

# UNE EXPÉRIENCE D'ENSEIGNEMENT INVERSÉ

## 15 ANS AVANT SON INVENTION

Marc Bourdeau<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Professeur associé, dép. Mathématiques et génie industriel, École Polytechnique de Montréal.  
C.P. 6079 Centre-ville, Montréal Qc, Canada, H3C 3A7.  
Marc.Bourdeau@PolyMtl.ca

**Résumé.** Après avoir constaté que le cours de statistique obligatoire au premier cycle de la formation d'ingénieurs de PolyMtl ne suscitait aucun intérêt, nous avons pris acte et décidé d'innover. C'était au tournant du siècle. Nous avons changé le cours de fond en comble pour coller à la situation rencontrée par le statisticien en entreprise. Nous avons alors inventé (ou redécouvert sans le savoir) ce qu'on appelle aujourd'hui *l'enseignement inversé*. Apprentissage actif et par projets, utilisation de données réelles, travail dans le logiciel du cours, et pratique du travail en équipe sur des études de cas qui introduisaient une bonne partie de la matière. Nous avons réduit le plus possible les cours magistraux pour responsabiliser à son apprentissage l'étudiant qui devait arriver préparé au cours pour y faire des sessions de remue-méninges, de questionnement, de distanciation critique. De professeur sur son podium, l'enseignant est devenu, lui aussi, beaucoup plus actif et impliqué. Nous avons développé une nouvelle approche de l'évaluation du cours par les étudiants pour développer la relation de confiance des étudiants avec leur professeur, ce qui a joué un rôle crucial dans l'attitude positive des étudiants. Cette approche eut un grand succès. L'expérience a duré plusieurs années, le niveau du cours a beaucoup augmenté, ainsi que l'enthousiasme des étudiants pour la statistique. Les taux de succès avoisinèrent 100%.

Cette pédagogie nous a mérité un PrixPoly1873 (année de notre fondation) pour l'efficacité de l'enseignement.

**Mots-clés.** Pédagogie par projets, apprentissage actif, travail en équipe, enseignement inversé.

**Abstract.** We had to admit that the only compulsory course for our students in Engineering had no impact, was mediocre. That was at the turn of the century. We changed our whole approach to mimic as closely as possible the situation of the practical statistician in the workplace. We were the precursors, or reinvented what is now called *flipped pedagogy*: active learning, with real data; most of the work in small groups; much less formal teaching, the professor shifting his role from sage on the stage to guide on the side. A novel evaluation of the course by the students completed the pedagogy, a crucial element to develop the positive attitude of the students. Our new approach was a great success. The level of the course greatly improved, the rate of success became almost 100%.

Our work was awarded a *PrixPoly1873* (year of our foundation), for pedagogical efficiency.

**Keywords.** Active learning, case studies, team working, flipped pedagogy.

### 1 La situation *ante*

À la suite d'enquêtes répétées sur plusieurs sessions, on a dû admettre que le triplet du cours qui définit ses exigences hebdomadaires : (période d'enseignement; périodes de TP; travail personnel) = (4; 1; 4) n'était pas du tout respecté par les étudiants qui en étaient plutôt à (1,5; 0,5; 1,5). Le manuel était détesté, le logiciel du cours n'était pas appris, les examens de plus en plus mal réussis, de plus en plus de bas niveau, les corrections soufflées au-delà de toute mesure et malgré cela un taux de réussite de 80%, jugé très bas par PolyMtl. Le cours était

sans intérêt pour les étudiants ...et, conséquemment, pour les enseignants!

Nous avons alors décidé de changer radicalement l'approche du cours pour en faire un véritable cours de statistiques industrielles, centré sur l'utilisation des logiciels, reposant sur de véritables données, et pratiquant une pédagogie active avec à la clé une responsabilisation de l'étudiant dans son apprentissage.

Les changements par rapport à l'ancien cours concernent (1) le livre utilisé, (2) la place qu'y tient l'ordinateur, et (3) la pédagogie pratiquée (4) l'évaluation du cours par les étudiants.

## 2 Le manuel

De tous les livres récents (l'ancien manuel datait des années cinquante, mais en était à sa sixième édition...) qu'on pourrait sous-titrer « Statistiques industrielles », nous avons d'abord choisi le livre le plus simple. Mais nous l'avons rapidement remplacé par un manuel issu de nos notes de cours, mais très porté sur les nouvelles technologies, qui passa de 300 pages à sa première version à plus de 500. Animations, hyper-références, diverses notes historiques, et surtout il comporte de très nombreux exercices. Ceux-ci sont très proches de la pratique des ingénieurs, ils sont presque tous basés sur des données réelles et demandent invariablement l'utilisation du logiciel du cours, ou de tout autre logiciel.

## 3 Le logiciel

Le logiciel Statistica est vraiment construit pour l'ingénieur et le gestionnaire, et comprend des procédures pour toutes les applications des statistiques aux sciences appliquées et aux sciences de la gestion. Il est de surcroît extrêmement convivial, interfacé avec Excel et Word. De tous les logiciels couramment utilisés, il est le mieux noté par les ingénieurs. Tout l'apprentissage se fait *dans* le logiciel, sur des *données réelles*.

## 4 Une pédagogie «inversée» avant son invention

C'est ici que le nouveau cours de proba-stat diffère le plus de l'ancien basé sur un apprentissage très passif. Nous préconisons une pédagogie active, faisant la part belle à l'autoapprentissage et à la responsabilisation de l'étudiant à son apprentissage. On n'apprend réellement que ce qu'on fait par soi-même. Et tout pédagogue le moins compétent sait qu'il faut enseigner le moins possible.

Les cours «théoriques» de type magistral présentent sommairement la théorie et les principales techniques à l'aide d'exemples réels traités avec Statistica. Leur nombre diminuent tout au long de la session. Une moyenne de deux périodes par semaine, passant de 4 en début de session à plus ou moins une en fin de session et quand les étudiants doivent produire les deux rapports que constituent la partie travaux «personnels» ...qui sont fait en équipe d'au plus 4 étudiants, et qui demandent au total de 20 à 30 heures d'heures de travail par co-équipier. Les étudiants viennent cependant tous en classe, même si la présence n'est pas obligatoire, pendant les 4 périodes hebdomadaires prévues pour poser des questions — il y en a toujours beaucoup—, pour discuter avec l'enseignant éventuellement aidé d'un assistant, pour échanger avec les autres étudiants, sur le contenu des devoirs et des TPE, travailler les devoirs.

Cet apprentissage plus fin par les devoirs se fait sur des «exercices» plus élaborés qui suivent le cursus, plus complets, plus difficiles que ceux demandés aux travaux pratiques. On

visé dans les devoirs à se rapprocher le plus possible *d'études de cas* au sens où on pratique la chose dans les sciences de la gestion et dans l'entreprise. Les deux devoirs de la session (un à la mi-session, l'autre à la fin) demandent la rédaction d'un rapport qui comporte normalement une quinzaine de pages, autant sinon plus que l'énoncé du devoir lui-même. Ils comptent pour 30% de la note. Ils comportent une bonne part de la matière du cours qui y est exposée sur un cas concret.

Il n'est pas de connaissance acquise sans pratique et mise en application des concepts. L'apprentissage de base se fait dans les travaux pratiques qui se donnent maintenant dans une forme complètement nouvelle, nous les appelons maintenant les *travaux pratiques encadrés*, les TPE.

On sait qu'il ne peut y avoir d'apprentissage sans écriture : prise de notes personnelles, rédaction au propre d'exercices et de devoirs. **La pensée ne peut s'exercer que par l'écrit qui permet la précision et l'exactitude, contrairement à l'opinion courante qui soutient qu'on passe de plus en plus à une civilisation de l'oral. Rien n'est plus faux. L'oral y tient une grande place, certes, mais pas de précision dans la pensée, pas de pensée en fait, sans écriture élaborée !**

À cette fin, nos TPE consistent en travaux rédigés par les étudiants : rédaction au propre chaque semaine en classe, encadrés par un chargé d'exercices, de 2 ou 3 exercices choisis «au hasard» dans une liste à disposition préalable, connue dès le premier cours pour l'ensemble de la session et définis semaine par semaine. Cette liste comporte en général une douzaine d'exercices hebdomadaires, tous basés sur des données. Le travail se fait en bonne partie dans le logiciel, mais pas seulement, surtout en début de session. La rédaction est individuelle, mais la pensée peut s'aider des autres étudiants de la classe. Il ne faut pas oublier à cet égard que la connaissance est individuelle, de même que la rédaction des examens... Des exercices rédigés, un seul (choisi «au hasard», a posteriori naturellement) est corrigé avec soin par des assistants. 20% de la note finale est attribuée à cette partie du cours. On publie les solutions chaque semaine et on remet leurs rédactions aux étudiants.

Quant aux devoirs, ils sont faits en équipe (d'au plus 4 étudiants), ils demandent un travail élaboré sur les concepts, ils sont construits sur des données conséquentes provenant d'applications réelles. Ce sont de véritables (mais petites) études de cas. Quoique ces devoirs se fassent en équipe, nous croyons qu'ils bénéficient bien plus à l'étudiant sérieux que les devoirs des temps jadis tirés des exercices minuscules des livres utilisés, et bien sûr largement copiés. Il devient très difficile de copier des travaux aussi élaborés ...mais ceux-ci doivent être renouvelés! On laisse ici une large part aux initiatives «individuelles» dans la conception et la rédaction des rapports des «études de cas». La correction tient compte de ces initiatives. Les étudiants les plus sérieux le savent et sont à la recherche d'originalité.

## **5 Une évaluation «continue» du cours**

La relation pédagogique passe nécessairement par un rapport de confiance entre les enseignants et les enseignés. Celui-ci s'approfondit grâce à la remise en même temps que l'intra corrigé d'un questionnaire d'évaluation du cours. Il s'agit pour les étudiants de répondre à des questions ouvertes, ainsi qu'à quelques questions sur leur implication dans le cours (temps qu'ils consacrent aux cours, aux travaux pratiques et au travail personnel). Les questions ouvertes sont (1) que pensez-vous de la matière du cours ; (2) que pensez-vous des documents pédagogiques mis à votre disposition ; (3) que pensez-vous de la pédagogie du cours (devoirs, tpe, examen, déroulement du cours) ; (4) que pensez-vous de l'enseignant ; enfin (5) avez-vous des suggestions pour l'amélioration du cours.

Deux greffiers comptent et paraphent les évaluations remises par les étudiants, et remplissent le formulaire du greffier. Ces évaluations sont compilées par l'enseignant, qui en discute avec les étudiants au cours suivant, et des copies de l'ensemble (avec le rapport des greffiers) sont mises à leur disposition au début de chaque cours pour qu'ils puissent prendre conscience des opinions du groupe, y ajouter des remarques, etc. Le protocole d'évaluation du cours est de nouveau mis en application au dernier cours.

Un site internet *ad hoc*, sert de lien pour le cours. Il rapporte les résultats numériques de ces évaluations, ainsi que les notes (anonymisées) des étudiants aux TPE, aux devoirs, aux examens.

## 6 Bilan – la situation *post hoc*

Notre expérience de cette nouvelle pédagogie a révélé que beaucoup d'étudiants sont très motivés par la formule qui fait la part belle aux initiatives personnelles et **qui affirme ouvertement vouloir distinguer certains étudiants sur cette base**. La responsabilisation, ça plaît souvent, et à juste titre, aux jeunes adultes ! D'autre part, accorder tant de points aux exercices hebdomadaires exige de développer une excellente concentration, et inculque une bonne discipline. Cela demande d'être à jour dans le cours, avantage non négligeable... Le triplet du cours (4; 1; 4) est à nouveau respecté. Le niveau du cours a beaucoup augmenté. Les taux d'échec sont presque nuls. Beaucoup d'étudiants sont enthousiasmés par le cours.

Hélas ! on remarque aussi que plusieurs étudiants habitués aux anciennes pédagogies (encore largement pratiquées...) sont quelque peu rebutés par la nouvelle, beaucoup plus exigeante. **Ils apprécient tous toutefois le travail en équipe**. Nous sommes conscients de la difficulté que représente la formule des «études de cas» vers laquelle nous convergeons à l'instar de bien d'autres universités. Celles-ci demandent une assez grande maturité, une prise de ses responsabilités par l'étudiant, une attitude positive et confiante, des capacités de travailler en équipe. Ce sont là choses difficiles, mais cela s'apprend.

Il est même nécessaire de le faire, car dans «la vraie vie», dans les lieux de la pratique (mondialisée) des ingénieurs que l'on calque plus ou moins, **il faut de plus en plus savoir apprendre par soi-même, construire d'autres savoirs sur des bases très solides de connaissances ; avoir une confiance absolue dans son éducation, ses connaissances, dans sa capacité à apprendre**. Tous ces apprentissages échappent aux méthodes traditionnelles. Le monde moderne, à moins d'accepter de se mépriser soi-même en tant que professeur à laisser se déliter l'éducation universitaire, nous interdit de retourner en arrière, de revenir aux vieilles méthodes qui ont depuis longtemps montré leurs limites, leurs insuffisances. Elles sont caduques.

## Bibliographie

- [1] De la Porte, X. (17 octobre 2013), L'école inversée ou comment la technologie produit sa disparition, *France-Culture «Ce qui nous arrive sur la Toile»*, audio : <http://www.franceculture.fr/player/reecouter?play=4725014>.
- [2] Donas, C. (30 janvier 2014), Ils inventent la pédagogie du futur, *Journal Le Monde*.
- [3] Fulton, K. (2012), Inside the flipped classroom, *The Journal-Transforming Education through Technology* ( <http://thejournal.com/articles/2012/04/11/the-flipped-classroom.aspx>).
- [4] Papadopoulos, C. et Aguilar-Roca, N. (2009), Implementing an inverted classroom model in engineering statistics : initial results, *American Society for Engineering Statistics*, Proceedings of the 40th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Washington DC, Octobre 2010.
- [5] Ramirez, C., Schau, C. et Emmioglou, E. (2012), The importance of attitudes in Statistics education, *Statistics Education Research Journal (SERJ)*, 11(2), 57–71.
- [6] Rosenberg, T. (9 octobre 2013), Turning education upside down, *The New York Times*.