

Délocalisation numérique partielle d'un dispositif d'enseignement

CIUEN 2012 - colloque international "L'université à l'ère du numérique"

Thème 1 : Apprendre et enseigner avec le numérique- Nouveaux enjeux et nouvelles pratiques pédagogiques

Titre : Délocalisation numérique partielle d'un dispositif d'enseignement : auto-apprentissage, mutation du contrat didactique, recentrage du temps présentiel sur les obstacles, évaluation formative et diminution du taux d'échec.

Grégoire VINCKE, Anne-Cécile WAUTHY, Benoît BIHIN et Eric DEPIEREUX

Eric DEPIEREUX

Facultés Universitaires ND de la Paix 61 rue de Bruxelles B5000 Namur

Téléphone professionnel : 32-81-724418

Téléphone privé 32-485-110-730

Télécopieur : 32-81-72-42-97

courriel : eric.depiereux@fundp.ac.be

Grégoire VINCKE

Facultés Universitaires ND de la Paix 61 rue de Bruxelles B5000 Namur

Téléphone professionnel : 32-81-724386

courriel : gregoire.vincke@fundp.ac.be

Anne-Cécile WAUTHY

Facultés Universitaires ND de la Paix 61 rue de Bruxelles B5000 Namur

Téléphone professionnel : 32-81-724386

courriel : anne-cecile.wauthy@fundp.ac.be

Benoît BIHIN

Facultés Universitaires ND de la Paix 61 rue de Bruxelles B5000 Namur

Téléphone professionnel : 32-81-724386

courriel : benoit.bihin@fundp.ac.be

Résumé. Notre public cible est composé des étudiants en baccalauréat (équivalent de la licence en France) en sciences, suivant un enseignement présentiel de biostatistiques et qui se heurtent à des obstacles conceptuels liés à leur manque d'affinité pour les mathématiques. Dès les années 1980 nous avons développé un dispositif d'apprentissage sur ordinateur, relayé à partir des années 2000 par un site Web statique puis Web 2.0, largement illustré de simulations et d'animations Flash. Parallèlement, le formalisme mathématique a été réduit au profit d'une compréhension intuitive. La modélisation de la navigation dans le site est basée sur un réseau conceptuel matérialisé par une carte de navigation interactive: elle réalise un compromis entre la contrainte d'une navigation linéaire (l'apprenant est invité à suivre des modules ou des pages dans un ordre déterminé) et réticulaire (l'étudiant est libre d'aborder différentes ressources : exercices, simulations, auto-évaluation) suivant une séquence qui lui est propre. Le dispositif est complété d'une plateforme d'évaluation formative permettant de gérer des QCM, d'enregistrer les réponses en temps réel et de les analyser selon des critères éducatifs pour poser des diagnostics notamment pour la détection d'obstacles à l'apprentissage.

Une analyse rétrospective de l'impact de notre site sur l'intégration des concepts abstraits, via l'enregistrement de la stratégie de résolution de problèmes par des binômes d'étudiants, nous a amené à redévelopper des activités présentiels visant l'appropriation d'ostensifs mathématiques par la manipulation d'objets concrets.

Avant la mise en place de ces dispositifs, le taux d'échec pouvait être quatre fois supérieur au taux d'échec pour la moyenne générale des cours, mais actuellement les étudiants encore en échec dans notre enseignement sont des étudiants très faibles, en échec dans plusieurs autres matières.

Abstract. Our target audience is Bachelor's students ("licence" in France) in a biostatistics course who face conceptual difficulties due to their lack of affinity for mathematics. Our computer learning system was originally developed back in the 1980s, was transferred in the 2000s to a static website and then to the Web 2.0. It largely relied on simulations and Flash animations, with reduced mathematical formalism in favour of a more intuitive approach. The modelling of navigation within the site is based on a conceptual network in the form of an interactive navigation map. This approach represents a compromise between the constraints of linear navigation (where the learner is invited to follow modules or pages in a predetermined order) and a network-type navigation (where the student is free to use different resources: exercises, simulations, self-assessment as he/she wishes). The system also offers a training evaluation platform with MCQs. The answers are recorded in real time and analysed according to edumetric criteria in order to make diagnoses and detect learning obstacles.

A retrospective analysis of the impact of our site on the understanding of abstract concepts through the recording of the problem solving strategy by pairs of students led us to redevelop the traditional activities to appropriate mathematical representations through the handling of concrete objects.

Before the introduction of these devices, the failure rate was up to four times that of the average rate across all courses. However, students that are now still unsuccessful in our final evaluation are weak and also fail in one or several other courses.

Introduction

L'enseignement des biostatistiques de l'université de Namur (Belgique) a connu une évolution constante axée principalement sur l'intégration de l'auto-apprentissage dans le parcours pédagogique proposé aux étudiants, grâce au développement d'un site Web qui fait largement usage du procédé d'auto-évaluation formative [Erreur ! Signet non défini.,2,3]. Le public cible est composé des étudiants des cursus biologique et médical. D'un profil généralement peu enclin aux mathématiques, ils perçoivent mal un cours basé sur des principes mathématiques et stochastiques et l'abandonnent avec réticence. Ceci aboutit pour certains à une intégration minimaliste des concepts de base. Notre but est d'amener les étudiants à être capables d'analyser une situation expérimentale et de pouvoir justifier tout choix de technique statistique en se basant sur des notions théoriques reconnues, en maîtrisant une technologie, au sens de Chevallard [4]. La réflexion au sein de notre laboratoire sur les liens entre l'évolution de notre dispositif didactique et des principes du site Web ont été développés dans un article précédent [1] : selon Verret: "toute pratique d'enseignement d'un objet présuppose la transformation préalable de son objet en objet d'enseignement" [5]. La transformation des statistiques pratiquées en statistiques enseignées n'échappe pas à la règle [6].

Site d'auto-apprentissage

À partir d'observations tirées de contextes expérimentaux spécifiques de leur discipline, la formation a pour objectif d'amener les étudiants à utiliser les modèles statistiques appropriés à la problématique, à formuler les hypothèses, à les tester et enfin à interpréter les résultats en termes de risque d'erreur. Notre développement de l'apprentissage des biostatistiques sur ordinateur a débuté dans les années 80 par un programme en GW BASIC sur APPLE II [3], relayé par un site Web "Pratique des biostatistiques" statique [2] (rendu ensuite dynamique par la technologie du Web 2.0 [7]. Enfin notre site a été récemment réécrit pour faciliter l'interaction directe des enseignants avec son contenu dans le CMS Drupal, qui se distingue par un bon processus permettant de conserver une trace des modifications successives [8]. Le site a progressivement induit une évolution considérable du processus de transposition didactique : d'un cours essentiellement basé sur les démonstrations algébriques [9], [les démonstrations ont cédé la place à des monstres, sous forme d'animations (Flash, Javascript) ou de simulation (tableurs).

Le contrôle de la navigation a fait l'objet de nombreuses recherches afin d'éviter les contraintes d'un livre sans verser dans une navigation *centrifuge* caractéristique du Web : l'apprenant se dissipe car passer de site en site l'éloigne de sa question initiale. Le site propose donc un compromis entre un mode de navigation linéaire (séquence proposée) et réticulaire (séquence libre) [2]. Le mode linéaire est proposé dans une carte de navigation (Figure 1) suivant un ordre logique de prérequis. Soit les modules sont abordés selon un parcours prédéfini visant un objectif précis (Figure 1a) soit ils le sont en suivant la table des matières d'un cursus particulier (Figure 1b). Dans un module, une succession de pages présente la matière sur un mode linéaire et des ressources complémentaires (exercices, résumés, documents projetés au cours, QCMs) sont accessibles à la demande suivant un mode de navigation réticulaire *centripète*, c'est à dire que les ressources périphériques ne comprennent pas de lien hypertexte pouvant lui faire quitter le module sur lequel il est focalisé, ce qui maintient son attention sur le concept visé dans ce module.

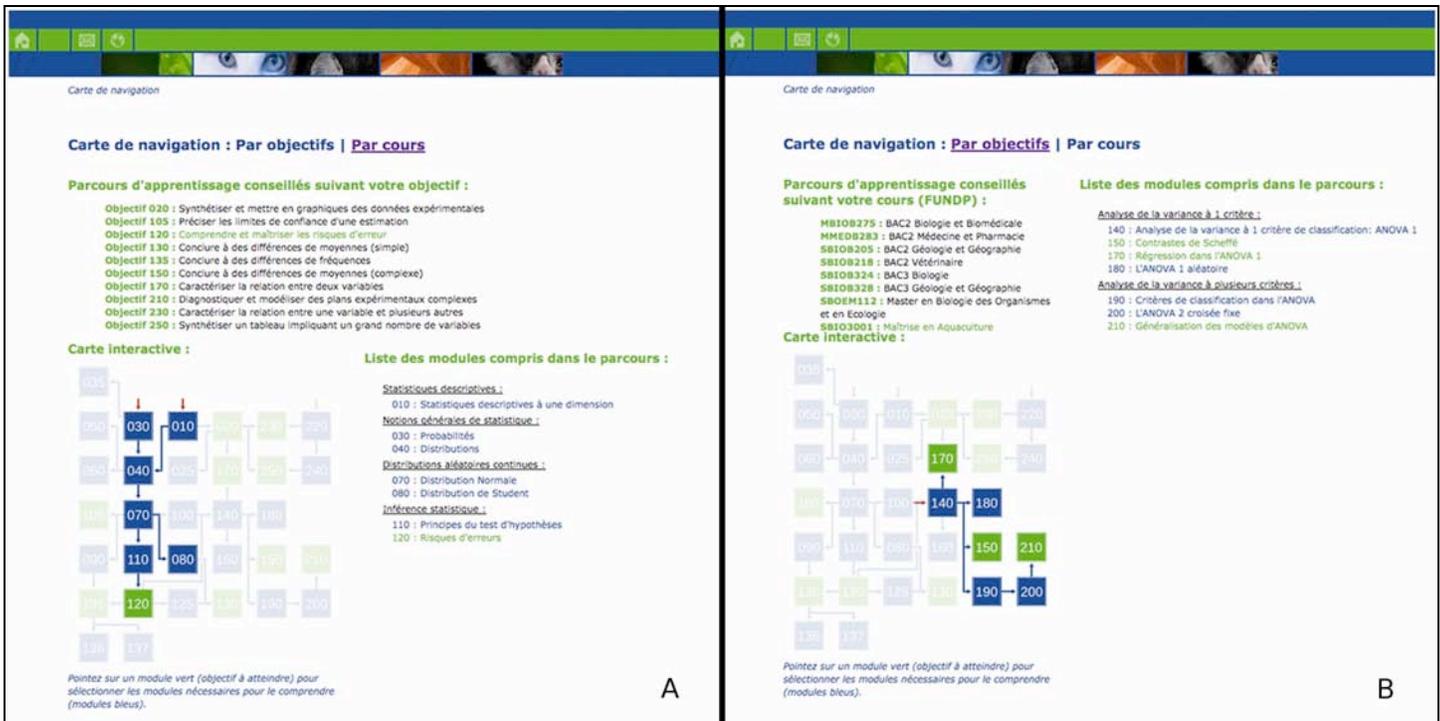


Figure 1. Modes de navigation dans le site d'auto-apprentissage des biostatistiques. Carte de navigation interactive, détaillant a) le parcours proposé pour atteindre un objectif (120, en vert) b) le cahier des charges d'un cours particulier (SBIO3001, en vert).

Le site est plébiscité par nos étudiants, interrogés anonymement par des enquêtes de satisfaction sur la plateforme institutionnelle [10]. Son suivi par Google Analytics¹ témoigne pour l'année 2011 de 64.500 visites avec un taux de rebond² de 40% et une moyenne d'un quart d'heure de connexion pour 8 pages visitées.

Site d'auto-évaluation

La première version du site était voulue compatible entre une version Web et une version CD-ROM, justifiée par la difficulté de connexion de l'époque. Le seul logiciel convivial le permettant était Hotpotatoes³, dans lequel nous avons développé une dizaine de questions à choix multiples par module d'apprentissage. Par la suite des commentaires ont été ajoutés à chaque option correcte et distracteurs. Les questions étaient issues de la banque de questions de l'examen certifiant, qui prend en compte un coefficient de certitude de la réponse, option non gérée par Hotpotatoes. Ce système d'auto évaluation s'est révélé être un élément important de l'engouement des étudiants pour le site.

En 2007, les limites du système développé dans le cadre des QCMs Hopotatoes sont devenues évidentes. Essentiellement le logiciel même employé en ligne ne permet ni le suivi des étudiants, ni celui des questions. Notre but étant d'utiliser aussi cet outil d'évaluation pour la détection des

¹ <http://support.google.com/googleanalytics/?hl=fr>

² pourcentage de visites qui ne dépasse pas le stade de la page d'accueil

³ <http://hotpot.uvic.ca/>

obstacles à l'apprentissage, nous nous sommes mis à la recherche d'un autre outil pour nous permettre de générer une banque de questions permettant (i) la collaboration entre les enseignants, (ii) leur mise en ligne sous une forme compatible avec le concept d'évaluation formative, (iii) le traitement des réponses des apprenants dans un but analytique. Que ce soit dans les solutions propriétaires (QuestionMark, WebCT, etc.) ou libres (PhpSurveyor, Hopotatoes, etc.), aucun des logiciels disponibles à l'époque ne correspondait à notre cahier des charges, la carence étant essentiellement due aux possibilités de suivi tant des performances des étudiants que de l'édumétrie spécifique à chaque question afin d'évaluer et d'orienter l'enseignement. Par ailleurs les plate-formes Web à finalité éducative, telles que Claroline ou Moodle, pour ne citer que les deux plus connues dans le domaine open source, sont généralement spécifiques d'une et une seule institution. Or, actuellement, le contexte dans lequel évoluent les formateurs est de plus en plus souvent multi-institutionnel.

Nous avons dès lors développé une nouvelle plateforme, eTests, actuellement publiée sous licence EUPL, conçue pour fonctionner aussi bien en mode mono-institutionnel que multi-institutionnel, afin de permettre l'intégration d'étudiants ou d'enseignants d'institutions partenaires. La description détaillée de cette plateforme n'étant pas l'objet de cet article, nous nous limiterons à décrire nos principaux objectifs :

- la plateforme est utilisée lors de séances présentiels et mise à disposition pour un travail individuel ;
- eTests intègre nativement un système de connexion multiple, permettant à plusieurs apprenants de travailler ensemble sur un même ordinateur en vue de favoriser le travail de groupe ;
- une justification est proposée lors d'une réponse correcte ;
- lors d'une réponse incorrecte, des indices affichés à la demande ont pour fonction d'orienter l'apprenant vers la bonne réponse, suivant la démarche attendue par l'enseignant ou élaborées collectivement par les apprenants ;
- les indices édumétriques permettent une analyse fine tant des cohortes d'étudiants que des questions (Figure 2);
- la collecte du raisonnement lors de la résolution d'exercices de types QCM, permet une future méta-analyse de la part de l'apprenant lors de la correction [11].

Exemple de détection d'un obstacle à l'apprentissage

La figure 2 représente l'une des vues des indices édumétriques disponibles par question et par cohorte d'étudiants dans la plateforme eTest. Elle concerne une section de BAC2 biologie durant la période d'examen et porte sur une notion *a priori* relativement simple qui concerne la différence entre un coefficient de corrélation⁴ R (compris entre -1 et +1, qui traduit la répartition des points dans un diagramme de dispersion) et un coefficient de détermination⁵ R^2 (compris entre 0 et +1, qui traduit l'adéquation des points à un modèle, ici une simple droite). L'analyse met rapidement en évidence que la différence entre ces deux mesures n'est pas correctement maîtrisée à un stade de l'apprentissage où elle est censée l'être. Suite à l'énoncé « un coefficient de corrélation de 0,8 indique que .. », suivent 3 distracteurs, l'option correcte et 4 solutions générales. Face à chaque option, de gauche à droite : le nombre de répondants absolu, relatif (en % et sous forme graphique) la répartition des coefficients de certitude en trois degrés (jaune peu-, vert clair moyennement-, vert foncé tout à fait certain), et la corrélation point bisérale (r_{pbis}). Un r_{pbis} positif signifie que les étudiants qui ont correctement répondu à l'option sont ceux qui ont globalement bien répondu à l'ensemble du

⁴ <http://webapps.fundp.ac.be/biostats/biostat/modules/module20/page4.html>

⁵ <http://webapps.fundp.ac.be/biostats/biostat/modules/module20/page5.html>

test. La valeur attendue est donc positive pour l'option correcte et négative pour les distracteurs. Sur cette base, le distracteur 1 est choisi par 12% d'étudiants faibles ($r_{pbis} = -0,26$) et peu sûrs de leur réponses. Par contre, les distracteurs 2 et 3 sont choisis respectivement par 9% et 56% d'étudiants moyens (r_{pbis} proche de 0) et assez sûrs de leur réponse. L'option correcte est choisie par seulement 18% d'étudiants globalement bons ($r_{pbis} = 0,36$) mais relativement peu certains d'avoir raison. A cela s'ajoutent 6% d'étudiants « prudents » mais peu sûrs de leur réponse, qui pensent qu'aucune proposition n'est correcte. Le constat est donc sans appel : cette cohorte maîtrise mal ce concept.

L'utilisation systématique de la plateforme dans les séances d'exercices et l'enregistrement des performances durant le travail personnel de l'étudiant représente un outil de détection des obstacles à l'apprentissage, de la qualité des questions et de l'avancée des différentes cohortes d'étudiants au cours du temps.

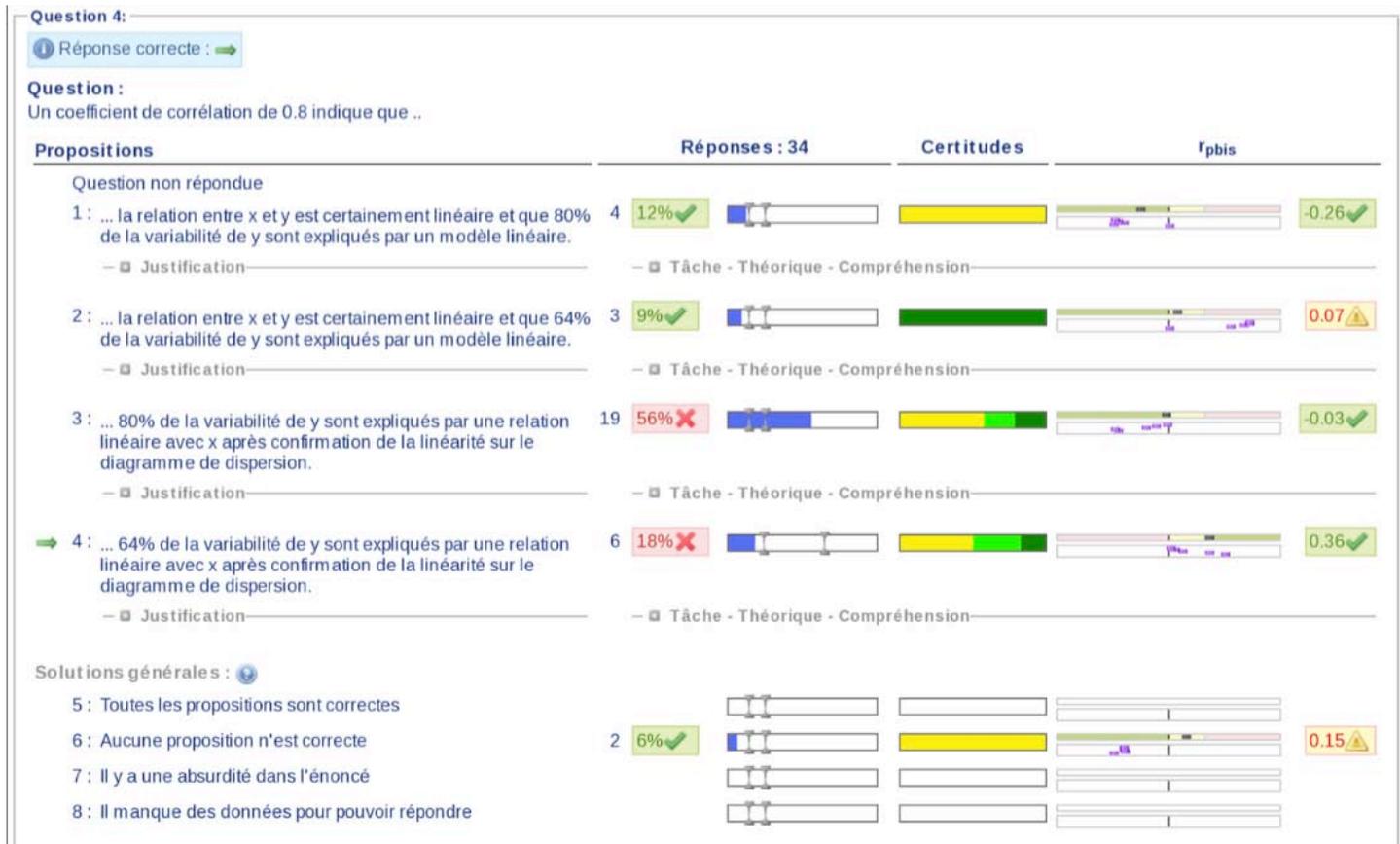


Figure 2. Capture d'écran d'un extrait des résultats de eTest, pour une question et une cohorte de 34 étudiants peu avant l'examen certifiant. Indices éduométriques expliqués dans le texte.

Evolution du temps didactique

Notre modèle pédagogique [12] a progressivement évolué dans la façon d'envisager l'action de l'enseignant en classe et l'organisation de situations pédagogiques pour l'apprenant, suivant une nouvelle dévolution des tâches, au sens de Brousseau [13] et une modification du temps didactique, au sens de Chopin [14]. Le premier site a essentiellement représenté un nouveau support pour les activités présentiels en groupe restreints (travaux pratiques) sans modifier sensiblement le cours *ex cathedra*. Ensuite l'évolution parallèle (i) du contenu du site et de son interactivité (ii) de la pratique

de l'auto-évaluation en ligne (iii) des facilités de connexion de l'apprenant et (iv) de l'apparition de la génération des « digital natives » a progressivement développé une ligne d'apprentissage numérique partiellement redondante avec la ligne d'apprentissage présentielle (Figure 3). La présence au cours a largement chuté, et bien qu'aucune corrélation n'ait pu être établie entre la présence au cours et le taux de réussite [1], ceci n'a pas manqué d'interpeller la communauté universitaire, la réputation d'un professeur étant généralement corrélée au taux de remplissage de son auditoire. Plutôt que de chercher des artifices pour rendre l'assemblée captive de l'exposé oral, le contrat didactique [15] a été modifié. Les exposés ex-cathedra ont été réduits de moitié et centrés sur les notions les plus délicates à comprendre. Il est d'ailleurs tout à fait logique qu'à charge globale (comptabilisée en ECTS⁶) constante pour l'étudiant, la délocalisation numérique partielle d'un dispositif d'enseignement implique une diminution des charges présentielles. Cependant, notre université fait partie de celles qui n'ont pas encore résolu les problèmes institutionnels que cette nouvelle dévolution des tâches engendre. Du côté de l'enseignement, la charge des professeurs et assistants est comptabilisée en heures présentielles. Le développement et la maintenance des outils disponibles sur le Web et de la banque de questions, le suivi des forums, la réponse aux courriels représente un surcroît de charge par rapport au cours ex-cathedra traditionnel et paradoxalement la diminution des heures présentielles entraîne une diminution des prestations reconnues officiellement. Du côté de l'apprentissage, une plus grande autonomie vis-à-vis de points de matière non explicités au cours, la résolution autonome de tâches techniques ou profit de discussions technologiques, le renvoi de certaines discussion en forums et l'implication dans l'auto-évaluation responsabilise davantage l'étudiant qui équilibre spontanément sa charge en choisissant les moyens d'apprentissage qui lui apparaissent les plus rentables.

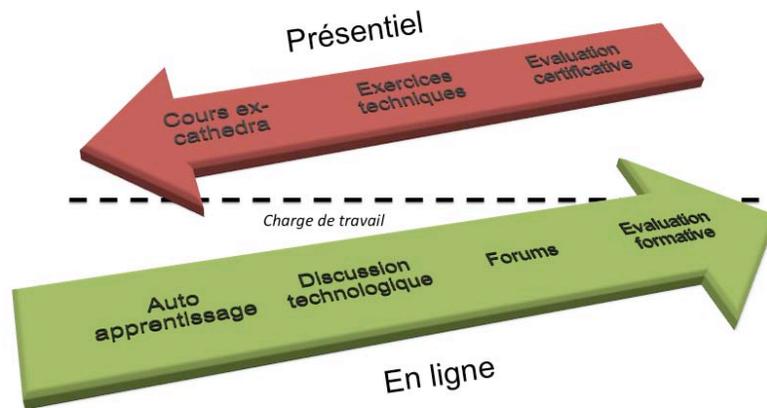


Figure 3. Diminution de certaines activités présentielles au profit d'activités en ligne, à charge de travail constante. Nouvelle dévolution des tâches entre l'enseignant et l'apprenant.

Analyse des obstacles à l'apprentissage

La comparaison de données issues de l'expérience et de données modélisées représente un obstacle conceptuel : la modélisation requiert une abstraction qui ne constitue pas une démarche spontanée pour les étudiants en sciences du vivant. D'autre part, l'enseignement spécifique de la biostatistique est relativement récent [16] et nécessite encore de nombreux ajustements. Enseigner cette matière représente donc le challenge d'augmenter la motivation des étudiants, loin d'être spontanée, de réduire le taux d'échec et d'assurer la rémanence de concepts clés. Sans développer

⁶ Système européen de transfert et d'accumulation de crédits (European Credits Transfer System). Cette unité comptabilise pas cours la charge de travail globale pour un étudiant, une année d'étude correspondant à 60 ECTS.

ici un cours de statistiques, la maîtrise du modèle de Gauss et Laplace est nécessaire pour comprendre le théorème de la limite centrale, clé de la distribution d'échantillonnage, de la technique de l'intervalle de confiance d'une estimation et de toutes les techniques d'inférence consacrées aux comparaisons de moyennes et à la gestion des risques d'erreurs. En un mot, s'il ne fallait retenir qu'une seule chose de tout le cours, c'est la gestion des risques d'erreurs liées aux résultats faux positifs et faux négatifs, concept permettant de planifier et d'interpréter la grande majorité des expériences menées dans le domaine biologique et médical et résultat de cette cascade de concepts. Or, force est de constater que cette notion fondamentale reste très mal maîtrisée, et cela de façon généralisée, comme en témoigne des erreurs élémentaires se glissant jusque dans les publications scientifiques.

Avant de disposer du puissant outil de détection des obstacles conceptuels que représente eTests (Figure 2), nous avons adopté une méthode d'investigation souple, à savoir des interviews semi-structurées, comme le définit G. De Landsheere [17]: « Un schéma définit les principaux thèmes à explorer et prévoit éventuellement certaines questions ; mais la manière dont les thèmes seront amenés au cours de l'entretien, la façon dont les questions seront formulées et l'ordre dans lequel thèmes et questions apparaîtront ne sont pas fixés d'avance ». Souple mais énergivore, car nous y avons consacré l'essentiel de la partie expérimentale d'une thèse de doctorat [2] tout en rétribuant les étudiants se prêtant à l'expérience. Notre analyse a priori repose sur deux concepts introduits par M. Bosch et Y. Chevallard: la valence sémiotique et la valence instrumentale des ostensifs [18] La prise en compte de la variabilité, dans un modèle probabiliste, repose sur une notion relativement complexe, la fonction de densité de probabilité, qui permet de représenter la probabilité de se trouver entre deux valeurs d'abscisse comme la surface sous la courbe comprise entre ces deux valeurs. La tentation de faire l'impasse sur ce fondement théorique est si grande que dans différents ouvrages l'ordonnée du graphique représentant la fonction de densité de probabilité a disparu [19].

La valence sémiotique des densités de probabilités, autrement dit son potentiel à évoquer la probabilité pose un problème parce que leur lecture graphique (surface) s'écarte d'une lecture de graphique X-Y (position des points) intégrée dans l'enseignement secondaire et remobilisées dans de nombreux cours (physique, chimie). Il reste le référentiel de l'étudiant. D'autre part, la valence instrumentale de ces graphiques (c'est-à-dire leur capacité à aider à réaliser une tâche) est faible car l'accès à l'information opérationnelle (la probabilité de se trouver entre deux valeurs d'abscisse) ne peut s'obtenir que par le recours à l'intégration numérique. Les solutions sont tabulées dans une *table de probabilité* de la distribution normale réduite, ostensif « alternatif » de faible valence sémiotique, mais de valence instrumentale indiscutable. Cependant, trois étapes au moins séparent ces deux ostensifs complémentaires : le concept d'intégrale, la technique d'intégration numérique et celle de réduction des données, permettant de se référer aux tables standardisées à partir d'une distribution de paramètres quelconque. Le mode de lecture des tables représente un obstacle technique supplémentaire. Les interviews réalisées nous ont permis de constater la pauvreté de la représentation mentale que les étudiants se font de ces deux ostensifs lorsque nous leur demandons d'en définir et de caractériser le concept et de les transposer aux techniques de tests statistiques. Cette technique d'analyse nous a permis d'affiner l'approche d'un problème d'apprentissage, lié à une insuffisance de conceptualisation de cette représentation graphique reconnue comme étant à l'origine d'erreurs lors de la résolution de problèmes utilisant la distribution normale [20] (i) L'une, épistémologique, est la confusion dans l'apprentissage entre la variabilité et l'erreur. L'histoire a ainsi mis en évidence que la variabilité des célèbres mesures que rapporte Mendel (1822-1884) est inférieure à celle qui a été observée par ses successeurs, ce qui tend à prouver que, considérant la variabilité comme une erreur, et non comme une manifestation de la diversité naturelle, Mendel les avait un peu "arrangées" [21] (ii) L'autre est liée aux représentations (ostensifs) issues du monde

mathématique, séduisantes pour l'enseignant mais peu convaincantes pour l'élève, car l'abstraction de la modélisation devient pratiquement concrète pour le mathématicien qui la pratique tout en restant impénétrable aux autres étudiants en sciences qui n'y sont pas familiers.

Recentrage du temps présentiel

Ce constat nous a amenés à concevoir un recentrage du temps présentiel sur la manipulation d'objets concrets, ce qui a préalablement demandé de remettre en question un dispositif d'enseignement sur écran dont nous étions plutôt fiers, de par son aspect innovant et convaincus de son utilité parce qu'il nous apparaissait limpide eu égard aux représentations mentales que nous nous étions forgées. L'équipe éducative a donc du passer par une certaine étape de « deuil » en remettant à plat ses acquis récents auxquels elle avait consacré une énergie considérable. Le dispositif didactique décrit ici vise à faciliter la prise de conscience des erreurs de mesure, l'intégration de l'arbitraire de certaines décisions et l'appropriation de la courbe de Gauss-Laplace comme ostensif de la distribution de probabilité normale.

Après une tentative insatisfaisante de contourner ces obstacles par le développement des séquences sur ordinateur [1,3] car la représentation automatique des ostensifs à l'écran renforce leur abstraction [2], nous avons mis en place un dispositif basé sur la manipulation d'objets concrets, le calcul de paramètres et la construction d'histogrammes en briques Duplo. Nous résumons ici une communication plus détaillée [22]. Les participants mesurent la taille et la masse des dix galets choisis aléatoirement, avec les instruments de mesures mis à leur disposition (lattes rigides et balances de cuisine). Le choix de la méthodologie de mesure est, dans un premier temps, laissé à l'appréciation des étudiants, puis, dans un second temps, est débattu en grand groupe pour aboutir à un consensus. Les participants conviennent généralement de considérer, comme mesure de la taille, la plus grande diagonale des galets et de l'exprimer en centimètres. Lors de cette discussion, les étudiants mettent eux-mêmes en évidence la nécessité de répéter la mesure de la taille de chaque galet afin de réduire l'impact du manque de précision de l'instrument de mesure. Les étudiants placent trois briques de construction par galet mesuré : une première dans un histogramme représentant la distribution de fréquence de taille, une seconde dans celui représentant la masse et une troisième dans le stéréogramme représentant la relation entre la taille et le poids. Pour construire ces représentations tridimensionnelles, les apprenants travaillent soit à partir des dix mesures de leur groupe, soit en collaboration avec un ou plusieurs autres groupes, ce qui permet de construire des graphiques représentant vingt observations ou plus (Figure 4b).

La même démarche est répétée sur une plaque commune à tous les groupes (Figure 4a) mais sur laquelle les intervalles de classes sont imposés par l'encadrant. Enfin deux plaques permettent, selon le même principe, de représenter la distribution des moyennes de chaque groupe pour chacune des variables.

En voulant comparer des histogrammes représentant des échantillons de tailles différentes et présentant le même intervalle de classe, les étudiants proposent spontanément d'exprimer leurs résultats en fréquences relatives. Par une démarche similaire, les histogrammes de densité de fréquence relative sont introduits. La comparaison de la plaque rassemblant les observations de tous les groupes et de celles représentant la distribution des moyennes des dix observations de chaque groupe permet d'introduire la notion de distribution d'échantillonnage et de théorème central limite.

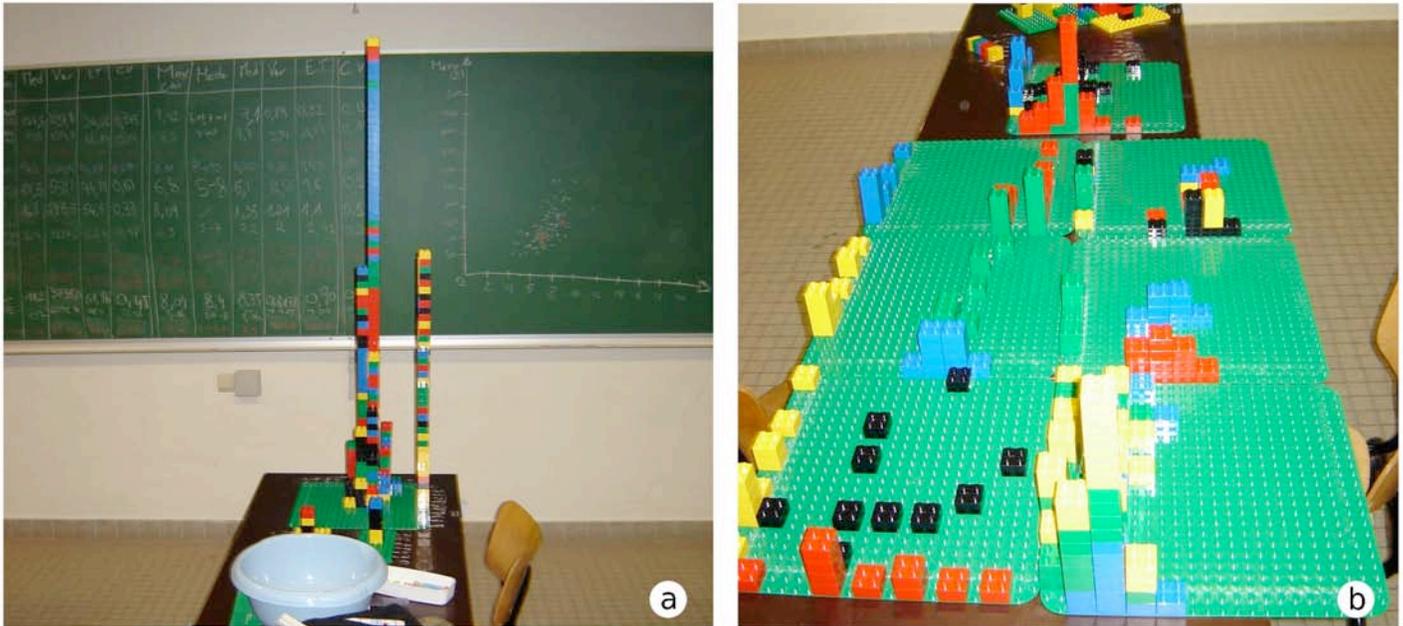


Figure 4. (a) Vue générale du dispositif. Au tableau : à gauche, la table récapitulative des paramètres et à droite, le diagramme de dispersion. Sur la table : plaque commune à tous les groupes. (b) Exemples d'histogrammes et de stéréogrammes construits par les étudiants

En suivant comme grille d'évaluation de notre dispositif les dix recommandations de Viau pour qu'une activité soit potentiellement motivante [23], nous pouvons conclure après plusieurs années de pratique et différents réajustements que cette activité représente un défi que l'apprenant relève en collaborant avec les autres, tout en le responsabilisant en lui permettant préalablement de faire des choix puis de les confronter à des consignes claires. Afin de stimuler la réflexion des étudiants, nous leur avons fourni un document reprenant les grandes questions de la mise en commun, ce qui lui confère un sens et un engagement cognitif : par la manipulation des objets et la construction d'histogrammes représentatifs d'échantillons de taille différente, les étudiants s'approprient les histogrammes comme ostensif du concept de distribution de fréquence, perçoivent mieux les limites existant entre des données observées et modélisées par l'ostensif de la courbe de Gauss. L'étudiant acquiert le sentiment que ce qu'il a réalisé a un sens en soi, et non seulement pour réussir l'évaluation certificative. S'il s'avère que l'expression graphique par des Duplo le déconcerte au départ, elle permet d'éviter certains écueils propres aux logiciels informatiques lorsqu'il s'agit d'expliquer les fréquences relatives. Elle s'intègre, complémentirement, aux autres activités d'apprentissage car le problème essentiel est que les notions de variabilité sont «encapsulées» dans le cours de statistiques sans être mobilisées dans des cours connexes. La superposition de la mesure expérimentale relevant de la discipline des sciences appliquées et de la modélisation relevant de la discipline mathématique donne à l'activité une dimension interdisciplinaire. A matière couverte égale, ce type de dispositif requiert plus de temps qu'un cours magistral, mais cet investissement favorise l'appropriation des concepts plus qu'un simple enseignement théorique et favorise la rémanence de l'information.

Conclusions et perspectives

Notre exposé vient de tracer une rapide diagonale dans les principales étapes de vingt ans de recherche et développement dédiés à l'évolution de l'enseignement des biostatistiques dans un

public cible peu convaincu de l'intérêt de la matière et rétif à la formulation mathématique. Il a suivi l'engouement de l'enseignement assisté par ordinateur et son adaptation aux techniques évolutives de la publication sur le Web a nécessité un investissement considérable. Parallèlement au passage de la démonstration algébrique à la monstration par l'animation et la simulation, l'évaluation formative a progressivement préparé l'évaluation certificative, et les outils d'analyse des réponses a permis de remettre en cause le processus d'apprentissage lui-même, au point de consentir des « marches arrière » remettant en question des stratégies numériques pour réintroduire des pratiques présentes plus traditionnelles : l'idée de réaliser des mesures expérimentales nous est venue d'une discussion avec le professeur émérite P. Dagnelie, auteur d'une édition magistrale en plusieurs volumes de notions de statistiques [9] «... de mon temps, on n'avait pas d'ordinateur. On prenait des feuilles de marronnier et les étudiants devaient les mesurer... » (Dagnelie, comm. pers.).

L'ensemble de ce dispositif a montré une très nette baisse du taux d'échec (de 38% à 20%) et des cotes d'exclusion (de 22% à 5%). D'un cours réputé discriminant par le passé, nous sommes arrivés à ce jour à ce qu'à de rares exceptions près, les étudiants en échec dans ce cours le sont également sur la moyenne générale [1].

Notre but pour l'avenir est de continuer à identifier plus précisément les facteurs favorisant ou empêchant l'appropriation totale des concepts visés, afin de compléter le dispositif global d'éventuelles autres séances présentes inspirées de ce modèle. Il ne s'agit pas de privilégier l'un ou l'autre modèle d'apprentissage, mais d'exploiter de manière adéquate leur plus-value didactique selon les concepts à acquérir. La séquence de notre stratégie est la suivante :

1. détecter les obstacles, par des évaluations formatives à distance via la plate-forme eTests et/ou par des interviews semi-structurées d'étudiants;
2. améliorer le dispositif proposé par l'intégration, en présentiel et/ou en numérique, de dispositifs didactiques censés surmonter les obstacles identifiés à l'étape précédente;
3. mesurer l'impact de ces modifications de dispositif, par l'analyse des statistiques de la plateforme eTest sur les questions spécifiques visées supra, pour comparer différentes cohortes d'étudiants et mettre en évidence - ou non - l'évolution de la réduction des obstacles par l'augmentation des performances des étudiants, ou par la réalisation d'enquêtes, un outil de recueil possible étant la plate forme d'enseignement de notre université.

Bibliographie

1. Vincke, G., Depiereux, E. [2010] Mutation d'un cours de biostatistiques : évaluation d'un dispositif d'autoformation sur le Web. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire* 7[3], 6-18.
2. Calmant, P. [2004] *Favoriser l'apprentissage des biostatistiques par le Web ? Essai de problématisation d'une question issue du terrain*. Thèse de doctorat non publiée, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur, Belgique.
3. Van Vyve-Genette, A., Feytmans, E., Gohy, JM. [1998] *Statistique élémentaire pour les sciences biomédicales : apprentissage par la micro-informatique.*, Bruxelles, Belgique.
4. Chevallard, Y. [1992] Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques* 12[1], 72-112.
5. Verret, M. [1975] *Le temps des études*. Librairies Champollion, Paris.
6. Chevallard, Y. [1975] La transposition didactique du savoir savant au savoir enseigné. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 126.
7. Vincke, G., De Hertogh, B., Depiereux, D. [2005] *Pratique des biostatistiques*. Disponible sur :

"<http://Webapps.fundp.ac.be/biostats/>"

8. Wauthy, AC., Vincke, G., Motte, I., Depiereux, E. [2011] *Pratique des biostatistiques*. Disponible sur : "<http://webapps.fundp.ac.be/umdb/biostats/>"
9. Dagnelie, P. [1969] *Théories et méthodes statistiques*. Presses agronomiques de Gembloux , Gembloux, Belgique.
10. Lebrun, M. [2011] *Enseigner et apprendre en ligne : Claroline et le site iCampus de l'UCL : fondements, outils, dispositifs*. Rapport en ligne, Université Catholique de Louvain.
11. Leclercq, D. [2003] *Diagnostic cognitif et métacognitif au seuil de l'université: le projet MOHICAN mené par les 9 universités de la Communauté Française Wallonie Bruxelles.*, Liège.
12. Altet, M. [1997] Les pédagogies de l'apprentissage. Dans : *Pédagogues et pédagogie - Education et formation* 3rd edn. **13**. Presses universitaires de France 128.
13. Brousseau, G. [1998] *Théorie des situations didactiques*. La Pensée Sauvage [Recherches en Didactique des Mathématiques] , Grenoble, France.
14. Chopin, MP. [2005] Le temps didactique en théorie anthropologique du didactique : quelques remarques méthodologiques à propos des moments de l'étude. Dans : *Premier Congrès International sur la Théorie Anthropologique du Didactique* , Baeza, Espagne.
15. Sarrazy, B. [1995] Le contrat didactique. *Revue Française de Pédagogie* **112**, 85-118.
16. Dagnelie, P. [1988] Le développement de la biométrie en Belgique. *Biométrie Praximétrie* **28[1]**, 1-7.
17. De Landsheere, G. [1982] Introduction à la recherche en éducation..
18. Bosch, M., Chevallard, Y. La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. Objet d'étude et problématique. *Recherches en Didactique des Mathématiques* **19[1]**, 77-123.
19. Troussset, P., Morin, JF. [1994] Mathématiques pour les sciences de la vie: Probabilités et statistiques, Volume 2., 350.
20. Lecoutre, MP., Lecoutre, B. [1979] Rôle des figurations graphiques dans la résolution de problèmes sur l'utilisation d'une table de la distribution normale. *Bulletin de Psychologie* **32[340]**, 701-8.
21. Engel, A. *Les certitudes du hasard*. Aléas, Lyon, France.
22. Vincke, G., Wauthy, AC., Bihin, B., Depiereux, E. [2012] Quand la délocalisation numérique d'une partie d'un dispositif d'apprentissage permet de recentrer le temps présentiel sur un obstacle : exemple de l'appropriation de la courbe de Gauss par la manipulation d'objets concrets. *Soumis à : Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*.
23. Viau, R. [2000] Des conditions à respecter pour susciter la motivation des élèves. *Correspondances* **5[3]**, 2-4.

Remerciements

Sur le plan conceptuel et technique, ce travail qui s'étale sur 20 ans est intimement lié à d'autres développements de produits didactiques multimédia. Il est impossible de citer nommément toutes les personnes qui s'y sont impliquées directement ou indirectement. Qu'elles se sentent associées à la courte liste des personnes citées ici : Philippe Calmant, Véronique Coquette, Pierre Dagnelie, Benoit Dehertogh, Françoise Drèze, Ernest Feytmans, Isabelle Housen, Marcel Lebrun, Isabelle Motte, Marcel Remon, Daniel Rousselet, Maggy Schneider et Annick Van-Vyve Genette.