

## Una experiència d'ABP en Gràfics per Computador

E. Martí, C. Julià, D. Gil

*Departament de Ciències de la Computació, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria,  
Edifici Q, Campus UAB, 08193 Bellaterra (Barcelona)*

---

### Resum

En aquest article es presenta una experiència en ABP feta el curs 2004-05 en Gràfics per Computador 2, assignatura optativa de 3er curs d'Enginyeria Informàtica impartida a l'ETSE.

En l'article s'explica l'organització docent abans d'ABP, basada en classes magistrals. Després es mostra l'organització en ABP i es quantifica en ECTS l'esforç de l'alumne en ambdues organitzacions.

Essent conscient del diferent interès de l'alumnat per l'assignatura, se'ls hi ofereix dos itineraris: el de classes magistrals i d'ABP. Es mostren alguns resultats dels alumnes d'ABP i també les primeres enquestes realitzades als alumnes. S'exposen les conclusions en el primer any de l'experiència, plantejant temes de discussió.

S'ha procurat que la proposta no desbordi l'esforç del professorat. Per això s'ofereix el doble itinerari, per a canalitzar per ABP els alumnes més interessats i permetre a la resta que realitzin el curs amb l'organització clàssica de l'assignatura: classes magistrals de teoria, problemes i pràctiques.

*Paraules Clau:* Aprenentatge Basat en Projectes, Aprenentatge Basat en Problemes, Problem Based Learning, ECTS, EEES, Computer Graphics, OpenGL.

---

### 1 Introducció

La recerca de noves metodologies docents en l'àmbit de l'educació superior és un tema recent de debat en la Universitat. El canvi experimentat en la societat de la informació ha afectat a l'alumnat que arriba a les universitats, de forma que el perfil d'alumnes no és ni millor ni pitjor al de fa uns anys. És diferent. Avui dia la informació és molt més accessible i existixen moltes vies per a poder obtenir-la. La societat demanda professionals amb coneixements però també amb competències i habilitats. Tot això motiva un debat obert en el professorat de les universitats en la recerca de noves metodologies per a trasmetre l'aprenentatge als nostres alumnes, a fi de formar professionals adaptats a aquesta nova societat. Una de les metodologies que ha aparegut en els darrers anys en l'àmbit universitari és la metodologia d'Aprenentatge Basat en Problemes/Projectes (ABP), en anglès *Project Based Learning* (PBL)

PBL és una estratègia d'aprenentatge que es centra en la figura de l'estudiant como individu i com a membre d'un grup i entén l'aprenentatge com un procés de comunicació. En PBL el problema o projecte dirigeix tot el procés. És el vehicle que permet adquirir les habilitats necessàries per l'aprenentatge. Els estudiants són responsables del seu propi progrés i els professors assumeixen la funció de proveir de materials i de guies per a facilitar el treball.

### 1.1 Organització en PBL

L'organització docent en PBL es realitza en grups de 5 a 12 alumnes als que es proposa un problema o projecte que compleix uns objectius d'aprenentatge definits pel professor i que corresponen a temes del programa de l'assignatura que es cursa. A partir de l'enunciat del problema el grup discuteix, pren acords y decisions para la resolució del projecte. El professor realitza un seguiment periòdic de l'activitat del grup en sessions de classe de 1 o 2 hores. El papel del tutor o professor és important perquè ha de intentar que els alumnes compleixin amb els objectius d'estudi previstos sense interferir en la seva iniciativa d'aprenentatge, doncs han de ser els alumnes qui es plantegin la complexitat i l'estratègia de la seva solució [Mou94, SB93].

### 1.2 Avaluació en PBL

En la estratègia PBL no s'avaluen coneixements, importants en tot aprenentatge, sinò també competències i habilitats professionals que l'estudiant ha adquirit durant l'aprenentatge. Aquestes competències i habilitats poden ser: treball en equip, responsabilitats asumides en el grup, organització i manipulació d'informació no estructurada, pensament crític, iniciativa i recerca d'informació, comunicació oral i escrita.

El document de Bolonia sobre l'ensenyament en universitats europees destaca la importància de aquestes competències en la formació universitària, que la metodologia PBL creiem que potencia.

### 1.3 Per què PBL?

Existeixen diferents raons que poden justificar l'adopció de la metodologia PBL[FoB04]:

1. **Raons pràctiques:** En PBL es potència el treball en equip, fomentant la iniciativa de l'alumne i la recerca d'informació. PBL no fomenta la memorització, sinò l'aprenentatge de coneixements mitjançant la seva comprensió.
2. **Raons pedagògiques:** Es produeix un augment de la motivació dels alumnes per la recerca, el que potència que l'alumne utilitzi tots els recursos que tingui en la seva mà.
3. **Aprenentatge centrat en l'estudiant:** L'estudiant no és un receptacle de coneixement, sinò un agent actiu en el seu aprenentatge y en la resolució del problema o projecte. Ha d'aprendre a manipular informació no estructurada. També es dona oportunitat a idees innovadores.
4. **Valor conceptual:** Amb PBL es facilita la interdisciplinarietat perquè la realiat també ho es.
5. **Avaluació formativa i no punitiva:** Es pretén en l'avaluació que l'alumne aprengui dels errors. Aquesta avaluació es pot fer per part del professor, per part dels companys i per part d'un mateix.

### 1.4 PBL en universitats

La metodologia PBL es començà a aplicar en la universitat de MacMaster (Canadá) en la titulació de medicina. Al llarg dels anys s'ha anat implantant en diferents universitats dins de titulacions de medicina, enfermeria o dret, totes elles requerint una important capacitat professional en la resolució de problemes.

En Europa, la universitat de Maastrich ha apostat per aquesta metodologia i ofereix cada any un curs d'estiu aplicat a medicina, i ciències de la salut (<http://www.summercoursepbl.org>). De forma més estable, la Universitat de Aalborg (Dinamarca) ofereix un master en PBL aplicat a ciències i enginyeries (<http://www.vidar.dk/vidar/vidpubre.nsf/0/c183ab4b7c2c4c2bc1256e76004f61b5?OpenDocument>) i la Universitat de Brighton (<http://interact.bton.ac.uk/pbl/index.php>) manté una base de dades amb informació sobre universitats, titulacions, assignatures i professors que han utilitzen PBL. No és difícil trobar referències en Google teclejant 'PBL'.

Curiosament, en l'àmbit de l'enginyeria i més concretament en el de la informàtica hem trobat poques experiències. Suposem que el gran nombre d'alumnes limita la seva total aplicació. Els autors coneixen l'experiència d'una titulació tècnica d'informàtica impartida totalment en PBL per a grups de 25 alumnes en la Universidad Politècnica de Catalunya en Castelldefels.

En aquest article es presenta una experiència en PBL sobre una assignatura d'especialitat en Gràfics per Computador, realitzada en el curs 2004-05 amb 150 alumnes i dins d'una proposta de doble itinerari per cursar l'assignatura.

L'article s'ha estructurat en 4 parts. En la Secció 2 s'explica l'entorn acadèmic de l'assignatura, la seva organització abans de PBL, algunes conclusions han motivat l'adopció de PBL i l'organització PBL amb un exemple concret. En la Secció 3, s'avalua l'esforç docent tant per l'alumne com pel professor així la valoració de l'alumnat del sistema PBL i l'itinerari clàssic. Finalment exposem les conclusions de l'experiència realitzada i alguns temes de discussió.

## **2 Entorn acadèmic i organització acadèmica de l'assignatura**

Gràfics per Computador 2 és una assignatura optativa de tercer curs (sisè semestre) de la titulació d'Enginyeria Informàtica que s'imparteix en l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria (ETSE). Es tracta d'una assignatura organitzada amb 3 crèdits de teoria, 1'5 de problemes i 1'5 de pràctiques.

Per a cursar aquesta assignatura, els alumnes han d'haver l'assignatura obligatòria de Gràfics per Computador 1 on els alumnes aprenen els conceptes més importants en Gràfics per Computador, però poc aprofundits. En la nostra assignatura es pretén aprofundir en temes de modelatge d'objectes tridimensionals (models espacials i fractals), tècniques de realisme (il.luminació, textures, ombres, color) i animació per computador [FvDF93].

### **2.1 Organització acadèmica en el curs 2003-04**

L'assignatura s'organitza en classes teòriques que s'imparteixen com a classes magistrals amb transparències. La part de problemes s'imparteix en una hora a la setmana on s'expliquen i treballen diferents funcionalitats de la llibreria gràfica OpenGL (*Open Graphics Library*), força estandard en ordinadors personals i utilitzada en videojocs. Es proposen exercicis de construcció d'objectes a partir de primitives gràfiques, exercicis d'il.luminació, textures, etc. També es proposen exercicis de modelització de moviment d'objectes rígids i objectes articulats, dins la part d'animació per computador.

La part de pràctiques s'estructura en 4 sessions de laboratori de 2'5 hores cadascuna. Es proporciona un entorn de programació gràfica (*figura 1*) amb unes mínimes

funcionalitats (objectes, vistes, il.luminació) a partir del qual els alumnes munten les seves pràctiques de forma progressiva, amb el què al final entreguen una única aplicació amb tots els treballs de pràctiques realitzats. Es fomenta que els exercicis de problemes plantejats puguin ser provats en l'entorn gràfic, a fi de que els propis alumnes puguin validar els seus exercicis.

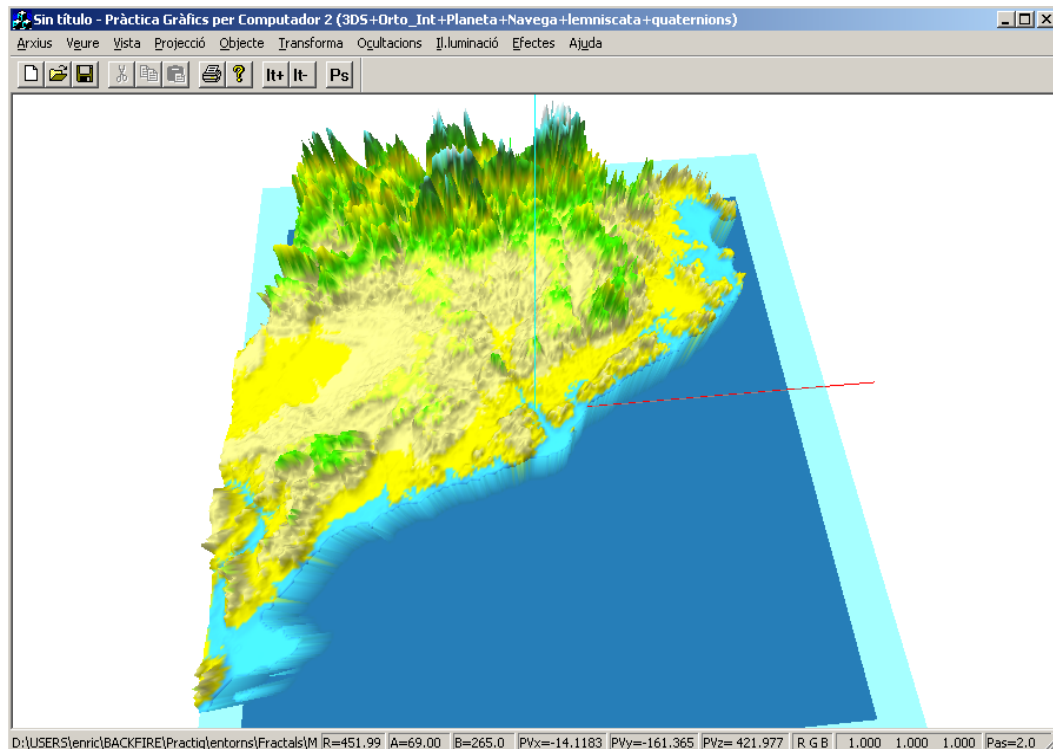


Figura 1. Entorn bàsic de programació gràfica amb una pràctica de visualització fractal.

A la pàgina web de l'assignatura ([upiia.uab.es/teach/c25011.htm](http://upiia.uab.es/teach/c25011.htm)) es proporciona tota la documentació important de l'assignatura: transparències de les classes de teoria, documentació sobre la llibreria OpenGL, els enunciats de les pràctiques així com l'entorn bàsic de programació gràfica, programa de demostració del que es vol obtenir en cada pràctica i també examens corregits d'altres anys

De l'experiència en impartir l'assignatura i d'enquestes a alumnes hem deduit les següents conclusions:

- **L'assistència a classes de teoria disminueix al llarg del semestre.** El fet de proporcionar les transparències de teoria, bibliografia bàsica i relacionada creiem fa disminuir l'assistència a classe.
- **L'assistència a classe de problemes no decreix tant com en les de teoria.** El plantejament, realització i resolució de problemes és vist com a positiu i ajuda al treball de pràctiques, el que fomenta l'assistència.
- Cada curs acadèmic, percebem aproximadament **un 25% dels grups de pràctiques interessats per l'assignatura** que acostumen a realitzar més treball del que se'ls hi demana.
- Es percep l'existència de **diferents perfils d'alumne**: els que volen *aprovar*, passar l'assignatura doncs no els interessa molt o bé treballen i no poden dedicar-li temps. I els que volen *aprendre* i mostren un alt interès en buscar informació i ampliar el treball que se'ls hi demana.

- Es tracta d'una assignatura optativa de les que tenen més alumnes (uns 150) de tota la titulació, que pot ser cursada a tercer, quart o cinquè de carrera, i per tant els **coneixements i maduresa de l'alumnat és també diferent.**

## 2.2 Organització acadèmica en el curs 2004-05

Com a conseqüència d'aquestes idees, ens varem plantejar com potenciar l'interés dels alumnes que volen *aprendre*, sense perjudicar als que volen *aprovar*. El coneixement de noves metodologies docents (PBL) en un curs de l'IDES [FoB04] ens va suggerir adaptar aquesta metodologia en la nostra assignatura.

Per tot això, varem organitzar l'assignatura amb un doble itinerari: el clàssic i el de PBL. Els alumnes han d'escollir un d'ells. Ademés, calia buscar en aquest doble itinerari una fórmula de cost zero, és a dir que no necessités més recursos de professorat i que no es carregués en excés l'esforç docent dels professors de l'assignatura. El canvi principal consisteix en dedicar les classes magistrals de teoria (2 hores per setmana) a l'itinerari ABP.

## 2.3 Itinerari clàssic

Aquests alumnes no assisteixen a les sessions de 2 hores per setmana. S'aconsella als alumnes que utilitzin aquestes dues hores en l'estudi de teoria en sales d'estudi. Al final de cada sessió de 2 hores hi ha horari de tutories per resoldre dubtes. Es recomana l'assistència a problemes i pràctiques. Aquests alumnes s'avaluen mitjançant examen a final de semestre que val un 60% de l'assignatura i l'entrega dels treballs de pràctiques que valen un 40% de la nota final.

## 2.4 Itinerari ABP

Els alumnes que volen cursar aquest itinerari han de formar grups de 4 a 6 persones. Cada grup tria un horari d'assistència a classe dins les sessions de 2 hores setmanals. Es defineixen 4 horaris: M1, M2, T1 i T2. L'horari M1, per exemple, correspon a la sessió de matí de les setmanes senars. L'horari M2 al matí de les setmanes parelles. Cada grup és tutelat un cop cada 15 dies. Si en cada horari acceptem un màxim de 5 grups, això ens pot donar un capacitat de 20 grups i 120 alumnes com a màxim. S'aconsella que aquests alumnes assisteixin també a classe de problemes i de pràctiques per a realitzar el seu projecte. Aquests alumnes no han de fer examen ni pràctiques. Se'ls avaluarà únicament el treball d'ABP que realitzin.

La primera sessió del grup es dedica a plantejar-els hi 3 projectes, dels que n'han d'escollir un. Cadascun d'aquests projectes consta de 10 a 15 línies de text on se'ls hi proposa una feina a fer. La proposta és genèrica, gens detallada. Cada projecte amaga darrera uns objectius d'aprenentatge que el professor pretén que els alumnes descobreixin i adquireixin per a resoldre el problema.

En aquesta primera sessió de proposta els alumnes han de triar el projecte i plantejar els objectius i tasques a fer els diferents membres del grup. De cada reunió que faci el grup s'aixecarà acta on es recullin les idees i resolucions que acordin els membres. Cada acta serà entregada al professor a la posterior sessió tutelada, el que li permetrà fer un seguiment del treball fet pel grup.

Hem proposat uns 12 projectes. Un exemple d'enunciat és el següent, anomenat Círcul de Montmeló:



*La Federació Catalana d'Automobilisme us contracta per a dissenyar un simulador gràfic del circuit de Montmeló el més realista possible. Es tracta de representar una carrera de cotxes i poder veure-la des de diferents punts de vista.*

En aquesta proposta l'alumne ha d'estudiar temes de modelització del circuit, il·luminació, textures i modelització del moviment dels cotxes. En la figura 2 es mostren imatges de les aplicacions fetes pels alumnes en aquest projecte.

En la darrera sessió del curs s'ajunten els dos horaris de matí en la sessió de matí i els dos de tarda a la tarda per a fer una defensa del projecte i a l'entrega de la documentació que ha de ser:

- **Portfoli.** Document on es recull els objectius, treball realitzat, informació consultada i un petit manual de l'aplicació desenvolupada. Es proporciona un patró amb una proposta d'índex.
- **Presentació.** Document de transparències (màxim 12) per a la presentació. Es proporciona també un patró.
- **Aplicació informàtica** que respon a l'enunciat del projecte. S'entreguen tots els fitxers fonts i es construeix una versió de demostració que es mostrarà en la presentació.

Tota aquesta documentació s'entrega en format electrònic i el Portfoli ademés en paper. Es fa una presentació d'uns 15 minuts per a cada projecte. S'ha definit un full d'avaluació on es quantifica la complexitat plantejada pel grup, la capacitat de treball, qualitat de la documentació, de la presentació i de l'aplicació informàtica.

### 3 Esforç docent i resultats

En aquesta secció pretenem valorar l'esforç docent de l'alumne i del professor. També es presenten els resultats d'enquestes realitzades als alumnes en el curs anterior sense PBL i l'actual amb PBL.

#### 3.1 Esforç per l'alumne.

Per l'itinerari clàssic, l'esforç docent es quantifica en la taula 1. Es té en compte una hora d'estudi per cada hora de teoria i de problemes amb professor i dues hores per cada hora de pràctica amb professor, segons avaluació de la titulació de pla pilot d'Informàtica. S'afegixen 18 hores d'estudi per l'examen i 13 setmanes lectives. Tot això ens dona un total de 141 hores i 5'6 ECTS.

Per l'itinerari ABP s'aprofita la capacitat de treball del grup. L'esforç per a cada alumne es mostra en la Taula 2. Es calculen 7 sessions tutelades amb professor més 3 hores setmanals de feina en cerca d'informació, a programar, etc. L'assistència a problemes és la mateixa, amb la diferència que al no haver examen no hi ha les pel seu estudi i es substitueixen per preparació de documentació. L'assistència a pràctiques és recomenable.

Es pot veure que l'esforç en hores en PBL és menor, però creiem que és temps de més qualitat i esforç per l'alumne. Una de les avantatges addicionals en PBL és que el treball es realitza durant el curs i allibera l'examen final.

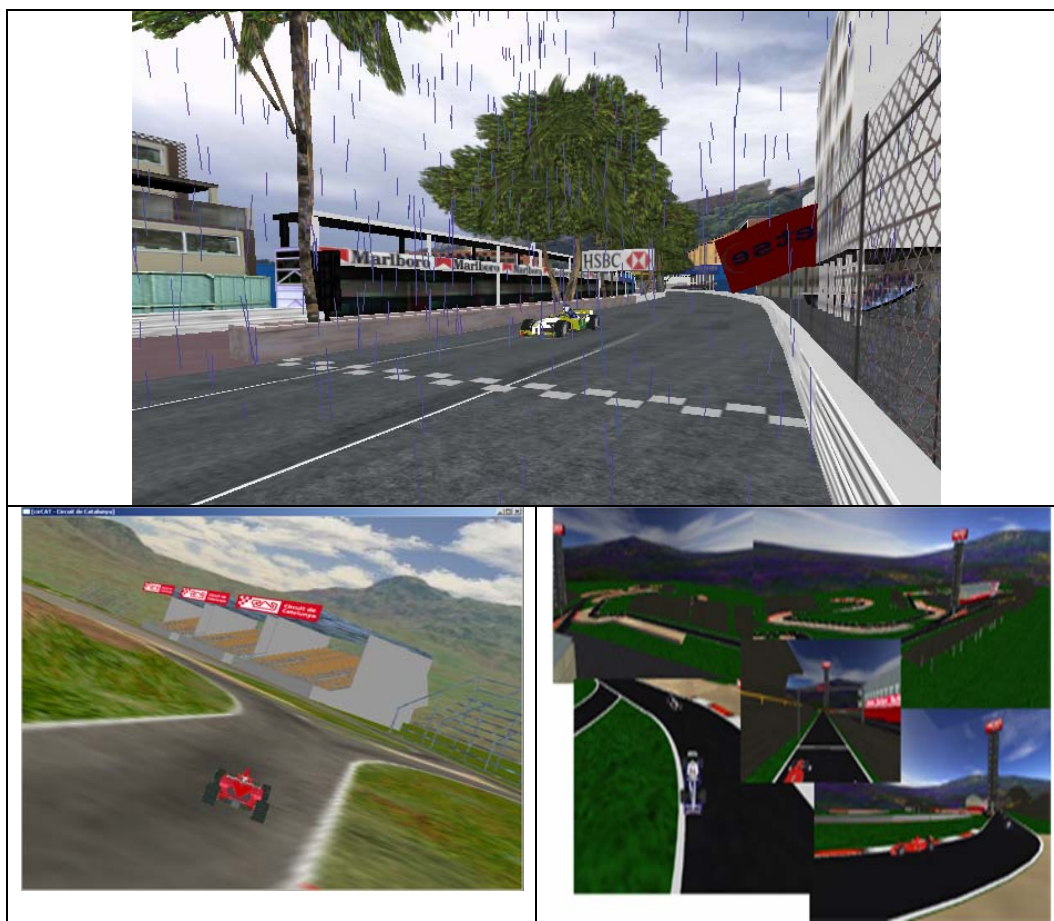


Figura 2. Imatges de les aplicacions proposades pels alumnes del projecte

*Circuit de Montmeló.*

	<b>H. amb professor</b>	<b>H. estudi alumne</b>	<b>Examen</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Teoria</b>	2h. x 13 = 26h.	2h. x 13 = 26h.	12h.	64h.
<b>Problemes</b>	1h. x 13 = 13h.	1h. x 13 = 13h.	6h.	32h.
<b>Pràctiques</b>	2'5h. x 6 = 15h.	5h. x 6 = 15h.		45h.
			<b>Total :</b>	<b>141h. (5'6 ECTS)</b>

*Taula 1. Esforç docent pels alumnes d'itinerari clàssic.*

	<b>H. amb professor</b>	<b>H. estudi alumne</b>	<b>Documentació</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Teoria</b>	2h. x 7 = 14h.	3h. x 13 = 39h.	1h. x 13 = 13h.	66h.
<b>Problemes</b>	1h. x 13 = 13h.	1h. x 13 = 13h.		26h.
<b>Pràctiques</b>	2'5h. x 4 = 10h.			10h.
			<b>Total :</b>	<b>102h. (4'08 ECTS)</b>

*Taula 2. Esforç docent pels alumnes d'itinerari PBL.*

### 3.2 Esforç per professor.

La substitució de les classes de teoria per PBL manté les mateixes hores de classe de teoria, problemes i pràctiques que feia el professor en anys anteriors. Les sessions de PBL són amb un grup més reduït on el professor més que explicar resol dubtes i fa d'assessor. La correcció dels treballs és més costosa que la correcció d'un examen, però per contra cal corregir menys examens al final del semestre.

### 3.3 Resultats

En els darrers anys s'han realitzat enquestes als alumnes per a que valoressin l'assignatura. Les enquestes es realitzen minuts abans de començar l'examen, el que ens dóna un gran nombre de mostres, però també cal tenir en compte el desviament dels resultats produïts pel nerviosisme del dia de l'examen. Els resultats es mostren en la Taula 3.

Curs	Tutorització professor	Metodologia	Valoració global	# mostres
2003-04	8,0	6,9	7,2	91
2004-05 (clàssic)	7,4	6,7	7,1	43
2004-05 (ABP)	7,6	8,0	8,2	46

*Taula 3. Resultats d'enquestes de valoració de l'assignatura (promitjos sobre 10).*

Als alumnes d'itinerari clàssic els hi hem fet la mateixa enquesta d'altres anys, mentre que als alumnes de PBL els hi hem passat una enquesta diferent. No obstant en ambdues es demana als alumnes que valorin l'assignatura. Es pot veure que els alumnes ABP valoren positivament l'experiència amb un 8,2, en un primer any d'experiència, el que millora la valoració respecte els alumnes de la metodologia clàssica.

## 4 Conclusions i discussió

De la proposta de doble itinerari incorporant metodologia docent PBL en l'assignatura optativa de Gràfics per Computador 2 podem proposar les següents conclusions i temes de discussió:

- L'oferta de dos itineraris ha evitat el desbordament de dedicació del professorat que hagués estat previsible si tothom hagués fet itinerari PBL. Dels 150 alumnes uns 60 han adoptat l'itinerari ABP i la resta el clàssic. Valorem l'oferta de dos itineraris com a positiva, doncs ha potenciat la iniciativa dels alumnes pels de l'itinerari ABP i aquests també l'han trobat força positiva.
- L'absència de classe de teoria no ha sigut excessivament criticada, atenent que tota la documentació es trobava en la pàgina web de l'assignatura i que la disponibilitat dels professors en horaris de consultes ha sigut correcte.
- Pocs grups PBL (3) s'han dissolt degut principalment a falta de dedicació dels seus membres.
- Els alumnes de PBL han percebut al professor com una figura positiva, com un assessor que soluciona problemes que els hi sorgien. Creiem que aquesta dinàmica de classe és més gratificant pel professor que la mera explicació de coneixements.



- Ens hem trobat que el sistema d'avaluació actual de notes qualifica, al nostre entendre, el grau de coneixement, però no representa una avauació correcte de les competències o habilitats percebudes en el treball en PBL. És a dir, una persona amb itinerari clàssic pot treure la màxima nota, igual que un alumne PBL, però en aquest darrer cas creiem que l'alumne mereixeria que constés en l'expedient una valoració de les seves habilitats que ha treballat en l'assignatura.

Volem destacar que aquesta experiència pot no ser extrapolable a totes les assignatures ni a totes les titulacions. El docent ha de conèixer metodologies i experiències i és la seva tasca valorar quines d'aquèstes són les més adients per a la seva assignatura i com adaptar-les. No hi ha una metodologia única i òptima.

En el nostre cas, creiem que l'experiència ha resultat positiva i enriquidora, tant pel professorat com pels alumnes. Experiència que pot ser i serà millorable per a cursos vinents i que constitueix la nostra modesta contribució en la millora de la docència universitària.

### Referències

- [Coh91] J. Cohen, J. Moust, The course on negotiation at the faculty of law, university of Maastricht, Maastricht, The Netherlands, *Negotiation Journal*, Jul 1991, 331-338.
- [FoB04] A. Font, L. Branda, L'aprenentatge per problemes i l'espai europeu d'educació superior, *Pla de formació Permanent 2003/2004, Unitat d'Innovació Docent en Educació Superior (IDES), UAB*, Gener 2004.
- [FvDF93] J.D. Foley, A. van Dam, S.K. Feiner, J.F. Hughes, R. Phillips, *Introduction to Computer Graphics*, Addison-Wesley, 1993.
- [Mou94] J.H.C. Moust, H. Schmidt, Effects of staff and student tutors in student achievement, *Higher Education*, 28:471-482, 1994.
- [SV93] H.G. Schmidt, S.M.J. van der Meer, Boon L., Influence of tutor's subject matter expertise on student effort and achievement in problem-based learning, *Academic Medicine*, 68:784-791, 1993.