
Un site web pour l'enseignement inter- disciplinaire des Mathématiques en Biologie

Conférence EIAH 2003 (Environnements Informatique pour l'Apprentissage Humain)

Sandrine Charles*, **Muriel Ney***, **Dominique Mouchiroud***,
Lionel Humblot*, **Christophe Batier****

* UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1
Laboratoire de Biométrie – Biologie Evolutive
43 Boulevard du 11 novembre 1918
69622 Villeurbanne Cedex
scharles@biomserv.univ-lyon1.fr

** UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1
NTE - PRACTICE
43 Boulevard du 11 novembre 1918
69622 Villeurbanne Cedex

RÉSUMÉ. Depuis septembre 2001, une section pilote du DEUG Sciences de la Vie est mise en place par l'Université Claude Bernard Lyon 1. Cette section bénéficie d'une **pédagogie universitaire innovante** intégrant les TICE. Notre équipe pédagogique assure le cours de Mathématiques tout en mettant l'accent sur l'**interdisciplinarité** Mathématiques et Biologie. Nous avons mis en place un **apprentissage progressif** par acquisition de connaissances (cours magistraux et travaux tutorés) puis de compétences (travaux dirigés) s'appuyant sur un **site web** (<http://mathsv.univ-lyon1.fr/>) avec un agenda hebdomadaire, un espace de **dialogue** entre enseignants et étudiants, des outils d'auto évaluation, des exercices corrigés, des annales, un cours complet... Le site web permet également un suivi global et individuel du parcours pédagogique des étudiants. Nous proposons ici de présenter notre mode de fonctionnement, en expliquant pourquoi nous avons eu recours aux TICE. Grâce des sondages réalisés auprès des étudiants, nous analysons quels sont les avantages de notre dispositif, du point de vue des enseignants et des étudiants.

MOTS-CLÉS : *pédagogie universitaire, interdisciplinarité, apprentissage progressif, dialogue, auto-évaluation.*

1. Introduction

Si la pédagogie interdisciplinaire est encore rare à l'université, certains projets novateurs voient petit à petit le jour, dans l'espoir de pallier les déficits d'une formation trop souvent dirigée vers la simple acquisition de connaissances scientifiques [REGE COLET 2002]. Au sein du laboratoire de « Biométrie et Biologie Evolutive » (UMR CNRS 5558) de l'université Claude Bernard Lyon 1, notre équipe pédagogique, qui rassemble des mathématiciens, des informaticiens et des biologistes, donne les cours de mathématiques, statistiques et informatique à destination des étudiants en Sciences de la Vie. Forts de quarante ans d'expérience à l'interface entre mathématiques et biologie, nous avons mis en place, en septembre 2001, une section pilote en 1^{er} cycle. Ces étudiants (200 au total) bénéficient d'une pédagogie universitaire innovante intégrant les technologies de l'information et de la communication. Notre démarche pédagogique interdisciplinaire vise la construction d'un savoir intégré des mathématiques comme outils méthodologiques pour la résolution de problèmes biologiques. L'objectif implicite d'une telle approche est de permettre à des étudiants se destinant à des études de biologie, d'avoir, sur les disciplines formelles qui leur sont enseignées, un regard positif et durable.

2. Les objectifs pédagogiques

L'objectif annoncé de notre enseignement de mathématiques en Science de la Vie est de montrer aux étudiants, à partir d'une situation réelle concrète, la nécessité de mobiliser des savoirs à la fois en Biologie et en Mathématiques, pour décrire, analyser et comprendre un phénomène biologique même très simple. Cependant, mettre en scène l'interdisciplinarité n'est pas simple en première année de 1^{er} cycle universitaire, aussi avons-nous clarifié notre contrat didactique en définissant plusieurs objectifs spécifiques pour aider les étudiants à mieux comprendre ce qu'ils ont à apprendre :

- Capitaliser des connaissances mathématiques de base, en analyse, probabilités et statistiques, par l'acquisition de concepts, de théories et de techniques ;
- Faire émerger des compétences par l'utilisation, la combinaison, la généralisation et la mobilisation de ces connaissances pour la résolution d'un problème biologique ;
- Etre autonome, s'auto-évaluer, dialoguer, collaborer, pour acquérir un certain savoir-être dans le domaine de la Biologie Mathématique.

Ces objectifs relèvent d'une approche convergente où les disciplines sont rassemblées afin de résoudre un problème [REGE COLET 2002].

3. La nature des ressources pédagogiques

Comme cela est souvent rappelé dans la littérature, la pédagogie interdisciplinaire se doit de limiter l'enseignement frontal au profit de méthodes d'enseignement qui d'une part favorisent le travail collaboratif, et d'autre part permettent de structurer le travail individuel. Ainsi, pour le cours de mathématiques en Sciences de la Vie de la section pilote de Deug, différents types de ressources pédagogiques ont été mis en place afin de répondre aux divers objectifs présentés ci-dessus.

3.1. Des cours magistraux

Les *cours magistraux* (CM) ont été réduits de 50% par rapport aux sections classiques de Deug ; Tous les étudiants sont rassemblés pour un exposé des principales notions méthodologiques, illustrés par de nombreux exemples en biologie. Un effort tout particulier est apporté à la forme de ces cours magistraux, qui s'appuient très largement sur des vidéo-projections animées. En CM, la prise de notes se trouve réduite, puisque les étudiants sont censés prendre connaissance du cours avant la séance (via Internet), et les supports vidéos leur sont distribués, sous forme papier, en début de séance.

3.2. Des Travaux Tutorés

Les *Travaux Tutorés* (TT) rassemblent les étudiants par groupes de 15, lors de séances de 1h30 en présence du tuteur (enseignant statutaire ou vacataire, éventuellement un étudiant de 3^{ème} cycle). Les TT sont complétés par un travail personnel de l'étudiant, suivi à distance (mail et forum) par le tuteur. Lors de ces TT, les étudiants tentent de capitaliser un maximum de connaissances méthodologiques, au travers de QCM (apprentissage de concepts) et d'exercices d'application avec trois niveaux de difficulté progressive (apprentissage de techniques).

3.3. Des Travaux Dirigés

Les *Travaux Dirigés* (TD) sont le lieu privilégié d'une introduction à l'interdisciplinarité ; mathématiques et biologie sont mises à contribution dans la résolution d'un problème biologique, qu'il faut formaliser (mettre en équation), décrire et analyser, puis interpréter. Ces TD sont un premier pas vers la construction d'un savoir intégré, puisqu'ils associent plusieurs niveaux, selon la taxonomie de Bloom [BLOOM & ENGELHART 1979] :

- *L'analyse* (niveau 4), par l'interprétation mathématique d'une question biologique ;

- La synthèse (niveau 5), par la résolution, en dehors d'un contexte théorique pur, d'un problème mathématique appliqué ;
- L'évaluation (niveau 6), par le développement de l'esprit critique des étudiants dans l'interprétation de résultats mathématiques en rapport avec la biologie.

3.4. Un site web

Le besoin d'introduire les TICE dans notre pédagogie s'est imposé dès lors que les CM ont dû être limités et que nous avons introduit une pédagogie par petits groupes s'accompagnant d'un suivi individuel et à distance. Rappelons que nous avons chaque année environ 200 étudiants. Le *site web*, baptisé *MathSV* pour « Mathématiques et Sciences de la Vie », est libre d'accès à l'adresse <http://mathsv.univ-lyon1.fr/>. Il propose divers outils multimédias pour étayer notre pédagogie interdisciplinaire. En particulier, les étudiants ont à leur disposition des espaces dédiés à l'interdisciplinarité où les questions biologiques sont traitées, analysées et interprétées, à l'image de ce que l'on attend d'eux en TD (cf. *section 3.3*). Ce site web est donc un excellent complément aux ressources pédagogiques précédemment citées. Il fait partie intégrante des séquences pédagogiques de TT et TD, et participe très largement au suivi global et individuel des étudiants, en les accompagnant dans leur travail personnel. Ajoutons qu'une rubrique « revue de presse » hebdomadaire leur est accessible, dont l'objectif est de les ouvrir à des sujets d'actualité qui mêlent eux aussi Mathématiques et Biologie.

4. Le site web *MathSV*

Le site web *MathSV* est le fruit d'une collaboration étroite entre enseignants et informaticiens du Laboratoire « Biométrie et Biologie Evolutive » et la cellule NTE (Nouvelles Technologies Educatives) de l'Université Claude Bernard Lyon 1. Il rassemble, dans un style infographique original, quatre grandes rubriques à vocation pédagogique différente.

4.0. L'agenda hebdomadaire

L'objectif de l'agenda hebdomadaire est d'inciter les étudiants à une meilleure gestion de leur temps de travail personnel. En se connectant sur *MathSV*, les étudiants sont ainsi accueillis dans une page « semaine courante », qui rassemble des informations pratiques (corrigés, notes, sondages,...), des actualités scientifiques en Biologie (au travers desquelles nous essayons toujours de mettre en avant l'utilisation des mathématiques), et des consignes très précises concernant les chapitres de cours à étudier, les exercices de TT à préparer ou les problèmes de TD à résoudre. Depuis cette page, les étudiants ont également accès au planning semestriel du cours, pour repérer dans le temps l'enchaînement des CM, TT et TD, aux informations des semaines déjà écoulées, et à leur bureau virtuel personnalisé (cf. *section 5.0*).

4.1. Le cours et ses annexes

Pour palier la réduction des CM en présentiel, les chapitres de cours complets, accompagnés d'une synthèse, ont été mis en ligne ; ils sont également disponibles en téléchargement. A cela viennent s'ajouter toute une série de formulaires, ainsi qu'un glossaire permettant d'accéder au cours par mot-clé. Enfin, sont accessibles depuis cette rubrique « Cours », tous les exercices et problèmes, correspondant aux TT et aux TD.

4.2. Les tests de connaissance

Chaque chapitre de cours est accompagné d'un ou deux QCM pour aider les étudiants à apprendre le cours et les notions théoriques qui y sont présentées. Ces QCM, en mode global ou séquentiel, renvoient automatiquement à l'étudiant sa note, le corrigé et une justification de la bonne réponse avec des liens hypertextes vers la partie de cours correspondante. L'étudiant peut ainsi s'auto-évaluer et améliorer ses performances. Grâce à son bureau virtuel (*cf. section 5.0*), il peut aussi se comparer aux autres étudiants de l'amphi. Les QCM sont utilisés en présentiel pendant les séances de TT, mais aussi en auto-formation entre les TT ou en période de révision d'examens.

4.3. La boussole

La boussole permet aux nouveaux visiteurs du site de naviguer d'une page à l'autre grâce à un « livre du maître » qui se présente sous forme de fiches pédagogiques. Les étudiants y trouvent entre autre un moteur de recherche, et les informations nécessaires pour **prendre contact** avec l'équipe pédagogique de *MathSV* : les enseignants de CM, de TD ou tout simplement leur tuteur.

5. Un suivi global et individualisé

L'enjeu d'un tel dispositif pédagogique est aussi de pouvoir quantifier l'utilisation que font les étudiants du site web et la façon dont leur cheminement pédagogique s'en trouve amélioré. Il est en effet bien connu qu'à l'université les étudiants ne travaillent que la veille des examens ; nous allons voir qu'il peut en être autrement !

5.0. Le bureau virtuel personnalisé

Depuis le mois de septembre 2002, les étudiants peuvent entrer dans *MathSV* grâce à un identifiant et un mot de passe qui leur permet d'accéder, depuis l'agenda hebdomadaire, à un bureau virtuel personnalisé. Celui-ci leur permet de savoir combien d'autres étudiants sont connectés au même moment et de dialoguer sur un **forum** modéré et animé par l'équipe enseignante ; ce forum est très largement utilisé

par les étudiants qui s'en servent pour poser des questions sur le cours ou les exercices. Le bureau virtuel permet d'autre part aux étudiants de consulter leur **tableau de bord**, qui récapitule toutes leurs visites sur *MathSV* (**Figure 1**). En effet, lorsqu'ils ont validé la lecture d'une synthèse de chapitre, la case correspondante dans le tableau de bord se colore en vert ; lorsqu'ils ont fait un QCM (une ou plusieurs fois), la case correspondante dans le tableau de bord se colore en rose (note < 10) ou en vert (note > 10), et leurs résultats personnels successifs s'affichent accompagnés de la moyenne globale de tous les étudiants. Enfin, ils peuvent cocher une case chaque fois que les exercices correspondant à un chapitre ont été faits et compris.

ANALYSE	Fonctions - Généralités	Limites - Continuité	Dérivation - Etude de fonctions	Fonctions usuelles	Primitives-Intégration	Equations différentielles
Synthèses de cours	K.chap.1 [113] ✓	K.chap.2 [123] ✓	K.chap.3 [151] ✓	K.chap.4 [131] ✓	K.chap.5 [211] ✓	K.chap.6 [113] ✓
Auto-évaluations QCM	test 1 (127) ✓	test 1 (84) ✓	test 1 (127) ✓	test 1 (103) ✓	test 1 (158) ✓	test 1 (84) ✓
	test 2 (153) ✓	test 2 (85) (132)	test 2 (100) (174) ✓		test 2 (154) ✓	
Exercices d'application	Série 1 : 1-1**a)b), 1-3**a)d), 1-1**a)b), 1-2**b),1-3**, 1-4**c) C'est fait ✓ (104)	Série 1 : 1-1**a)b), 1-3**a)d), 1-1**a)b), 1-2**b),1-3**, 1-4**c) C'est fait ✓ (97)	Série 1 : 2-1**a), 2-2*, 3-2*, 4-1*, 6-1** C'est fait ✓ (86)	Série 1 : 2-1**a), 2-2*, 3-2*, 4-1*, 6-1** C'est fait ✓ (77)	Série 2 : 1-1**a)b)c)d)e), 1-1**c), 2-1**, 2-2**, 3-1** C'est fait ✓ (72)	Série 3 : 1-1** 1-2**, 1-3** 2-1**, 2-2** 2-3**, 3-1**a)b), 3-2**a)b), 3-3**a)b), 3-3** C'est fait ✓ (60)
PROBA-STAT	Combinatoire	Probabilité	Lois de probabilité	Statistiques	Estimation	Tests d'hypothèse
Synthèses de cours	PS.chap.1 [128] ✓	PS.chap.2 [119] ✓	PS.chap.3 []	PS.chap.4 []	PS.chap.5 []	PS.chap.6 []
Auto-évaluation QCM	test 1 (105) ✓	test 1 (132) ✓	test 1 (18) (23)	test (7) (9)	test (3) (3)	test (2) (4)
	test 2 (88) ✓	test 2 (6) (7)				
Exercices d'application	Série A : 1-2*,1-1**,2-1*,2-4* C'est fait ✓ (42)	Série A : 2-4**,3-1**,3-2**,3-4** C'est fait [] (21)	Série B : 1-1*,1-4**,1-2**,1-6**, 2-4**,2-5** C'est fait [] (3)	Série B et C : 2-8**,3-2*, 1-1*, 1-2*,1-4*,2-2** C'est fait [] (1)	Série C : 2-8**,3-3*,3-2**, 4-4*,4-1**,4-7** C'est fait [] (0)	Série C : 2-8**,3-2*,3-2**, 4-4*,4-1**,4-7** C'est fait [] (1)

Figure 1. Tableau de bord d'un étudiant ; 8 chapitres sur 12 ont déjà été consultés.

Ce tableau de bord représente en quelque sorte le cheminement pédagogique de chaque étudiant. Il permet d'une part à l'étudiant de suivre sa progression, de mesurer le chemin qu'il a déjà parcouru et qui lui reste à parcourir avant les examens, et d'auto-évaluer son niveau général par rapport à l'ensemble des étudiants. D'autre part, le tableau de bord personnalisé est accessible au tuteur lors des TT, ce qui lui permet d'adapter l'aide qu'il apporte à chaque étudiant, en orientant ses recommandations vers la révision d'un chapitre de cours, un QCM ou des exercices plus difficiles, en fonction des acquis de l'étudiant. Les étudiants se sont très vite appropriés ce tableau de bord ; ils en mesurent très bien les objectifs et ne le ressentent absolument pas comme une sanction.

5.1. Le parcours « prof »

Pour un suivi plus global des étudiants, les enseignants disposent d'un tableau de bord récapitulatif (**Figure 2**) de toutes les actions des étudiants à l'intérieur du site

MathSV, avec des informations disponibles pour l'ensemble des 200 étudiants, pour chaque groupe de TD, et pour chaque étudiant. Les enseignants ont ainsi accès au nombre de synthèses validées, au nombre de personnes ayant fait tel QCM et au nombre de fois où tel QCM a été fait, et enfin au nombre d'étudiants qui annoncent avoir fait et compris les exercices des différents chapitres.

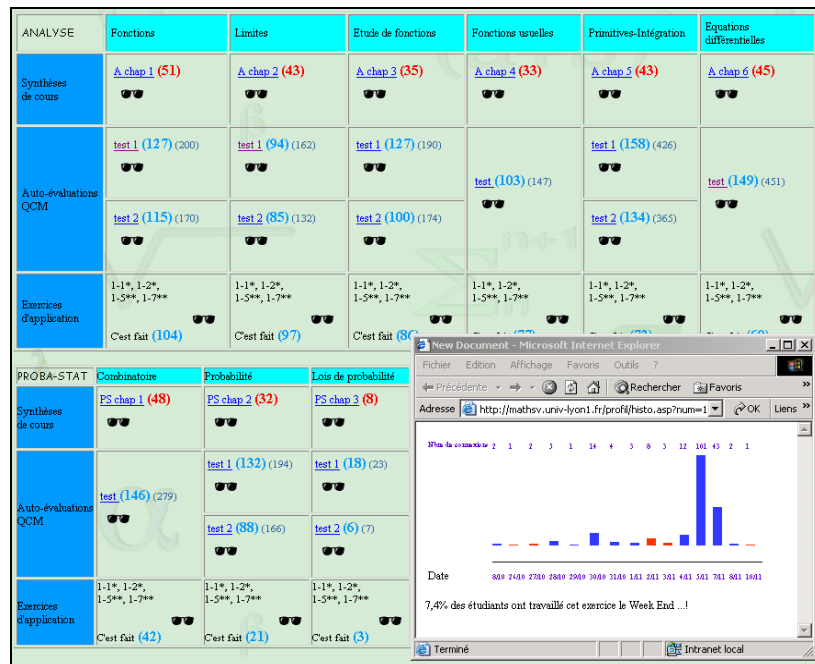


Figure 2. Tableau de bord général de la progression de tous les étudiants sur le site *MathSV*. En médaillon : histogramme chronologique de fréquentation d'un QCM.

Chaque information de ce tableau de bord global est accompagnée d'un histogramme du nombre de visites des pages correspondantes en fonction du temps. Il est alors possible de savoir à quel moment les étudiants travaillent tel chapitre ou tel QCM. Est-ce juste avant un contrôle ou de façon plus régulière ? Nous constatons sur *MathSV* que le tableau de bord général pour l'ensemble des 200 étudiants se remplit très régulièrement jour après jour.

5.2. Quelques chiffres...

Pour 40 URL suivies avec 51107 connexions (valeur au 11/11/2002) enregistrées depuis le 4 octobre 2002 (soit 120 jours suivis), nous pouvons affirmer que le site *MathSV* est très largement utilisé, à la fois par les étudiants référencés dans la base de données, mais aussi par un nombre grandissant de visiteurs extérieurs. Il y a eu dans cette période (???) en moyenne 98 connexions journalières

sur la page d'accueil du site. Les sondages réalisés auprès des étudiants (<http://mathsv.univ-lyon1.fr/infos/fiche-qcm.html>) nous confortent dans l'idée que *MathSV* est utile pour les étudiants : **90%** considèrent que le site web et les QCM sont un plus ; **65%** trouvent en TT le soutien individuel attendu et **68%** considèrent ces TT comme une aide pour apprendre le cours ; Enfin **70%** considèrent le tableau de bord comme une incitation à l'apprentissage.

6. Conclusion

Notre dispositif pédagogique interdisciplinaire fonctionne actuellement en première année de 1^{er} cycle universitaire. Depuis février 2003, elle est étendue à la deuxième année qui concerne aussi près de 200 étudiants. A court terme, les interactions seront renforcées entre les cours de mathématiques et de biologie, puisque *MathSV* sera bientôt virtuellement associé, via de nombreux liens hypertextes entre notions théoriques et biologiques, avec « Gen-net-Pop », un site web pour l'enseignement de la génétique des populations. A plus long terme, notre objectif est de disposer d'une plate-forme complète d'enseignement des Mathématiques pour la Biologie, qui intégrera des cours de 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} cycles.

Comme nous avons tenté de l'illustrer ici, la pédagogie interdisciplinaire est pleine d'incertitude. Il faut être disponible pour les méthodes interactives et l'encadrement du travail personnel de l'étudiant. Toutes ces méthodes sont coûteuses en temps et en investissement personnel de l'équipe enseignante [REGE COLET 2002]. Grâce au soutien de notre Université et à la bonne volonté de toute notre équipe pédagogique, nous avons relevé le défi de faire des TICE des technologies pour l'intelligence et la connaissance. Et si les résultats statistiques de fréquentation et de suivi global sont un bon argument pour dire que nos étudiants ont su s'approprier le dispositif et que le site leur est utile, leur satisfaction générale, comme l'utilisation qu'en font des étudiants et des enseignants extérieurs, est sans nul doute notre plus grande victoire.

Remerciements

Les auteurs tiennent tout particulièrement à remercier pour son aide technique **N. Gautier**, et pour leur soutien : **C. Gautier**, directeur du Laboratoire « Biométrie et Biologie Evolutive », **D. Debouzie**, président de l'Université Claude Bernard Lyon 1, et **J. Gallezot**, présidente du CEVU de l'Université Claude Bernard Lyon 1.

6.0. Bibliographie

[BLOOM & ENGELHART 1979] BLOOM & ENGELHART Taxonomie des objectifs pédagogiques, Tome 1 Domaine cognitif. Montréal : Edition Nouvelle, 1979.

[REGE COLET 2002] REGE COLET N., *Enseignement universitaire et interdisciplinarité – Un cadre pour analyser, agir et évaluer*, De Boeck, Bruxelles, 2002.