020

Espectre d'absorció

Intensitat relativa vs cm-1



www.shutterstock.com · 130409861

1. Resum	3
2. Introducció	4
3. Actuació d'innovació docent – contextualització	5
4. Actuació d'innovació docent – objectius i avaluació	7
5. Actuació d'innovació docent – metodologia	10
6. Actuació d'innovació docent – recursos	13
7. Resultats dels objectius dels alumnes	15
8. Resultats dels objectius dels professors	19
9. Conclusions	21
10. Annexos	23

1. RESUM

L'enteniment dels conceptes nuclears sovint és clau pel procés d'aprenentatge d'una matèria i per l'obertura cap a la resta de conceptes. Un dels conceptes més difícils de comprendre entre els estudiants de Farmàcia és el de la quantització de l'energia i les seves implicacions en l'espectroscòpia i, conseqüentment, en el camp de la determinació estructural.

En aquest projecte (2014PID-UB/020) explorem com l'aplicació web interactiva ESPECTRE (<http://glimmer.rstudio.com/campa/espectre3a>), per tot tipus de dispositius, permet explicar i apropar-se a aquest concepte científic complex amb relativa facilitat. La reciprocitat instantània facilita les connexions entre conceptes, fórmules, dades i gràfics. I no només això, també transporta la pissarra davant de cada estudiant i per tant els fa participants actius del seu propi aprenentatge, tot d'una forma atractiva i propera als canals actuals de comunicació i aprenentatge de l'alumnat.

L'aplicació permet simular espectres d'espectroscòpia electrònica molecular i atòmica, vibracional i rotacional, així com treballar els conceptes d'absorció, emissió, espaiat energètic, unitats d'energia, efecte de la temperatura, regles de selecció, intensitat de les transicions i aspecte real dels espectres. El recurs està orientat bàsicament per a funcionar com a eina d'autoavaluació per la resolució d'exercicis i tasques d'espectroscòpia. És important ressaltar que el present objectiu va en línia amb les conclusions expressades en el famós informe Horizon (2008) on indica que les organitzacions educatives d'ensenyament superior "s'enfronten a una creixent expectativa d'oferta de serveis, continguts i documents audiovisuals per a dispositius mòbils i personals".

2. INTRODUCCIÓ

L'enteniment dels conceptes nuclears sovint és clau pel procés d'aprenentatge d'una matèria i l'obertura cap a la resta de conceptes secundaris. Josep M. Campanera, després de 3 anys impartint docència a l'assignatura de Tècniques Instrumentals (Farmàcia), va detectar que un dels conceptes més difícil d'entendre entre els estudiants és el de la quantització de l'energia. La dificultat segurament prové de que la quantització és la discretització dels diferents nivells energètics dels àtoms i de les molècules (objectes de massa petita i velocitat gran) a diferència de l'aparent continuïtat energètica dels cossos de gran massa i petita velocitat de la nostra escala humana. De la quantització se'n deriva la construcció dels espectres ja absolutament necessaris en el dia a dia de la determinació estructural de qualsevol químic o farmacèutic. Per tant, l'entesa d'aquest concepte apareix com a fonamental i transcendent pel futur científic i professional dels estudiants.

Per altra banda, les TIC (tecnologies de la informació i comunicació) s'han expressat en multitud de plataformes i aplicacions creant un ecosistema extremadament ric i divers. La seva orientació cap a fins més formatius ha donat lloc al terme de les TAC (tecnologies per a l'aprenentatge i el coneixement). Actualment, la facilitat de programació ha provocat una explosió d'aplicacions interactives per a tot tipus d'ús (consulta de dades, jocs, comunicació, etc..) i plataforma (PC, portàtils, mòbils i tauletes). Aquí nosaltres veiem interessant introduir aquestes aplicacions interactives en l'entorn docent. O dit d'altra manera, introduir continguts i serveis educatius en els dispositius d'ús massiu entre els estudiants (mòbils i tauletes). Així, per exemple, pensem que una aplicació interactiva permet explicar o apropar-se a un concepte científic complex amb relativa facilitat. En definitiva, permet fer-lo més atractiu i proper a l'estudiant. A més, cal tenir en compte que actualment l'ús de mòbils i tauletes a classe és massiva, tant per usos docents relacionats amb la classe com, malauradament, per a entreteniment i evasió del que està passant a classe. Aquests dispositius són uns forts atractius pels estudiants i cal introduir-los en els seus processos d'aprenentatge.

Una aplicació interactiva per a mòbil o tauleta pot permetre als estudiants explorar i aprendre conceptes complexos mitjançant la interacció intensa tant a classe com fora d'ella. Aquesta reciprocitat instantània permet fàcilment investigar les connexions entre conceptes, fórmules, dades i gràfics. I pot anar més enllà: transporta la pissarra a les pantalles, al davant de cada estudiant i, per tant, els fa participants actius del seu propi aprenentatge. Podem plantejar dos tipus d'implementacions: en grup com a seguiment d'una demostració del professor o bé individualment aprofundint en allò ja treballat anteriorment.

Així en aquest projecte d'innovació docent (PID) volem implementar l'aplicació interactiva ESPECTRE (<http://science.lsi.upc.edu/#/live/app/@compa:tests/Espectre2/Open>, programada en R pel propi coordinador, Annex I) com a nou recurs docent per a l'aprenentatge del concepte de quantització a les dues assignatures on s'explica el concepte ofertes des del Departament de Fisicoquímica: Tècniques Instrumentals i Anàlisi Instrumental. L'objectiu principal és explorar les vies d'implementació d'aplicacions web interactives tant a la classe presencial com en l'autoaprenentatge. El present objectiu va en línia amb les conclusions expressades en el famós informe Horizon (2008) on indica que les organitzacions educatives d'ensenyament superior "s'enfronten a una creixent expectativa d'oferta de serveis, continguts i documents audiovisuals per a dispositius mòbils i personals".

3. ACTUACIÓ D'INNOVACIÓ DOCENT-CONTEXTUALITZACIÓ

El PID s'ha portat a terme entre els estudiants d'avaluació continuada de les assignatures de Tècniques Instrumentals i Anàlisi Instrumental, assignatures obligatòries dels respectius graus de Farmàcia i Ciència i Tecnologia dels Aliments de la Facultat de Farmàcia (Taula 1). L'acció s'ha implementat en els 7 grups portats per 5 professors del Departament de Fisicoquímica (Taula 2). És important ressaltar que el PID ha aconseguit involucrar professorat de diferent metodologia docent, des de professorat de classe magistral més clàssica fins a professorat amb metodologies més actives per a l'aprenentatge. Llevat d'un grup de 26 alumnes, tota la resta estan vora la cinquantena o els sobrepassen en escriure, fet que indica que el PID es desenvolupa en grups grans. El nombre potencial d'estudiants ha estat de 371 d'avaluació continuada sobre uns 435 d'alumnes totals. Ara bé, finalment l'impacte només l'hauran percebut aquells estudiants d'avaluació continuada que hagin assistit regularment a les classes presencials.

Taula 1. Característiques de les assignatures implicades en el PID

-Nom de l'assignatura:	Tècniques Instrumentals (TI)	Anàlisi Instrumental (AI)
-Codi de l'assignatura:	362275	363570
-Tipologia de l'assignatura:	Obligatòria (entre de formació bàsica, obligatòries i optatives)	Obligatòria
-Ensenyament:	Grau de Farmàcia	Grau de Ciència i Tecnologia dels Aliments (CTA)
-Curs/semestre:	Segon semestre del segon any d'entre 5 anys.	Primer semestre del segon any d'entre 4 anys.
-Lloc impartició:	Facultat de Farmàcia	Campus Torribera/Facultat de Farmàcia
-Pla d'estudis:	2009 adaptat al Pla Bolonya	2014 adaptat al Pla Bolonya
-Curs acadèmic:	2013-2014	2013-2014
-Coordinació:	Ma. Victòria Girona Brumós	Axel Bidon-Chanal Badia
-Departament coordinador:	Fisicoquímica (Facultat de Farmàcia), no participen altres departaments	Fisicoquímica (Facultat de Farmàcia), no participen altres departaments
-Crèdits ECTS:	6	6
-Hores estimades de dedicació	Activitats presencials (60h), Treball tutelat (30h) i Aprenentatge autònom (60h)	Activitats presencials (60h), Treball tutelat (30h) i Aprenentatge autònom (60h)
-Nombre d'alumnes Totals/Continuada/Única	347/289/58	88/82/6
-Nombre de grups:	5	2
-Nombre de professors en les classes magistrals	4	1
-Aplicació de l'acció	En els estudiants d'avaluació continuada dels 4 dels 5 grups de l'assignatura. En un d'ells tot i haver-se usat l'aplicació finalment no es va passar l'enquesta d'avaluació (TI/M1)	En els estudiants d'avaluació continuada dels 2 grups de l'assignatura

Taula 2. Característiques dels 7 grups implicats en el PID.						
Nom grup al PID	Grup	Assignatura	Professor responsable	Alumnes avaluació continuada	Alumnes avaluació única	Alumnes totals
TI/M1	M1	Tècniques Instrumentals (TI)	Jordi Borrell	72	18	90
TI/M2	M2	TI	Victòria Girona	80	9	89
TI/M3	M3	TI	Josep M. Campanera	55	12	67
TI/T1	T1	TI	Marisa García	47	3	50
TI/T2	T2	TI	Marisa García	45	6	51
AI/M1	M1	Anàlisi Instrumental (AI)	Axel Bidon-Chanal	56	1	57
AI/T1	T1	AI	Axel Bidon-Chanal	26	5	31
7 grups	7 grups	2 assignatures	5 professors	371	66	435

El PID ha introduït una nova activitat d'aprenentatge que fomenta l'aprenentatge i avaluació autònomes de l'alumne (Taula 3). A partir d'unes sessions presencials de presentació de l'aplicació a la classe s'insta a l'alumne a usar l'aplicació de forma autònoma a casa per la consolidació de l'aprenentatge de la classe i l'autoavaluació de tasques. A classe hi hem dedicat 1 hora en total i pensem que els estudiants han necessitat un parell d'hores autònomes per consolidar-ho.

Taula 3. Característiques bàsiques del PID	
- Tipus intervenció: A l'inici Durant el desenvolupament	Durant el desenvolupament Al tancament Contínua
- Intervenció majoritària en activitats: Presencials Tutelades D'aprenentatge autònom	Presencials amb implicació per l'aprenentatge autònom
- Finalitat: Intervenció en la millora de la motivació i definició d'objectius Millora de les activitats d'ensenyament-aprenentatge Millora en les activitats d'avaluació	Millora de les activitats d'ensenyament-aprenentatge amb fort impacte a la motivació i autoavaluació
- Nombre d'hores presencials:	1
- Nombre d'hores d'autoaprenentatge	2

4. ACTUACIÓ D'INNOVACIÓ DOCENT-OBJECTIUS I AVALUACIÓ

Hem dividit els objectius del PID entre aquells dirigits als alumnes i aquells dedicats als professors (Taula 4 i 5 respectivament). Pels alumnes establim 3 objectius per cadascuna de les dimensions a treballar: Coneixements, procediments i actituds. Ens hem centrat, però, en fer especial èmfasi en la comprensió de la relació entre l'espectroscòpia i la quantització de l'energia. Pel que fa als objectius per als professors hem focalitzat en com hem d'implementar una aplicació web d'aquestes característiques, és a dir, en quina és la millor manera per introduir-la entre l'alumnat.

Taula 4. Objectius específics pels alumnes

Coneixements	Procediments	Actituds
OA1 Comprendre l'origen de la quantització de l'energia i de l'espectroscòpia. Aquest concepte és fonamental per la interpretació i aplicació dels espectres en el camp de la determinació estructural.	OA2 Crear espectres a partir d'una funció vinguda de la resolució de l'equació d'Schrödinger d'un sistema químic hipotètic (Annex IV)	OA3 Incorporar les tecnologies de la informació i la comunicació en el procés d'aprenentatge acceptant el seu rol de catalitzadores de l'aprenentatge.

Conceptes a treballar:

-Equació d'Schrödinger (Unitats d'energia/ factor energètic i factor de quantització,).

- Les transicions (taules d'energia i el diagrama de Grotrian, poblament, regles de selecció en absorció i emissió, temperatura, la senyal relativa, límit de detecció de la senyal)

- Els espectres (eix d'abscisses i eix d'ordenades, aspecte real d'un espectre i resolució)

Taula 5. Objectius específics pels professors

Personals	Docents
OP1 Formar-se en la implementació d'aplicacions web (explorar les vies d'implementació)	OP2 Avaluar l'impacte de la implementació en la motivació de l'alumnat
	OP3 Recollir correccions tècniques en l'aplicació ESPECTRE per millorar l'aprenentatge i implementar-les l'any vinent.

Per cada un dels 3 objectius pels alumnes anteriorment mencionats hem plantejat una sèrie d'accions d'avaluació (Taula 6). En total hem usat 3 instruments formals: una enquesta a l'alumnat (Annex II) i una altra al professorat participant (Annex III) i la introducció de qüestions en els exàmens d'avaluació continuada. L'enquesta a l'alumnat es va realitzar al finalitzar al docència a finals de desembre de 2013 pels grups de AI i el maig de 2014 pels grups de TI. L'enquesta consta de 7 preguntes (1. Has utilitzat l'aplicació durant la classe?, 2. I fora de classe?, 3. En l'aprenentatge de quins conceptes penses que

l'aplicació i t'ha ajudat més?, 4. En què t'ha ajudat més l'aplicació?, 5. Com la milloraries?, 6. Quins altres conceptes de Química-Física penses que una aplicació d'aquestes característiques podria ajudar el teu aprenentatge?, 7. En general, l'aplicació t'ha ajudat a l'aprenentatge del concepte de quantització?). En total 125 alumnes de tots els grups llevat del TI/M1 varen respondre l'enquesta (13 de TI-T1/T2, 25 AI-M1, 15 AI-T1, 29 TI-M2 i 43 TI-M3) això correspon a 42% (125 de 299), el qual vindria a ser aproximadament el rang baix del percentatge d'assistència a les classes presencials. Pel que fa als exàmens, hi hem introduït dues preguntes a cada grup de verdader/fals relacionades amb els conceptes treballats per l'aplicació. D'aquesta manera, l'assoliment dels conceptes queda força avaluat, les actituds també queden reflectides en les enquestes, però les habilitats fluixegen. Respecte aquest aspecte, a l'inici del projecte ens vàrem plantejar introduir el lliurament de la tasca de l'espectre hipotètic (Annex IV) per a l'avaluació acreditativa, però vàrem acordar que el primer any d'implementació de l'aplicació era massa agosarat i que es faria més endavant. Així doncs, inicialment només hem encoratjat de forma voluntària l'ús de l'aplicació per la resolució de la tasca proposada (Annex I). En el grup TI/M3 la tasca sí que ha tingut un paper més rellevant i el seu lliurament s'ha introduït com un element de valoració en l'aspecte actitudinal. Aquí és important ressaltar el mecanisme d'avaluació continuada de l'assignatura de TI (molt semblantment a AI), 50 % per a dues proves escrites, 30 % per les pràctiques de laboratori i 20% per l'elaboració i exposició d'un pòster de treball en equip. És a dir, que la tasca educativa ja està molt saturada d'activitats d'ensenyament/aprenentatge i, per tant, és difícil introduir-hi més elements d'avaluació acreditativa.

Taula 6. Avaluació continuada de l'assoliment dels objectius dels alumnes

Codi	Objectiu específic o resultat d'aprenentatge	Acció avaluadora	Materials	Desenvolupament
OA1	Conceptes	Enquesta i qüestions a l'examen	Enquesta (annex II) i examen global.	En els exàmens d'avaluació continuada hem afegit dues preguntes a cada grup sobre la quantització de l'energia. A més a més a l'enquesta també ho preguntem.
OA2	Habilitats	Tasca d'un espectre d'un sistema químic hipotètic.	Enquesta (annex II) i Enunciat Tasca (annex IV)	A l'enquesta preguntem sobre l'ús de l'aplicació. La tasca s'ha realitzat de forma voluntària només al grup TI/M3. No obstant ens hagués agradat que això hagués estat una tasca lliurable i avaluable per l'avaluació acreditativa a tots els grups.
OA3	Actituds	Qüestionaris de valoració de l'experiència.	Enquesta (annex II)	L'enquesta conté preguntes sobre aquest aspecte

L'avaluació dels objectius del professorat s'ha fet de forma menys formal mitjançant el diàleg constant entre els diferents professors i una reunió a l'inici i final del projecte, impulsades pel professor coordinador, J. M. Campanera.

Taula 7. Avaluació continuada dels objectius dels professors

Codi	Objectiu específic o resultat d'aprenentatge	Acció avaluadora	Descripció	Desenvolupament
OP1	Formació personal	Reflexió inicial i final de l'experiència. Avaluació de les enquestes al professorat (annex III).	Creació d'un diari personal de l'acció docent amb reflexions sobre el seu desenvolupament. Més èxit com a eina de classe o com a eina d'autoaprenentatge?	El professor principal (J. M. Campanera) ha recollit efectivament totes les opinions i reflexions que han anat sorgint entre el professorat i l'alumnat.
OP2	Recollida evidències	Anàlisi de les enquestes	Buidatge enquestes	Debat i reflexió amb la resta de professorat
OP3	Millores tècniques	Llistat de millores tant del professor com de l'alumne.	Seguiment i anotació de les millores en una llibreta	Aquest aspecte s'ha treballat força degut a les dificultats tècniques.

5. ACTUACIÓ D'INNOVACIÓ DOCENT-METODOLOGIA

La metodologia ha consistit en una sèrie d'activitats d'ensenyament-aprenentatge (E/A) a les classes teòriques i en l'estímul del treball autònom mitjançant una tasca formal i d'altres d'informals. Aquestes activitats varen ser planificades inicialment (veure fitxa de planificació inicial a l'annex V). A la classe presencial s'ha presentat l'aplicació i el seu funcionament en l'espectroscòpia atòmica, rotacional i vibracional, i a posteriori s'ha instat a fer-ne un ús en tres tasques de treball a casa. Tot seguit, a la Taula 8, hi ha la seqüència d'activitats dutes a terme. En total hi hem dedicat una hora presencial i un parell d'hores els alumnes. L'atapeïment de les classes teòriques no permet la introducció de més contingut, així que s'ha plantejat com a substitutiu dels mateixos continguts, però presentats i explicats de forma diferent.

Taula 8. Accions d'ensenyament/aprenentatge alumne o alumne/professor

Codi	Activitat E/A	Tipologia	Descripció	Materials	Desenvolupament
EA1	Presentació aplicació (30 min)	Presencial	Sessió expositiva coincidint amb Espectroscòpia Atòmica. Presentació de les capacitats de l'aplicació. Espectre d'absorció atòmic de l'àtom d'H. Factor de quantització (-1/n ²)	Aplicació i haver estimulat dies previs la presència de dispositius mòbils (mòbils, tauletes i portàtils) a classe.	Es va realitzar correctament la presentació tot i que l'accés de gran quantitat d'alumnes va col·lapsar l'aplicació. En conseqüència vàrem crear noves web d'accés i finalment vàrem traslladar l'aplicació a http://science.lsi.upc.edu/#/live/app/@campa:tests/Espectre2/Open
EA2	Interacció autònoma a casa (1h min)	Treball autònom	Realitzar un primer espectre de forma manual amb l'avaluació de l'aplicació (factor de quantització senzill). Tasca espectre hipotètic.	ibid i Powerpoint presentador de la tasca (annex IV).	No tots els grups han pogut realitzar aquesta activitat degut a la diversitat de maneres d'explicar el concepte. Concretament només el grup M3 de TI l'ha realitzat.
EA3	Ús pels espectres de rotació (15 min)	Presencial/ autònom	Ús de l'aplicació en el tema d'espectroscòpia rotacional (microones). Factor de quantització (n(n+1))	Ibid	Tots els grups han usat l'aplicació per l'aprenentatge de la rotació en més o menys mesura segons la disponibilitat de temps.
EA4	Interacció autònoma a casa (30 min)	Treball autònom	L'efecte de la temperatura i el factor energètic en els espectres de rotació.	Ibid	Tots els professors han encoratjat l'ús de l'aplicació a casa. Tret de l'enquesta no hem fet un seguiment de

					l'ús a casa.
EA5	Ús pels espectres de vibració (15 min)	Presencial/ autònom	Ús de l'aplicació en el tema d'espectroscòpia vibracional (IR). Factor de quantització $(n+1/2)$	Ibid	Aquí només el grup de Anàlisi Instrumental i un grup dels 5 de Tècniques Instrumentals va realitzar aquesta activitat.
EA6	Interacció autònoma a casa (30 min)	Treball autònom	Múltiples transicions de la mateixa energia i les regles de selecció.	Ibid	Tots els professors han encoratjat l'ús de l'aplicació a casa. Tret de l'enquesta no hem fet un seguiment de l'ús a casa.
EA7	Avaluació		Enquestes (annex II)		Efectivament, els alumnes d'avaluació continuada i assistents a la classe els últims dies han emplenat enquestes sobre l'aplicació. En alguns grups ha costat especialment obtenir les enquestes. En total n'hem recollit 125 d'uns 371 alumnes d'avaluació continuada. Això és degut a que no tots els alumnes assisteixin a classe i que no tots van lliurar l'enquesta.

De les reunions amb el professorat implicat va sortir l'estratègia (Taula 9) de com usar l'aplicació docent a les assignatures. Una reunió inicial, contacte constant durant el desenvolupament i una reunió final per avaluar-ne la implementació.

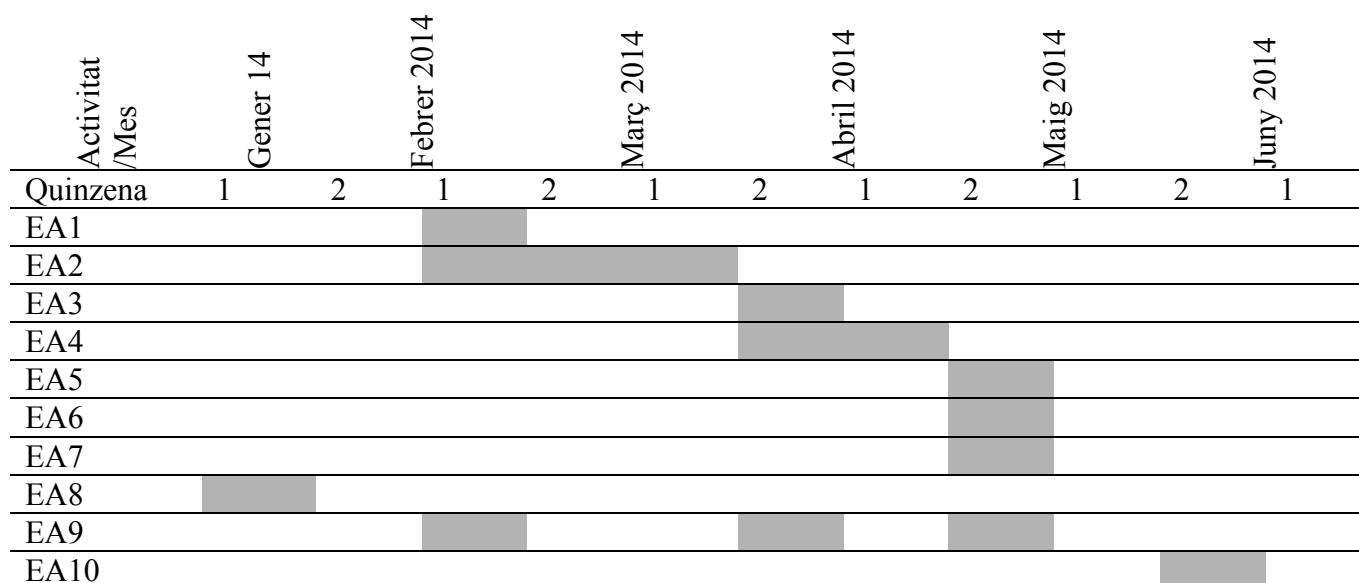
Taula 9. Activitats d'ensenyament del professor

Codi	Activitat E/A	Tipologia	Descripció	Materials	Seguiment
EA8	Planificació acció	Planificació	Planificar objectius, activitats i avaluació	Fitxa de la planificació (annex V)	Es van realitzar dues reunions, una per cada assignatura, per tal d'explicar els objectius del projecte d'innovació docent.
EA9	Tres sessions	Implementació	Treballar els espectres atòmics,	Aplicació.	Cada professor ha usat l'aplicació de la

	d'ús de l'aplicació		de rotació i de vibració.		manera que ha cregut més oportuna, sempre treballant la quantització de l'energia a partir de l'aplicació. No obstant, no sempre s'han pogut realitzar tres sessions de treball. Alguns professors l'han usat com a complement a allò que ja treballaven, i per tant han requerit de més temps.
EA10	Avaluació global	Avaluació	En base a l'experiència a classe, l'enquesta i l'examen avaluar l'impacte de l'acció	Fitxa d'avaluació (annex III)	Els 5 professors participants ja han emplenat l'enquesta d'avaluació.

El projecte ha seguit un curs semestral, la implementació a AI va iniciar-se el setembre de 2013 i va acabar el febrer de 2014 mentre que TI va seguir el Febrer 2014-Juny 2014. En aquest últim cas les activitats van seguir la següent temporització.

Taula 10. Programació i temporalització de les activitats d'ensenyament-aprenentatge



6. ACTUACIÓ D'INNOVACIÓ DOCENT-RECURSOS

El recurs principal del projecte ha estat l'aplicació web ESPECTRE (<http://science.lsi.upc.edu/#/live/app/@campa:tests/Espectre2/Open>) programada en R (www.r-project.org) i Rshiny (shiny.rstudio.com) i allotjada al servidor d'aplicacions ScienceNodes (Figura 1). El simulador va ser programat pel coordinador del projecte J. M. Campanera durant el 2013 i pensada exclusivament per ser usada a l'assignatura de TI de Farmàcia. Aquesta aplicació web es pot visualitzar en tot tipus de dispositius mòbils (telèfons intel·ligents i tauletes), i per tant permet un accés fàcil als estudiants. A més a més incorpora una ajuda de com utilitzar-la. Aquesta aplicació no és un cas aïllat, sinó que s'emmarca dins el projecte ScienceNodes (<http://science.lsi.upc.edu>), una plataforma web col·laborativa per a la transferència de coneixement i tecnologia mitjançant aplicacions científiques des dels grups de recerca als seus potencials clients: altres científics (investigació), alumnes (docència), empreses (transferència) i ciutadans (divulgació). Vol ser una plataforma de punt de trobada entre experts i no experts amb un o diversos reptes científics.

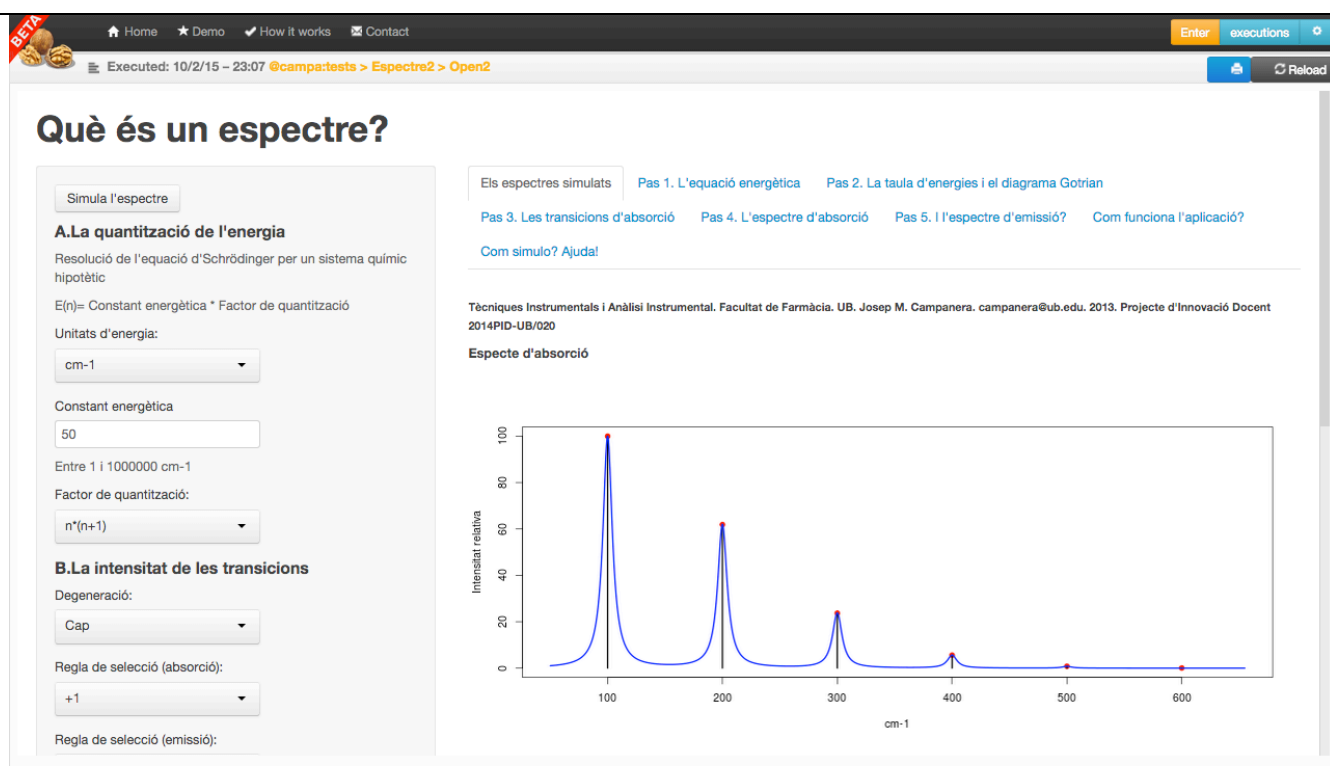


Figura 1. Captura de pantalla de l'aplicació ESPECTRE.

L'aplicació simula espectres d'absorció i emissió partint d'equacions quantitzades. L'input s'estructura en 3 blocs clarament diferenciats: la quantització de l'energia (part A), la intensitat de les transicions (part B) i l'aspecte real dels espectres (part C). L'aplicació calcula inicialment l'espaiat energètic a partir de l'equació quantitzada construïda d'una constant energètica i un factor de quantització que determina la tipologia d'espectroscòpia que estem simulant (atòmica, vibracional, rotacional), Part A del menú. Posteriorment, calcula el poblament dels nivells d'energia per cada nombre quàntic a la temperatura seleccionada segons Maxwell-Boltzmann. Finalment, calcula totes les transicions (diferències energètiques) entre nivells d'energia poblats i tenint en compte el compliment de les regles

de selecció escollides i la degeneració dels nivells energètics, part B del menú. Les diferències energètiques són tractades segons la llei fonamental de l'espectroscòpia i convertides a les unitats d'energia adients, les intensitats de les transicions són proporcionals al poblament del nivell d'energia inicial. En la part C podem donar un aspecte més realista als senyals ajustant la resolució i el límit de detecció de l'aparell, així com l'escala de l'eix d'abscisses i ordenades. En l'apartat de l'output, l'aplicació presenta totes les dades i els càlculs necessaris per la consecució de l'espectre en 8 pestanyes. A partir de la interacció, l'usuari interpreta el rol de tots aquests factors a l'hora de confeccionar un espectre. L'aplicació desenvolupa de forma interactiva les relacions causa-efecte per entendre en profunditat un espectre. Totes les funcionalitats de l'aplicació ESPECTE estan llistades a la Taula 11. L'aplicació ha estat millorada en el transcurs del projecte i l'aspecte actual es mostra a l'annex VI.

Taula 11. Inputs i Outputs de l'aplicació ESPECTRE

Inputs	Outputs
Simulació d'espectroscòpia atòmica monoelèctronica (Equació de Rydberg)	Aplicació pas a pas de la primera llei de l'espectroscòpia
Simulació d'espectroscòpia vibracional (Equació del model d'oscil·lador harmònic)	Pas 1. L'equació energètica
Simulació d'espectroscòpia rotacional (Equació del model del rotor rígid)	Pas 2. La taula d'energies i el diagrama de Gotrian
Espectres d'absorció i d'emissió	Pas 3. Les transicions d'absorció
Presentació en unitats de cm^{-1} o nm	Pas 4. L'espectre d'absorció
Incorporació de l'efecte de la degeneració dels estats energètics (especialment important en rotació)	Pas 5. L'espectre d'emissió
Elecció de les regles de selecció tant d'absorció com emissió	Com funciona el simulador?
Efecte de la temperatura	Ajuda, com simulo?
Establiment del límit de detecció de les transicions	
Simulació de l'aspecte real dels espectres mitjançant una funció gaussiana amb resolució i la possibilitat d'eliminació dels senyals teòrics	

De suport a l'aplicació hem preparat una tasca d'espectroscòpia on l'aplicació pot ajudar a l'autoavaluació dels estudiants. La tasca proposa la construcció d'un espectre hipotètic (annex IV). Aquesta tasca ha estat també millorada a llarg del projecte (Annex VII). Com a resultat del projecte hem editat altres tres tasques (espectre d'emissió de l'H, espectre de vibració del CO i espectre de rotació de l'HCl, annexos VIII, IX i X respectivament) que usen l'aplicació com a eina autoavaluativa. Addicionalment, hem preparat tot el material d'avaluació del projecte, que consta de: la fitxa de la planificació inicial (annex V), l'enquesta als alumnes (Annex II) i l'enquesta al professorat (Annex III).

7. RESULTATS DELS ALUMNES

Objectiu OAI) Comprendre l'origen de la quantització de l'energia i de l'espectroscòpia. Aquest concepte és fonamental per la interpretació i aplicació dels espectres en el camp de la determinació estructural.

Totes les evidències indiquen que el major èmfasi d'enguany a aquest concepte ha tingut el seu fruit. Els alumnes indiquen que l'aplicació ESPECTRE els ha ajudat en tots els 10 conceptes pel qual l'aplicació va ser dissenyada (Taula 12). Els alumnes destaquen amb puntuacions per sobre de 2.5 (d'entre 1 a 4) la interpretació dels espectres per la determinació estructural, les diferents unitats de l'espectroscòpia, l'espectre com un gràfic d'energia front a intensitat, les transicions energètiques i la diferència entre un espectre d'emissió i d'absorció.

Taula 12. Resposta a la pregunta 3 de l'enquesta a l'alumnat. En l'aprenentatge de quins conceptes penses que l'aplicació t'ha ajudat més? (1-4: 1, poc i 4, molt)

Concepte\grup	AI-T2	AI-T1	TI-M2	TI-M3	TI-T1/T2	Total
1. Quantització de l'energia a escala atòmica	2.5	2.2	2.0	2.5	2.2	2.3
2. L'equació Schrödinger expressa la quantització de la matèria	2.0	2.3	2.0	2.5	2.5	2.2
3. L'espectroscòpia (interacció llum-matèria) posa de relleu la quantització de l'energia	2.5	2.5	2.0	2.2	2.1	2.2
4. La interpretació dels espectres per la determinació estructural	2.6	2.7	2.5	2.8	2.5	2.6
5. Les diferents unitats de l'espectroscòpia	2.3	2.4	2.4	2.8	2.6	2.6
6. L'espectre una gràfica d'energia (eix d'abscisses, x) front a intensitat (eix d'ordenades, y)	2.9	2.8	2.6	3.1	2.6	2.8
7. Les transicions energètiques	2.5	2.6	2.1	2.7	2.2	2.5
8. La diferència entre un espectre d'absorció i un d'emissió	2.5	2.5	2.5	2.8	2.9	2.6
9. La relació entre la intensitat, el poblament, les regles de selecció.	2.3	2.2	2.0	2.4	2.2	2.2
10. La relació entre l'energia de les transicions i l'espaiat energètic	2.3	2.1	2.1	2.5	2.4	2.3

En la línia de l'anterior paràgraf, de les 13 qüestions introduïdes als exàmens, 11 són respostes correctament per un mínim d'un 50% de l'alumnat, i no només dues tenen respostes inferiors d'un 36% i un 13% possiblement relacionat amb una mala entesa de l'enunciat (Taula 13). Tant la Taula 12 com la Taula 13 indiquen que l'aplicació ha ajudat a treballar i generar aprenentatge significatiu respecte al concepte de la quantització de l'energia. Aquests resultats són importants contrastar-los amb els anys anteriors (curs 2012/2013) on en el grup del professor Josep M. Campanera només un 36% responia correctament al concepte de la quantització de l'energia. També cal tenir en compte que pràcticament tots els estudiants d'avaluació continuada d'aquestes assignatures aproven a la primera convocatòria i els únics suspensos es donen entre l'alumnat d'avaluació única o no presentats (Taula 14).

Taula 13. Percentatge de respostes correctes sobre qüestions relacionades amb l'aplicació ESPECTRE introduïdes en les proves d'avaluació continuada dels diversos grups.

Enunciat	Grup	Correcte	Totals	%
1. Les longituds d'ona de la zona visible provoquen transicions electròniques vibracionals i rotacionals	AI/M1	33	56	59
2. Una radiació electromagnètica té una energia de 2.25 eV. Donar la longitud d'ona, freqüència i nombre d'ona d'aquesta radiació.	AI/M1	48	56	86
3. Una radiació electromagnètica (REM) té una longitud d'ona de 590 nm. Expressar aquesta REM en nombre d'ona, freqüència i calcular-ne l'energia	AI/T1	12	26	46
4. Una radiació electromagnètica de 300 nm té una freqüència de $1E15 \text{ cm}^{-1}$	TI/T2	21	45	47
5. En el model de l'oscil·lador harmònic la diferència d'energia entre dos nivells vibracionals consecutius no depèn del nombre quàntic de vibració	TI/T2	16	45	36
6. Un fotó de la regió infraroja és menys energètic que un fotó de la regió de l'ultraviolat	TI/T1	44	47	94
7. Les transicions electròniques entre dos estats singlet estan produïdes per REM de la zona UV-VIS	TI/T1	31	47	66
8. La separació energètica entre els nivells vibracionals és major que entre els nivells electrònics	TI/M2	69	80	86
9. La separació entre dos nivells vibracionals consecutius és una constant que val $h/2\pi (k/u)^{1/2}$	TI/M2	56	80	70
10. Una radiació de 342 nm té una energia inferior a la d'una radiació de 530 nm	TI/M1	64	72	89
11. En un espectre de rotació pura les transicions augmenten d'energia a mesura que parteixen de nivells energètics de nombre quàntic J més gran	TI/M1	9	72	13
12. En els espectres, la intensitat (eix d'ordenades, y) està relacionada amb el poblament dels nivells energètics mentre que l'energia (eix d'abscisses, x) amb les transicions permeses entre els nivells d'energia	TI/M3	26	55	47
13. El pic d'un espectre a 300 nm és equivalent a 33333 cm^{-1} (constant de Planck $h = 6.62E-34 \text{ Js}$; velocitat de la llum $c = 3E8 \text{ m/s}$)	TI/M3	34	55	62

Taula 14. Distribució de qualificacions i nota mitjana de cada grup durant curs 2013/14

	Matrícula d'Honor	Excel·lent	Notable	Aprovat	Suspens	No presentat	Totals	Nota mitjana
TI-M1	1	2	55	28	2	2	90	7,0
TI-M2	5	0	53	24	6	0	89	6,9
TI-M3	7	4	38	12	1	5	67	7,3
TI-T1	1	0	35	24	0	0	50	6,6
TI-T2	0	0	17	30	1	3	51	6,4
AI-M1	2	1	29	13	12	0	57	7,2
AI-T1	0	2	15	9	5	0	31	7,3

Objectiu OA2) Crear espectres a partir d'una funció vinguda de la resolució de l'equació d'Schrödinger d'un sistema químic hipotètic.

Finalment vàrem optar per crear una tasca optativa (Annex IV) per què l'estudiant pogués aplicar els coneixements treballats a classe i que l'aplicació fos l'eina d'autoavaluació. La tasca consistia en simular un espectre provinent de la resolució hipotètica de l'equació Schrödinger per un sistema químic

hipotètic. No ha estat possible, com ja hem explicat en introduir aquesta tasca, tractar-la com a element d'avaluació acreditativa, tot i que entem que aquest hagués estat un element fonamental per afavorir un aprenentatge significatiu en el concepte de la quantització mitjançant l'ús de l'aplicació ESPECTRE. No obstant, en el grup M3 16 estudiants varen lliurar la tasca de forma voluntària. Això és tota una fita tenint en compte que l'any passat la mateixa tasca només va ser lliurada per 4 persones. L'aplicació ESPECTRE ha facilitat sens dubte la consecució i autoavaluació d'aquesta tasca.

Objectiu OA3) Incorporar les tecnologies de la informació i la comunicació en el procés d'aprenentatge acceptant el seu rol de catalitzadores de l'aprenentatge.

Uns 80 alumnes han usat l'aplicació a classe majoritàriament a través del mòbil, però ressalten que prefereixen escoltar enlloc d'usar l'aplicació, o bé que no tenien un dispositiu per connectar-s'hi. En els grups A1 i A2 va coincidir amb dificultats tècniques. A fora de classe uns 68 alumnes diuen haver-la usat a través del portàtil o PC. Els que no l'usen es s'excusen per la manca de temps (Taula 15 i 16).

Taula 15. Resposta a la pregunta 1 de l'enquesta a l'alumnat. Has utilitzat l'aplicació durant la classe?						
	TI-T1/T2	AI-M1	AI-T1	TI-M2	TI-M3	Total
Total	13	25	15	29	43	125
Sí	6	22	15	19	18	80
No	7	3	2	10	25	45

Taula 16. Resposta a la pregunta 2 de l'enquesta a l'alumnat. Has utilitzat l'aplicació fora de la classe?						
	TI-T1/T2	AI-M1	AI-T1	TI-M2	TI-M3	Total
Total	13	25	14	29	43	124
Sí	13	12	7	9	27	68
No	0	13	7	20	16	56

La majoria diu que l'aplicació els ha ajudat a seguir les classes (Taula 17). Aquí cal interpretar que seguir les classes vol dir entendre-les i no necessàriament vol dir que usessin l'aplicació per entendre la classe en el moment. En segon lloc, els estudiants ressalten el paper com a eina avaluativa o per entendre millor els conceptes. Un pèl sorprenent és la baixa incidència de l'aplicació en la motivació de l'alumnat. Possiblement els estudiants consideren al resta de punts més importants. També hi ha l'efecte que un cop es té una aplicació així entre mans ja no se li dóna valor, en canvi, si sense tenir-la els hi preguntessis si fos útil una aplicació així els estudiants segurament respondrien entusiàsticament. És l'efecte que els anglesos anomenen "*take for granted*".

Taula 17. Resposta a la pregunta 4 de l'enquesta a l'alumnat. Incidència. En què t'ha ajudat més l'aplicació? (Escull-ne una!)						
	TI-T1/T2	AI-M1	AI-T1	TI-M2	TI-M3	Total
a) en seguir les classes.	7	12	7	11	6	43
b) en autoavaluar els coneixements i les tasques.	4	3	3	6	15	31
c) en realment entendre els conceptes.	1	10	3	4	14	32
d) en motivar-me per l'assignatura.	0	0	0	4	0	4

Finalment, en la valoració global veiem que els estudiants han valorat satisfactòriament l'aplicació i que, efectivament, l'han considerat catalitzadora dels seus aprenentatges. 84 estudiants indiquen que efectivament els ha ajudat en el seu aprenentatge i només 28 l'han trobada irrellevant. En la puntuació global obtenim 2.5 punts sobre 4. Un aprovat, doncs. Però és rellevant comentar que en el grup que més s'ha usat, TI/M3, la satisfacció s'enfila fins als 2.9 punts i és la més alta d'entre tots els grups. Així, com més ús, més satisfacció. En els comentaris oberts de l'enquesta comenten que l'aplicació hauria d'haver estat més comentada i treballada a classe.

Taula 18. Resposta a la pregunta 7 de l'enquesta a l'alumnat (Avaluació final). En general, l'aplicació t'ha ajudat a l'aprenentatge del concepte de quantització? Sí/no, i en quin grau de l'1 al 4:

	TI-T1/T2	AI-M1	AI-T1	TI-M2	TI-M3	Total/ Mitjana ponderada
Total	13	25	15	26	33	112
Sí	12	18	11	13	30	84
No	1	7	4	13	3	28
Quina valoració en fas? (mitjana)	2.5	2.3	2.5	2.1	2.9	2.5

8. RESULTATS EN ELS OBJECTIUS DEL PROFESSORAT

Objectiu OP1) Formar-se en la implementació d'aplicacions web (explorar les vies d'implementació)

De les discussions i enquestes entre els 5 professors implicats resumim:

1) “Substituir temari per introduir noves eines telemàtiques per explicar-lo, el contingut no canvia sinó el mitjà”. Les classes presencials estan molt saturades de temari, així que introduir noves eines pot ser difícil si no es substitueix el temari més coincident. Per aquesta raó en alguns grups no s'ha introduït l'aplicació amb la força que hauria estat desitjada. En el cas de la quantització, l'aplicació s'ha d'introduir per explicar la llei fonamental de l'espectroscòpia.

2) “Demostració a classe, autoavaluació fora de classe”. Tot i que inicialment pensàvem que l'eina podria ser útil pel seguiment de la classe magistral, concloem que no és el lloc adient. Tenint en compte que estem fent docència en grups grans, si la classe és magistral cal fer una demostració amb els alumnes i presentar un cas pràctic que els estudiants puguin treballar autònomament fora de classe. Si la classe és un taller llavors el cas pràctic el poden treballar a través de l'aplicació. A les classes d'avui dia si es fan grups de 3/4 estudiants, algun d'ells portarà mòbil o portàtil així que no cal ja desplaçar-se a les aules d'informàtica.

2) “Autoavaluació de casos pràctics guiats”. L'avaluació de l'ús de l'aplicació i el seu impacte en l'aprenentatge s'ha fet mitjançant enquestes o proves teòriques, no obstant un gran catalitzador del seu ús ha estat vincular l'ús a l'autoavaluació d'una tasca específica en el grup M3. A l'inici d'aquest PID no es va introduir el lliurament de tasques com un element de l'avaluació acreditativa, i per tant no es va poder avaluar aquest aspecte que pensem que hauria estat revulsiu per l'ús i el conseqüent aprenentatge. En aquest esquema, l'eina seria un element crucial d'autoavaluació.

3) “La innovació docent no es pot plantejar de forma aïllada”. En una assignatura que comprèn 5 grups i més de 300 estudiants no es pot pretendre fer canvis o innovació de forma aïllada en un sol grup. El greuge i la comparació entre estudiants pot fer fàcilment trontollar la viabilitat d'un projecte així. Tot i que en un sol grup es podria haver treballat molt més l'aplicació és important crear les mateixes oportunitats per tots els estudiants i incorporar la diversitat de cultures docents dels diferents professors participants en el mateix PID. Aquesta ha estat la filosofia del present projecte.

Aquestes conclusions i el desenvolupament del present projecte han estat presentats en la 8ena Trobada de Professorat de Ciències de la Salut de la UB (Facultat de Medicina, 4, 5 i 6 de Febrer de 2015) (Annex XI).

Objectiu OP2) Avaluar l'impacte de la implementació en la motivació de l'alumnat.

Ha estat difícil avaluar aquest aspecte. En la Taula 16 s'observa que els alumnes no expliciten aquest factor com a important, segurament perquè consideren les altres opcions més rellevants. Possiblement en una pregunta directa hauríem obtingut una resposta ben diferent. No obstant, en les converses sobre l'assignatura els alumnes comentaven l'aplicació com un element nou de l'assignatura.

Objectiu OP3) Recollir millores tècniques en l'aplicació per millorar l'aprenentatge i implementar-les l'any vinent.

Tot seguit a la Taula 19 passem a llistar-les i fer-ne un seguiment d'implementació.

Taula19. Llistat de millores tècniques arran de la implementació docent de l'aplicació ESPECTRE

Millora detectada	Estat
El servidor de l'aplicació es col·lapsa quan 10-20 estudiants es connecten simultàniament.	Solucionat a l'octubre de 2013. Hem triplicat el nombre d'adreces URL que ofereixen l'aplicació i hem reduït el cost de la simulació
Manca d'informació en el simulador.	Solucionat a l'octubre de 2013. Hem afegit una pestanya de com escollir els paràmetres per fer una bona simulació. Al Febrer de 2015 també hem afegit una pestanya sobre Com funciona l'aplicació?
En els espectres de rotació cal afegir l'efecte de la degeneració.	Solucionat el gener 2014
Comentar el concepte de resolució espectral.	Solucionat el febrer 2015
Eliminar les opcions de les magnituds	Solucionat el febrer 2015
Canviar el nom de "Factor energètic" per "Constant energètica"	Solucionat el febrer 2015
Ressituar l'opció "límit de detecció" a l'apartat C (aspecte d'un espectre).	Solucionat el febrer 2015
Facilitar la comparació de les línies de l'espectre teòric i l'espectre real	Solucionat el febrer 2015
Afegir referències al PMID concedit	Solucionat el febrer 2015
Simular espectres vibro-rotacionals	Pendent. Aquesta millora permetria fer dos tipologies d'espectroscòpia de forma simultània. Desitjable però costós des del punt de vista de programació.

Els estudiants proposen a la pregunta 5 de l'enquesta i destaquen que cal més informació, més casos preconfigurats, més estabilitat del servidor, més fàcil d'usar-lo i més gràfics. Totes aquestes demandes van ser els requisits a l'hora de programar l'aplicació, així que seran tinguts en compte en les properes versions.

També hem rebut propostes (pregunta 6 de l'enquesta) per noves aplicacions físicoquímiques: modes de vibració, equació de Nerst/potenciometria i un llarg etcètera de carta als reis.

9. CONCLUSIONS

a) Com s'ha desenvolupat el PID?

L'objectiu principal del PID era doble: per una banda, introduir l'ús del simulador ESPECTRE per l'aprenentatge del concepte de quantització i, en segona instància, explorar les vies d'implementació docent efectiva d'una eina innovadora com aquesta. El PID ha implicat 5 professors de 7 grups amb un alumnat objectiu de 371 alumnes, dels quals 125 hi han participat activament, de 2 assignatures: Tècniques Instrumentals i Anàlisi instrumental, dels graus de Farmàcia i Ciència i Tecnologia dels aliments. Hem realitzat les 5 activitats d'ensenyament/aprenentatge previstes en tots els grups (en menor o major grau de profunditat) i hem avaluat l'impacte de l'aplicació interactiva en els aprenentatges mitjançant la introducció de preguntes en els exàmens teòrics. El projecte ha patit algunes incidències tècniques (funcionament del simulador i accés simultani de gran quantitat d'usuaris) que han propiciat canvis en la programació en R de l'aplicació ESPECTRE i finalment el trasllat a un nou servidor <http://science.lsi.upc.edu/#/live/app/@campa:tests/Espectre2/Open>. No obstant, el punt més difícil ha estat la incorporació de l'ús de l'aplicació dins les atapeïdes classes presencials, tot i així, tots els professors implicats han usada l'aplicació a classe i els alumnes que l'han usada l'han trobada útil per l'autoavaluació dels seus aprenentatges. En les enquestes 80 alumnes indiquen que l'han usada a classe i altres 65 fora de classe donant una nota de 2.5 d'entre 1 i 4 en la seva satisfacció global.

b) Què han après els estudiants?

L'anàlisi dels exàmens teòrics indiquen una consolidació dels aprenentatges relacionats amb la quantització de l'energia. Això tant pot ser degut a l'aplicació com al major èmfasi del professorat en aquest concepte, això segurament seria, doncs, el gran èxit d'aquesta aplicació: enfocar l'espectroscòpia cap a la quantització de l'energia. Així, un alumne d'avaluació continuada ha internalitzat que la quantització de l'energia en el món microscòpic és la responsable de l'espectroscòpia. Cada molècula té una quantització particular i, per tant, una espectroscòpia també particular. En segon terme, els alumnes han treballat directament amb la primera llei de l'espectroscòpia, la llei de Boltzmann, i com aquestes simples lleis poden arribar a descriure espectres altament complexos. I en tercer terme, el mòbil és també una eina educativa. El primer dia que vàrem dir que l'endemà a classe necessitaríem mòbils, tauletes i portàtils per treballar amb una aplicació interactiva més d'un estudiant va fer cara de no creure's-ho. No lluitem contra els mòbils, incorporem-los a la docència.

c) Què hem après nosaltres els professors?

Efectivament l'aplicació ESPECTRE té unes altes potencialitats per l'aprenentatge de l'espectroscòpia. Ara bé, el com s'implementa és tant o més important que la pròpia aplicació. L'aplicació per si sola, encara que sigui molt accessible, no atrau als alumnes, li cal una correcta contextualització docent. Mostrar l'aplicació a la classe magistral tampoc és suficient, sinó que pensem que és necessari treballar-la a partir de casos pràctics, guiats i autoavaluables. Les classes magistrals es troben extremadament atapeïdes de conceptes i no podem introduir nous recursos docents sense substituir-ne d'actuals. Així, l'aplicació s'ha d'usar per treballar temari actual de forma diferent, en un altre format. Un cop presentada l'aplicació a classe s'ha de treballar a partir de casos pràctics de forma autònoma per part de l'estudiant. I finalment, si no hi ha avaluació acreditativa dels casos pràctics, només una part de l'alumnat, la més motivada i voluntariosa, usará l'aplicació. En aquest últim cas ja hauríem aconseguit una gran avenç, però menysprearíem la gran capacitat d'una eina d'aquestes característiques per fomentar l'aprenentatge significatiu.

d) Com implementariem ara el PID i com continuarà implementat-se l'aplicació ESPECTRE?

Doncs hauríem plantejat activitats d'ensenyament/aprenentatge més guiades tant per alumnes com professors. També hauríem de convertir les tasques voluntàries en activitats d'avaluació acreditativa, tot i que reconeixem que actualment les assignatures ja es troben molt saturades d'activitats d'avaluació. Aquest curs 2014/2015 l'ús de l'aplicació ESPECTRE continuarà en tots els grups de Tècniques Instrumentals del grau de Farmàcia, uns 300 alumnes. Ara bé, l'utilitzarem a partir de 4 casos pràctics: Cas 1. Deducció d'un espectre hipotètic (Annex 6), Cas 2. Deducció de l'espectre d'hidrogen (Annex 7), Cas 3. Deducció de l'espectre de vibració del CO (Annex 8) i Cas 4. Deducció de l'espectre de vibrorotació de l'HCl (Annex 9). Aquests 4 casos segueixen un mateix patró, inicialment es planteja un petit problema espectroscòpic de caire numèric i posteriorment gràcies a l'ajut de l'aplicació ESPECTRE es fa la generalització i complementació del problema espectroscòpic general. Aquests casos estan pensats perquè l'estudiant usi l'aplicació de forma més guiada i per a l'autoavaluació pel propi problema. Així introduïrem l'aplicació per explicar inicialment aquests 4 casos i instarem l'alumne a concloure el cas com a treball autònom. Valorarem positivament el lliurament d'aquestes 4 tasques.

10. ANNEXOS.

a) Material a l'inici del PID

Annex I. Pantalles de l'aplicació ESPECTRE.

Annex II. Enquesta sobre l'ús de la web interactiva ESPECTRE? (alumnes)

Annex III. Enquesta sobre la implementació de la web interactiva ESPECTRE? (professors)

Annex IV. Tasca 1. Deducció d'un espectre hipotètic.

Annex V. Fitxa de la planificació inicial del PID.

b) Material resultant del PID

Annex VI. Pantalles de la nova aplicació ESPECTRE i nous punts d'accés.

Annex VII. Tasca 1. Deducció de l'espectre d'un sistema hipotètic.

Annex VIII. Tasca 2. Deducció de l'espectre de l'hidrogen.

Annex IX. Tasca 3. Deducció de l'espectre de vibració del CO.

Annex X. Tasca 4. Deducció de l'espectre de vibrorotació de l'HCl.

Annex XI. Certificat de presentació d'un pòster a les 8enes Trobades de Professorat de Ciències de la Salut de la UB (4, 5 i 6 de Febrer de 2015)

Annex XII. Pòster a les 8enes Trobades de Professorat de Ciències de la Salut de la UB (4, 5 i 6 de Febrer de 2015)

Annex XIII. Resum presentat a les 8enes Trobades de Professorat de Ciències de la Salut de la UB (4, 5 i 6 de Febrer de 2015)