

Réflexion pédagogique et didactique sur l'enseignement/apprentissage d'un cours d'introduction aux bases de données

[Pedagogical and didactic reflexion on the teaching/learning of an introductory database course]

Lynda Farza

Académie Militaire, Tunisia

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The introductory database course is given to students of the different disciplines of our institution. This course focuses on the design and implementation of relational databases. The purpose of our paper is to present a pedagogical and didactic reflexion on this course. We will try to answer the following questions: Which knowledge objects should be transposed? What are the expected learning outcomes? What pedagogical and didactic tools to use to promote teaching/learning? What teaching approach should be adopted to achieve the learning objectives?

KEYWORDS: Didactics of Computer Science, Didactic transposition, Learning objectives, Didactic tool, Databases.

RESUME: Le cours d'introduction aux bases de données est dispensé aux étudiants des différentes filières de notre institution. Ce cours à la fois théorique et pratique, se rapporte à la conception, la mise en œuvre et l'utilisation des bases de données relationnelles. L'objectif de notre article, est de présenter une réflexion pédagogique et didactique sur ce cours. Pour cela nous essayerons de répondre aux questions suivantes: Quels objets de savoir doivent être transposés ? Quelles sont les résultats attendus de l'apprentissage ? Quels outils pédagogiques et didactiques utiliser pour favoriser l'enseignement/apprentissage ? Quelle démarche d'enseignement adopter pour atteindre les objectifs d'apprentissage ?

MOTS-CLEFS: Didactique de l'informatique, Transposition didactique, Objectifs d'apprentissage, Outil didactique, Bases de données.

1 INTRODUCTION

Dans notre société contemporaine, toutes les institutions individuelles ou collectives, privées ou publiques, sociales, économiques, culturelles, scientifiques, militaires, lucratives ou non lucratives, produisant des biens matériels ou immatériels, des services individuels ou collectifs..., gèrent des quantités de plus en plus importantes d'informations relatives à chacune d'elles, à ses activités, à son environnement, à ses plans et à ses stratégies. Une bonne compréhension et une bonne gestion de ces informations permettent aux dirigeants de telles institutions de prendre, en temps opportun et dans l'intérêt de leur activité, les décisions les plus adéquates, en réagissant promptement, voire efficacement, face à l'évolution normale et aux changements inattendus de la conjoncture, de caractère favorable ou défavorable.

Pour un grand nombre de systèmes d'information de telles institutions, les données sont stockées dans des bases de données. Ces dernières permettent de mettre ces données à la disposition des gestionnaires et des décideurs pour qu'ils puissent les consulter, les mettre à jour, les traiter le plus facilement et le plus rapidement possible [9], et ainsi de mieux cerner les situations et les problèmes et de prendre les mesures rapides et appropriées, en cas de besoin.

La base de données joue donc un rôle important, voire, vital, pour toutes les activités et dans tous les domaines. De nombreuses applications informatiques y font appel. D'où nécessité de former dans ce domaine, un public très varié et de plus en plus nombreux. L'enseignement des bases de données se développe, en conséquence, et s'étend des lycées aux grandes écoles, aux facultés et aux autres établissements d'enseignement supérieur et accompagne des formations de différentes sortes, de différents niveaux et à tout âge. Les enseignants doivent, ainsi, faire face aux besoins quantitatifs et qualitatifs croissants en de telles compétences, et pour cela, il devient de plus en plus nécessaire d'explorer des façons d'améliorer la compréhension des apprenants en vue de pouvoir leur donner une bonne et solide formation [9].

Cette discipline cherche à se constituer et à préciser son contenu d'une part et à forger ses méthodes pédagogiques et didactiques d'autre part, fait l'objet de nombreux travaux traitant des contenus à enseigner et/ou des méthodologies à utiliser dans ce but.

Ainsi, plusieurs auteurs ont cherché à dégager les difficultés rencontrées lors de l'enseignement du cours d'introduction aux bases de données et à proposer les moyens d'y remédier. Certains d'entre eux se sont intéressés à l'examen du contenu afin d'en voir quels sont les thèmes qui doivent faire l'objet de cet enseignement ([14], [21], [23], [25], [26]). D'autres ont cherché à déterminer les méthodes et approches appropriés à cet enseignement ([1], [16], [29], [30]). Il y a, aussi, ceux parmi eux qui ont développé de nouveaux outils didactiques d'apprentissage traitant certains thèmes et aspects de cet enseignement ([7], [11], [19], [20], [27]).

Dans cet article, nous proposons une réflexion sur cet enseignement en nous basant sur notre expérience personnelle. Les notions et théories liées au domaine des bases de données relationnelles, constitueront le support de cette réflexion pédagogique. Il n'est pas question dans cet article de détailler l'ensemble des notions à enseigner mais de s'y référer pour illustrer nos prises de position sur le plan pédagogique.

Dans ce qui suit, nous présentons d'abord les éléments contextuels et théoriques à l'origine de nos questionnements. Ensuite, nous détaillons les principaux thèmes de l'enseignement, les résultats d'apprentissage attendus, ainsi que, les objectifs d'apprentissage du cours en les classant selon les niveaux d'apprentissage de la taxonomie de [2]. Enfin, nous exposons les outils pédagogiques et didactiques utilisés et la démarche d'enseignement choisie.

2 CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

Les étudiants des différentes filières (télécommunication, électromécanique, génie informatique, génie civil, ...) de l'institution où nous exerçons, suivent, tous, un cours d'introduction aux bases de données. Celui-ci à la fois théorique et pratique, comporte trois parties: tout d'abord les concepts fondamentaux des bases de données relationnelles, ensuite leur modélisation et enfin leur implémentation (mise en pratique).

Nous avons constaté, dès les premiers temps de notre enseignement du module d'introduction aux bases de données et notamment à l'occasion d'une étude préliminaire, que nous avons effectués au cours des années allant de 2012 à 2014, afin de détecter et d'identifier les difficultés que peuvent rencontrer les étudiants et les erreurs qu'ils peuvent commettre lors du processus d'enseignement/apprentissage, que certains étudiants éprouvaient des difficultés, en particulier, lors de la modélisation d'une base de données ou lors de l'expression de requêtes d'interrogation de données en langage SQL. Nous avons également recensé certains problèmes lors du processus d'enseignement/apprentissage et donc lors du transfert de connaissances. Certains de ces problèmes ont été déjà mentionnés par des chercheurs comme Zheng et al [32]., Wang et al [30]., Rashid et al [22]. Ils sont dus principalement au choix des méthodes d'enseignement ou de l'emploi du matériel pédagogique ou didactique

En ce qui nous concerne, nous avons également constaté, que les étudiants ont souvent des difficultés à comprendre et à apprendre quelques notions. Cela semble être due non seulement aux démarches d'enseignement reposant sur un dogmatisme se traduisant par une succession d'énonciations souvent sans discussion, ni approfondissement, mais du fait que les étudiants sont plutôt attirés par la partie pratique, c'est à dire l'implantation de la base de données et sa manipulation alors que l'enseignant prend en considération les deux niveaux aussi bien celui de la modélisation de la base de données que celui de l'implantation de cette dernière.

Les difficultés de cet enseignement-apprentissage peuvent être dues, aussi, au volume important de connaissances à traiter en peu de temps. En effet, le temps réservé à l'enseignement est généralement limité et parfois insuffisant. C'est, donc un problème de vitesse de transmission de connaissances et aussi de leur acquisition. Cette dernière n'étant pas la même pour tous les apprenants, dépend du degré de motivation des étudiants, également des types de formations, des niveaux d'aptitude et des vitesses de réaction.

En outre, la séparation tranchée entre cours, travaux dirigés (TD) et travaux pratiques (TP) ne convient pas toujours aux étudiants; Ces derniers, en apprenant en premier lieu la théorie, ne peuvent pas saisir d'emblée, son intérêt au niveau pratique et surtout: quand et comment l'utiliser.

Les supports de cours sur papier, ne sont pas toujours appréciés par les étudiants de la nouvelle génération qui se sont habitués au numérique.

A cela s'ajoute d'autres problèmes. L'ordre selon lequel se fait l'introduction de nouveaux concepts et les outils (logiciels) utilisés ne facilitent pas nécessairement la compréhension et l'assimilation des concepts étudiés.

Ce sont donc, les difficultés et les problèmes, rencontrés par les étudiants lors de ce cours d'introduction aux bases de données, qui nous ont conduits à procéder à cette réflexion pédagogique et didactique sur l'enseignement/apprentissage de ce cours.

Nous voulons, ainsi, répondre à trois questions, que peut se poser tout enseignant au début de son enseignement: Quels objets de savoir doivent être transposés ? Quelles sont les résultats à attendre de l'apprentissage ? Quels outils pédagogiques et didactiques utilisés et quelle démarche d'enseignement adopté pour atteindre les objectifs d'apprentissage ?

3 CADRE THÉORIQUE

3.1 PÉDAGOGIE ET DIDACTIQUE

La pédagogie, selon Masson [17], concerne les moyens mis en œuvre pour rendre aussi meilleure que possible, l'appropriation par les apprenants des messages et recommandations au niveau de l'ensemble des disciplines enseignées. Elle concerne donc l'acte d'enseignement lui-même, en dehors de toute référence disciplinaire. La pédagogie s'occupant des aspects pratiques de l'acquisition des connaissances, se définira, donc, par un ensemble de méthodes utilisées par l'enseignant.

Les questions quotidiennes auxquelles l'enseignant se trouve confronté dans ses cours relèvent d'abord de la pédagogie, c'est-à-dire de comment conduire l'apprenant, au savoir [8]. La didactique se rapporte, par contre, au savoir à enseigner, c'est-à-dire à la compétence de l'enseignant. Elle est cependant en rapport avec la pédagogie qui se rapporte plutôt à son savoir faire et s'occupe de la relation entre l'enseignant et les apprenants et du comment l'enseignant s'y prend sur le terrain pour permettre aux apprenants d'acquérir des connaissances [8].

Selon Chaduc [3], la pédagogie s'intéresse à la manière de transmettre des connaissances et des compétences, et aux relations en classe qui peuvent favoriser l'apprentissage. Alors que la didactique s'attache à une discipline particulière et à son enseignement et cherche à faciliter l'appropriation des connaissances et des compétences. On parle par exemple de didactique des mathématiques, de didactique de l'informatique.

La pédagogie et la didactique apparaissent ainsi, étroitement liées et complémentaires. L'enseignant en tant que didacticien se concentrera sur sa discipline, s'interrogera sur les concepts à intégrer pour un niveau de formation requis, veillera à leur cohérence et déterminera leur progression. En tant que pédagogue, il cherchera à répondre aux questions posées par les difficultés d'apprentissage observées sur le terrain. L'enseignant est à la fois pédagogue et didacticien. C'est un praticien dont la source est l'action et l'expérimentation (Site académique de l'Université Nice Sophia antipolis).

3.2 DIDACTIQUE DE L'INFORMATIQUE

Le cours d'introduction aux bases de données fait partie du savoir informatique. Furber [12] propose pour ce savoir, un classement en trois catégories (figure 1):

- Catégorie 1: la science informatique (Computer science). C'est une discipline académique rigoureuse couvrant des principes tels que les algorithmes, les structures de données, la programmation, les bases de données, l'architecture des systèmes, etc.
- Catégorie 2: la technologie de l'information (Information technology). Elle consiste en l'utilisation de logiciels préexistants pour répondre aux besoins des utilisateurs à des fins spécifiques dans l'industrie, le commerce, les arts et dans d'autres domaines.
- Catégorie 3: la culture numérique (digital literacy). C'est la capacité à: utiliser un ordinateur en toute sécurité et efficacement, utiliser des logiciels de bureautique tels que des logiciels de traitement de texte, des logiciels de courrier électronique, utiliser un éditeur d'images, de l'audio et de la vidéo, utiliser un navigateur Web et des moteurs de recherche.

Ce savoir informatique, ainsi détaillé, constitue un ensemble de compétences interdépendantes et complémentaires utilisées dans divers domaines: professionnels, de loisirs, d'enseignement...

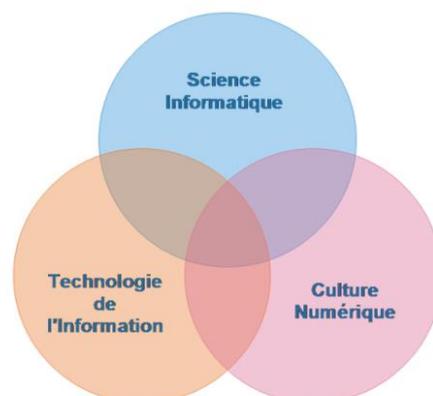


Fig. 1. *Différentes formes du savoir informatique*

L'informatique est, à la fois un objet d'enseignement, relevant d'un domaine spécifique avec ses concepts propres, et aussi un outil contribuant à résoudre les problèmes dans divers autres domaines. Son enseignement possède donc un contenu particulier de connaissances avec ses propres problèmes et un contenu relatif à son rôle d'outil technologique au service d'autres domaines. L'informatique objet de connaissances et de pratiques technologiques pose, donc, un double problème celui de l'acquisition des concepts et méthodes spécifiques et celui de l'apprentissage des techniques d'exploitation et d'utilisation du matériel informatique, ce qui nous amène à nous intéresser aux moyens, méthodes et techniques dont l'enseignant a besoin pour transmettre son savoir et son savoir faire et aider ses apprenants à acquérir ces nouvelles connaissances et techniques. Pour cela, il doit élaborer des situations didactiques les mieux adaptées à ce but. Les stratégies à employer se rapportent, à la fois à la pédagogie et à la didactique. L'informatique se démarque, donc, des autres domaines à travers l'emploi de ses techniques spécifiques, à son propre enseignement. Et comme mentionné par Hartmann et al [13]., dans le domaine de l'informatique, il est essentiel d'avoir une connaissance à la fois des concepts et des logiciels spécifiques à la matière enseignée.

L'enseignement et l'apprentissage en informatique intéressant des communautés diverses nécessitent des approches particulières à chacune d'elles. On pourra ainsi, prévoir pour les besoins de cet enseignement différents niveaux et procédés didactiques différenciant informatique éducative, informatique-culture, informatique-outil de travail et informatique-technologies. A chacune son niveau de connaissances, son degré de difficultés et son approche pédagogique, dépendant du savoir à transmettre et de ses destinataires. La diversité d'approches se pose en effet, en fonction des objectifs de formation et aussi en fonction du niveau et profil des apprenants (profil de formation, type d'intelligence, contexte,...). D'où nécessité d'approches différentes.

Qu'en sera-t-il lorsque nous nous intéressons, plus particulièrement, à l'enseignement d'une de ses branches, celle des bases de données, objet de notre étude.

4 TRANSPOSITION DIDACTIQUE

Un plan d'études ou programme définit ce qui doit être enseigné et les objectifs de cet enseignement; c'est à dire la manière dont l'enseignement et l'apprentissage doivent être organisés et gérés pour faciliter l'obtention des résultats escomptés.

Il est tout d'abord nécessaire de traduire le plan d'études ou programme dans une forme plus opérationnelle, plus précise en termes de contenus et d'effectuer certains choix pédagogiques pour sélectionner et organiser les objets d'apprentissage [24]. C'est l'objectif de la transposition didactique qui est défini par Chevallard [4] comme étant le procédé par lequel un contenu scientifique (savoir savant) est transformé en contenu pouvant être enseigné (savoir enseigné).

Pour Chevallard [4], le savoir savant, déjà consolidée par la science, doit subir une transformation pour générer le savoir à enseigner qui, à son tour, subira un processus didactique pour se transformer en savoir enseigné, présenté en classe. Deux étapes principales de transposition sont donc envisagées, une étape de transposition didactique externe, du savoir savant au savoir à enseigner, qui a lieu en dehors de la classe. Le savoir à enseigner se manifeste dans les manuels et le matériel

pédagogique. Une étape de transposition didactique interne, du savoir à enseigner au savoir enseigné, qui a lieu, avec la participation de l'enseignant, dans la classe. Le savoir enseigné est transmis dans le cadre d'un cours dans le contexte particulier d'une classe, par un enseignant particulier, à un groupe particulier d'étudiants. En fin de processus, les savoirs appris sont ceux qui sont réellement appris par les étudiants (figure 2).

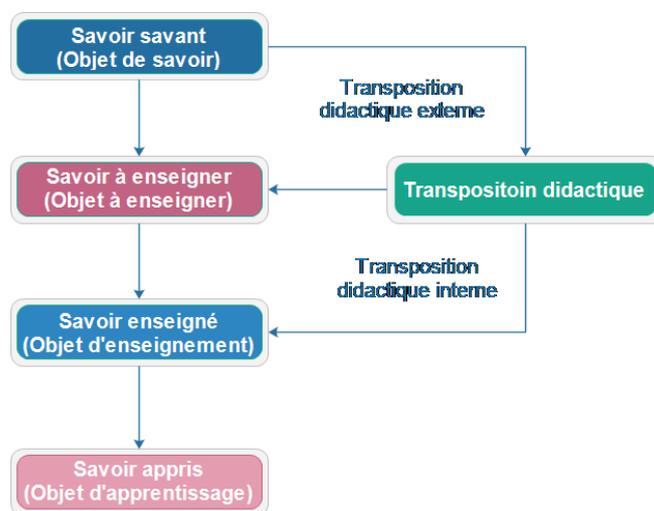


Fig. 2. Adaptation du schéma de la transposition didactique de Chevallard [4]

Effectuer une transposition didactique revient à réaliser un certain nombre de choix: choix des objectifs pédagogiques, choix des contenus, identification des pré-requis, choix des approches pédagogiques, choix technologiques, etc. Cela demande également de prendre en compte des facteurs externes tels que le volume horaire et le public-cible [24].

L'ensemble des objets de connaissances qui nous intéressent ont une relation directe avec les concepts fondamentaux des bases de données relationnelles. Il s'agit de transformer un savoir savant en un savoir à enseigner.

Le contenu d'apprentissage est divisé, en parties appelées thèmes, comprenant chacune une brève description du contenu de l'enseignement et les objectifs éducatifs que les étudiants devraient atteindre, en se référant aux niveaux de la taxonomie de Bloom.

4.1 PRINCIPAUX THÈMES D'ENSEIGNEMENT

Le cours de bases de données enseigné aussi bien aux étudiants en informatique qu'aux étudiants d'autres filières, comprend au moins un cours d'introduction aux bases de données.

Bien que le contenu de ce cours ait évolué, les concepts de base sont restés stables. En effet, une grande partie des enseignements se situe autour des bases de données relationnelles. L'enseignement de ce contenu, se rapporte à des compétences à la fois théoriques et pratiques. Il couvre les connaissances de base sur la conception, la mise en œuvre et l'utilisation des bases de données relationnelles.

L'enseignement du cours d'introduction aux bases de données prendra alors trois formes: L'enseignement théorique où les concepts fondamentaux des bases de données sont présentés, y compris les concepts de base du modèle Entité/Association, les concepts de base du modèle relationnel et les instructions du langage SQL.

L'enseignement pratique, quant à lui, repose sur l'utilisation d'un système de gestion de base de données spécifique tels que Microsoft Access, PostgreSQL, SQL Server et MySQL pour la création et la manipulation d'une base de données. Il a pour objectif principal d'améliorer la compréhension des concepts théoriques. Le choix du SGBD est généralement, fonction de facteurs tels que la préférence des enseignants, les aspects techniques du SGBD et la disponibilité des outils. Ce processus devient, d'ailleurs, de plus en plus complexe, en raison de l'augmentation du nombre de SGBD. Aujourd'hui, Microsoft Access, MySQL, SQLite et PostgreSQL sont les plus utilisés, dans un cours d'introduction aux bases de données.

Ensuite, en vue de permettre l'approfondissement des connaissances, leur assimilation et leur application pratique nous proposons à nos étudiants un mini-projet allant des exigences du problème à modéliser jusqu'à l'implantation de la base de données. Ce mini-projet permet l'amélioration de la compréhension des connaissances des étudiants, leur capacité de

résolution des problèmes. De la sorte, les étudiants étudient d'abord les concepts et la terminologie des bases de données puis les appliquent en participant à la conception, à la mise en œuvre et à l'utilisation d'une base de données.

4.2 RÉSULTATS D'APPRENTISSAGE ATTENDUS

L'objectif principal de cet enseignement est, donc, d'exposer et d'expliquer aux apprenants les différents thèmes des bases de données en mettant l'accent sur le modèle relationnel, le langage SQL (Structured Query Language) et la modélisation des données.

Les étudiants doivent avoir en fin de compte la capacité de concevoir et d'implémenter des bases de données pour divers domaines d'application et d'établir des requêtes SQL d'interrogation de données (résolution de problèmes).

Pour cela, les étudiants doivent être en mesure de:

- Comprendre les principes et les concepts fondamentaux des bases de données relationnelles,
- Concevoir un schéma conceptuel à partir des exigences du problème à modéliser,
- Concevoir un schéma logique relationnel à partir du schéma conceptuel de manière à satisfaire aux règles de normalisation,
- Créer une base de données en utilisant un système de gestion de bases de données relationnelles telles que microsoft access, postgresql, mysql,
- Utiliser le langage sql pour récupérer des données à partir d'une base de données, mettre à jour les données existantes, créer et modifier des objets d'une base de données,
- Travailler en groupe pour concevoir et implémenter une base de données de complexité moyenne.

En termes de compétences, l'enseignement de ce module d'introduction aux bases de données ne vise pas cependant à atteindre des niveaux d'expertise. Ces niveaux peuvent être atteints plus tard, lors d'enseignements plus avancés.

5 OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Il est courant de définir un syllabus pour le contenu d'apprentissage. La structuration du programme aboutit à une taxonomie du domaine de l'enseignement. À partir de cette structure, nous pouvons déduire les pré-requis, identifier les éléments d'apprentissage et déterminer les résultats d'apprentissage.

Et comme le soulignent Cutts et al [5], les taxonomies d'apprentissage sont importantes notamment dans l'enseignement de l'informatique car elles fournissent à la communauté concernée un vocabulaire commun pour discuter de la compréhension et de l'apprentissage ainsi qu'un programme destiné à le soutenir.

La taxonomie de Bloom [2] originelle est la plus utilisée dans le domaine de l'éducation et dans la recherche en enseignement supérieur lors de la détermination des objectifs d'apprentissage notamment en informatique.

Six niveaux d'apprentissage sont recensés dans cette taxonomie. Chaque niveau est lié aux actions qui reflètent le type de pratiques pédagogiques pouvant être utilisé pour atteindre ces compétences [28]:

- Connaissance (se rappeler) où l'apprenant est capable de mémoriser, se souvenir et restituer l'information quand cela est nécessaire dans des termes voisins de ceux appris.
- Compréhension (comprendre) où l'apprenant est capable de saisir des significations, de traduire des connaissances dans un nouveau contexte, d'interpréter ou d'expliquer l'information en fonction de ce qu'il a appris.
- Application (appliquer) où l'apprenant est capable d'utiliser une connaissance, acquise préalablement, dans une nouvelle situation pour résoudre des problèmes.
- Analyse (analyser) où l'apprenant est capable d'analyser et raisonner dans une situation donnée.
- Synthèse (créer) où l'apprenant est capable de regrouper des connaissances issues de plusieurs domaines pour créer une production personnelle. La synthèse relève du stade de la créativité.
- Évaluation (évaluer) où l'apprenant est capable d'évaluer et de juger ou de prendre une décision basée sur des critères appropriés.

Il est généralement admissible qu'un cours puisse satisfaire aux objectifs sans pour cela atteindre tous les niveaux spécifiés par la taxonomie. Néanmoins, il est souhaitable qu'il aspire à atteindre le niveau le plus élevé et pour le plus grand nombre d'apprenants.

Au niveau le plus bas, nous nous attendons à ce que les étudiants se souviennent de la définition du processus de conception d'une base de données tandis qu'au niveau suivant, les étudiants seraient en mesure de distinguer un schéma conceptuel (Entité/Association) du schéma logique (schéma relationnel) et/ou du schéma physique. Un autre niveau consisterait à concevoir une base de données (élaborer un schéma conceptuel et un schéma logique d'une base de données à partir de certaines spécifications), à créer les tables de la base en utilisant le langage SQL, à insérer, mettre à jour, supprimer des données de la base de données et à créer des requêtes d'interrogation de données.

Le tableau suivant reprend une série d'exemples d'objectifs d'apprentissage spécifiques, classés selon la taxonomie de Bloom, à atteindre par des étudiants novices dans la matière, à la fin d'un cours d'introduction aux bases de données:

Tableau 1. Objectifs spécifiques de l'enseignement

Niveau de BLOOM	Objectifs
Connaissance (Se rappeler les concepts)	<ul style="list-style-type: none"> - Connaître la terminologie des bases de données - Connaître les éléments de base du modèle Entité/Association et du modèle relationnel - Connaître les règles de traduction d'un schéma Entité /Association vers un schéma relationnel - Connaître les différents types d'opérations pouvant être effectuées sur les données d'une base de données relationnelle
Compréhension (Comprendre les concepts)	<ul style="list-style-type: none"> - Connaître les avantages d'une base de données - Différencier les concepts de base de données, système de gestion de base de données et modèle de données - Comprendre les différents niveaux de représentation d'une base de données - Comprendre l'importance de la modélisation conceptuelle et son rôle dans le cycle de vie du développement d'une application - Comprendre les règles de transformation d'un schéma Entité /Association vers un schéma relationnel
Application (Appliquer les concepts)	<ul style="list-style-type: none"> - Créer un schéma Entité/Association pour un cas spécifique - Appliquer les règles de transformation du schéma Entité/Association vers le schéma relationnel - Implémenter une base de données relationnelle en utilisant un SGBD particulier - Implémenter et exécuter des requêtes SQL simples - Implémenter des requêtes SQL plus complexes (de complexité moyenne)
Analyse	<ul style="list-style-type: none"> - Analyser un problème réel et identifier les besoins des utilisateurs finaux
Synthèse	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser un schéma conceptuel répondant aux besoins exprimés par les futurs utilisateurs de la base - Créer un schéma logique de la base de données en appliquant les règles de transformation étudiées - Implémenter la base de données en utilisant un SGBD particulier - Elaborer des requêtes SQL d'interrogation de données répondant aux besoins exprimés par les utilisateurs
Evaluation	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier qu'un schéma d'une base de données construit respecte toutes les exigences du problème à étudier - Vérifier que les solutions alternatives ont été étudiées dans la modélisation de données et que la solution la plus appropriée a été choisie - Comparer différentes requêtes SQL et choisir la plus efficace (la plus optimale)

Notons que les trois niveaux les plus hauts de la taxonomie de Bloom, où l'étudiant devient capable d'analyser, de concevoir et d'implémenter une base de données relationnelle réelle répondant aux besoins des utilisateurs finaux, ne peuvent être atteints dans un cours d'introduction aux bases de données.

Les activités en classe sont donc, orientées vers la compréhension et l'application d'exemples de complexité moyenne. À mesure que les étudiants se familiarisent avec les concepts de base, ils accumulent des connaissances. Grâce à la résolution de problèmes, l'apprenant passe du niveau connaissance au niveau compréhension, et finalement au niveau application.

Le tableau suivant donne quelques exemples d'objectifs spécifiques d'apprentissage du modèle relationnel classés selon les niveaux de la taxonomie de Bloom:

Tableau 2. Exemples d'objectifs relatifs au Modèle relationnel

Niveau de BLOOM	Objectifs spécifiques
Niveau 1	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître les éléments de base du modèle - Définir les concepts de base du modèle relationnel tels que: relation, attribut, tuple, degré et cardinalité, domaine, valeur nulle d'un attribut (NULL), schéma d'une relation, clé candidate, clé primaire, clé étrangère, contrainte de domaine, contrainte d'entité, contrainte d'unicité de la clé, contrainte d'intégrité référentielle
Niveau 2	<ul style="list-style-type: none"> - Expliquer l'utilité du modèle relationnel - Expliquer les concepts de base du modèle relationnel - Expliquer les caractéristiques des relations - Donner le cas d'utilisation de la clé candidate - Illustrer avec un exemple approprié la différence entre la clé primaire, la clé étrangère et la clé candidate - Distinguer entre la clé primaire et la clé candidate - Identifier les clés primaires, candidates et étrangères dans une relation - Identifier les éventuelles erreurs d'insertion, de suppression et de mise à jour dans une relation - Interpréter des schémas relationnels existants

Le tableau suivant donne quelques exemples d'objectifs spécifiques d'apprentissage du langage SQL classés selon les niveaux de la taxonomie de Bloom:

Tableau 3. Exemples d'objectifs relatifs au Langage SQL

Niveau de BLOOM	Objectifs spécifiques
Niveau 1	- Définir le langage SQL
Niveau 2	<ul style="list-style-type: none"> - Décrire le langage SQL en utilisant ses principales caractéristiques - Expliquer les résultats d'une requête - Illustrer avec un exemple approprié les clauses de l'instruction SELECT
Niveau 3	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser un système de gestion de base de données pour implémenter une base de données - Implémenter des bases de données en utilisant le langage de définition de données - Ecrire et exécuter des instructions SQL de mise jour de données: INSERT, UPDATE et DELETE - Écrire et exécuter des requêtes d'interrogation en SQL reposant sur une seule table tout en filtrant les données récupérées, en utilisant les clauses SELECT, FROM, WHERE, ORDER BY et les prédicats: BETWEEN, IN, IS NULL, LIKE. - Écrire et exécuter des requêtes permettant de regrouper les données en utilisant les clauses GROUP BY et HAVING - Implémenter des requêtes d'interrogation SQL plus complexes reposant sur plusieurs tables en utilisant l'opérateur de jointure JOIN

Le tableau suivant donne quelques exemples d'objectifs spécifiques d'apprentissage de la modélisation de données classés selon les niveaux de la taxonomie de Bloom:

Tableau 4. Exemples d'objectifs relatifs à la Modélisation des données

Niveau de BLOOM	Objectifs spécifiques
Niveau 1	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître les éléments de base du modèle Entité/Association (E/A) - Définir les concepts de base du modèle Entité/Association tels que: entité, association, propriété, identifiant, cardinalité - Énumérer quelques avantages de la modélisation conceptuelle des données - Définir les termes tels que: dépendances fonctionnelles, dépendances fonctionnelles élémentaires, dépendances fonctionnelles directes, graphe minimum de dépendances fonctionnelles - Connaître les règles de traduction d'un schéma E/A vers un schéma relationnel
Niveau 2	<ul style="list-style-type: none"> - Expliquer l'utilité du modèle E/A - Distinguer les entités des associations - Identifier les entités et les associations sur un schéma E/A - Identifier et distinguer les différents types d'associations sur un schéma E/A et les illustrer avec un exemple - Interpréter des schémas E/A existants - Comprendre l'importance de la modélisation conceptuelle et son rôle dans le cycle de vie du développement d'une application - Comprendre les mécanismes de transformation d'un schéma E/A à un schéma relationnel - Interpréter les règles de traduction du schéma E/A vers le schéma relationnel - Expliquer les avantages et les inconvénients de la normalisation - Illustrer avec un exemple la nécessité à la normalisation, la définition des dépendances fonctionnelles - Expliquer et illustrer les trois premières formes normales avec un exemple
Niveau 3	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser correctement les concepts du modèle E/A pour représenter les données d'un problème simple - Concevoir un schéma conceptuel d'une base de données (E/A) à partir des exigences données pour un cas spécifique - Appliquer correctement les règles de transformation du schéma E/A vers le schéma relationnel sur un exemple - Traduire un schéma conceptuel en un schéma relationnel normalisé - Appliquer les techniques de normalisation pour normaliser une base de données - Appliquer à travers un exemple, le passage vers chacune des formes normales

6 ORGANISATION DU CONTENU DE L'ENSEIGNEMENT

L'approche habituelle de l'enseignement d'un cours d'introduction aux bases de données - tel que présenté dans un grand nombre de manuels et dans les programmes de plusieurs institutions universitaires - consiste à répartir les thèmes du module en fonction du cycle de développement (figure 3). Ainsi, les étudiants commencent par la modélisation conceptuelle en passant par la modélisation logique puis passent à la mise en œuvre de la base de données, via le langage SQL, en utilisant un système de gestion de bases de données relationnelles particulier. Dans le cadre de cette approche on présente d'abord les concepts de base du modèle Entité/Association, puis on initie les étudiants à la modélisation conceptuelle, étape pendant laquelle ces derniers apprennent à élaborer un schéma conceptuel (Entité/Association) d'une base de données. On leur présente ensuite les concepts de base du modèle relationnel. Puis on passe à la modélisation logique, étape durant laquelle les étudiants apprennent à transformer un schéma conceptuel (Entité/Association) en un schéma logique (Relationnel). Une fois passées ces étapes les étudiants sont initiés à l'implémentation et à l'utilisation des bases de données, étape pendant laquelle les étudiants apprennent à créer des tables, à saisir et mettre à jour des données et à créer des requêtes d'interrogation.

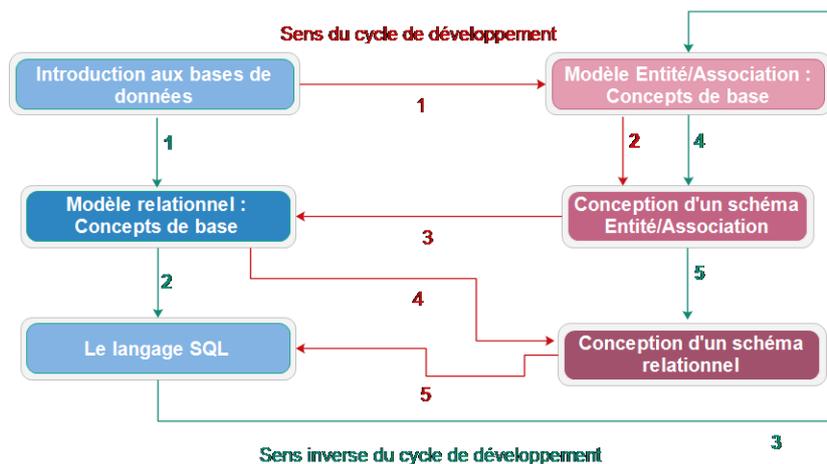


Fig. 3. Plan du cours

Certes, les enseignants de base de données ne sont pas obligés de suivre la répartition des thèmes telle que présentée dans les manuels et de respecter la progression et la démarche qu'ils adoptent. Alors on ne peut s'en éloigner beaucoup pour des raisons de commodité pour l'apprenant et d'harmonisation avec le cours en présentiel.

Ce qui ne nous a pas empêché dans notre cas, de vouloir trouver une réponse appropriée aux deux questions préalables en toute indépendance: Quand enseigner la modélisation des données ? Et par quoi commencer l'enseignement du langage SQL ?

6.1 QUAND ENSEIGNER LA MODELISATION DES DONNEES

Lors de l'approche qui consiste à suivre le cycle de développement, la modélisation des données est étudiée avant que les étudiants ne se familiarisent avec les opérations de mise en œuvre de la base de données. De plus le langage SQL avec toutes les instructions qu'il comporte, n'est présenté qu'à la fin du cours, ce qui ne laisse pas suffisamment de temps aux étudiants pour consolider leur apprentissage de la terminologie et assimiler les instructions du langage SQL. Cela conduit à une surcharge cognitive chez les étudiants novices dans la matière qui peut entraver leur apprentissage du langage SQL [18]. Or, comme le fait remarquer Date [6], les étudiants ne peuvent être prêts à concevoir correctement des bases de données ou à en apprécier pleinement les problèmes de conception, qu'une fois qu'ils aient atteint une compréhension satisfaisante de ce que sont les bases de données et comment elles sont utilisées.

Kroenke [15] remarque, quant à lui, que les étudiants d'aujourd'hui, trop pressés de commencer à apprendre à implémenter des bases de données, cherchent à voir rapidement un résultat et à obtenir un feedback de l'enseignant.

6.2 PAR QUOI COMMENCER L'ENSEIGNEMENT DU LANGAGE SQL ?

Deux manières d'aborder le langage SQL: commencer à partir des instructions du langage de définition de données (LDD) puis poursuivre avec les instructions du langage de manipulation de données (LMD) ou bien enseigner l'instruction d'interrogation de données puis traiter les autres instructions du LMD et ensuite celles du LDD. La deuxième manière semble plus appréciée par les étudiants car contrairement aux instructions du LDD, l'instruction d'interrogation de données renvoie des données (résultats) ce qui peut les aider à vérifier, en partie, l'exactitude de leur requête. En plus les instructions du LDD nécessitent plusieurs connaissances que les étudiants trouvent encore difficiles et ont besoin, pour bien les acquérir et les assimiler, de l'assistance de l'enseignant.

7 OUTILS PÉDAGOGIQUES ET DIDACTIQUES UTILISÉS

Dans la crainte de voir la démotivation, la lassitude et le désintérêt jouer un rôle négatif dans la dynamique du processus d'enseignement/apprentissage, le choix pertinent des moyens d'action devient, pour l'enseignant, une nécessité de première importance pour la réussite de ce processus. Nous devons donc chercher et trouver des moyens d'action adaptés aux spécificités de la matière et aux particularités des apprenants et permettant d'accroître leur motivation et leur volonté d'apprendre.

Dans ce but et pour faciliter et améliorer l'apprentissage de ce cours d'introduction aux bases de données, pour mieux motiver nos étudiants et atteindre le niveau souhaité (troisième niveau de la taxonomie de Bloom), nous avons recouru à une méthode active et utilisé des outils pédagogiques et didactiques comme moyens supplémentaires de motivation et comme complément à l'apprentissage en présentiel (figure 4).

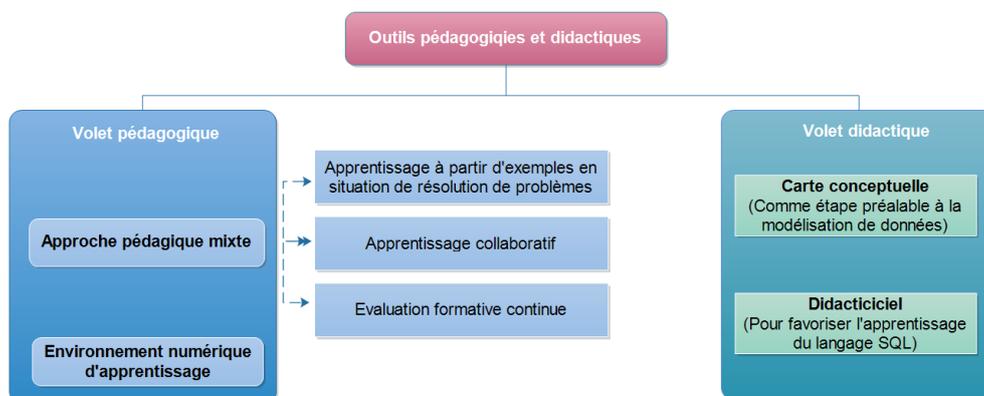


Fig. 4. Outils pédagogiques et didactiques utilisés

En termes d'approche d'apprentissage active, nous utilisons une approche mixte, combinant à la fois un apprentissage à partir d'exemples en situation de résolution de problèmes, un apprentissage collaboratif et une évaluation formative continue [9]. Cette approche est conçue de manière à maintenir la motivation des apprenants en combinant plusieurs méthodes se complétant mutuellement afin que les connaissances théoriques soient renforcées par la pratique et vice versa, en cherchant à trouver le bon équilibre qui permet de mieux comprendre les aspects théoriques impliqués dans la conception et la mise en œuvre d'une base de données.

Nous avons pour cela conçu et mis à la disposition de nos étudiants des ressources pédagogiques sur un environnement numérique d'apprentissage destiné à soutenir et à renforcer le processus d'enseignement/apprentissage en présentiel et à encourager, par conséquent, les étudiants à apprendre davantage et mieux. En effet, des ressources pédagogiques, sous format web, enrichi ou non d'objets multimédias, ont été mis à la disposition de nos étudiants via la plateforme Canvas (version en ligne gratuite, canvas.instructure.com) choisie comme support techno-pédagogique de soutien. Les modules d'auto-formation, sont composés de cours rédigés, de résumés de cours sous forme de cartes heuristiques, d'exercices totalement ou partiellement corrigés, d'évaluations sous forme de quiz et de corrigés de travaux dirigés et de travaux pratiques effectués en présentiel.

D'autres outils didactiques spécifiques, à certains thèmes d'apprentissage ont été également utilisés.

Ainsi, la carte conceptuelle a été utilisée dans notre enseignement pour approfondir la compréhension du problème à modéliser et afin de réduire les difficultés de transposition de la description du domaine en langage naturel vers le schéma conceptuel et donc, comme étape préalable à la modélisation de données [10]. L'intérêt de la carte conceptuelle ne réside pas seulement dans le fait qu'elle soit en mesure d'illustrer, d'organiser les connaissances des apprenants et les approfondir mais aussi dans le but quelle soit capable d'organiser les informations et les règles de gestion du domaine à modéliser. Notre but est d'amener nos étudiants à prendre conscience de l'importance de la modélisation des bases de données et accroître ainsi, l'efficacité de notre enseignement.

Un didacticiel, destiné à l'apprentissage du langage SQL, destiné à la fois à l'enseignant et à l'étudiant pour faciliter le processus d'enseignement/apprentissage de ce langage, a été également utilisé. L'objectif pédagogique du didacticiel est d'aider les apprenants débutants à comprendre les concepts fondamentaux du langage SQL et de leur permettre d'expérimenter l'instruction d'interrogation de données pour écrire une large variété de requêtes.

8 CHOIX DE LA DÉMARCHE D'ENSEIGNEMENT

Nos observations, constatations et conclusions répétées nous ont poussées à chercher à construire des situations d'apprentissage destinées à réduire la charge cognitive de nos étudiants.

Notre approche d'apprentissage a comporté trois étapes. Tout d'abord, apprendre aux étudiants comment utiliser une base de données, c'est à dire manipuler les données d'une base de données déjà existante. Ensuite, leur apprendre à faire des

modifications sur la structure d'une base existante. Et finalement, leur apprendre à créer en partant de rien, une nouvelle base de données.

Il est vrai que dans notre cas, nous avons commencé notre expérience d'enseignement des bases de données, comme beaucoup de nos collègues, par un apprentissage qui suit le cycle de développement. Ce n'est qu'après cinq années d'enseignement que nous avons migré vers une approche d'apprentissage inverse, dans laquelle la modélisation des données est traitée vers la fin de l'enseignement, une fois, que les étudiants ont été familiarisés avec l'implémentation et l'utilisation des bases de données. C'est d'ailleurs ce que préconisent certains auteurs tels que Date [6], Kroenke [15]: selon eux les étudiants doivent commencer par effectuer des opérations sur des bases de données existantes puis apprendre à implémenter leurs propres bases de données en utilisant Microsoft Access. De cette manière et dès les deux premières séances d'apprentissage, les étudiants ont déjà une vue globale de ce qu'est une base de données, comment l'implémenter et comment l'utiliser.

Dans notre enseignement, nous ne séparons pas les séances de cours des séances de travaux dirigés ou de travaux pratiques. C'est un cours intégré durant lequel nous essayons de présenter de nouveaux concepts puis aussitôt nous demandons aux étudiants de répondre à un ensemble de questions afin d'appliquer et voir concrètement l'intérêt et l'usage du (ou des) concepts étudiés dont le nombre dépend du thème étudié. Tout en présentant la théorie, nous cherchons, à faire ressortir et percevoir par les étudiants la relation qui existe entre elle et la pratique.

Nous procédons, alors, de la manière suivante:

- Dès le début de l'enseignement, les concepts fondamentaux des bases de données sont, donc, présentés aux étudiants qui reçoivent un exemple simple de bases de données (une gestion de la scolarité d'un établissement universitaire). Ils sont invités à manipuler cette base, préalablement établie par l'enseignant, en y ajoutant de nouvelles données, en en modifiant les données existantes, ou en en supprimant d'autres. Cela leur permet, déjà, d'apprendre ce qu'est une base de données et comment l'utiliser. A ce stade nous ne cherchons, qu'à familiariser les étudiants aux concepts fondamentaux des bases de données.
- Au cours de la séance suivante, les concepts de base du modèle relationnel sont présentés aux étudiants. Afin d'illustrer les concepts, nous leur demandons de modifier la structure de la base de données, servant d'exemple, utilisée au cours de la première séance, par introduction de nouvelles tables. Les étudiants sont invités, alors, à ajouter deux autres tables à la base, une des tables possédant une clé primaire composée, puis il leur est demandé d'établir les liens appropriés pour l'intégrité référentielle entre les deux nouvelles tables et les tables existantes de la base de données. A ce stade nous cherchons à familiariser les étudiants aux concepts de base du modèle relationnel.
- Une fois les concepts de base du modèle relationnel compris, nous donnons aux étudiants un schéma relationnel normalisé et nous leur demandons de créer la base de données correspondante en utilisant Microsoft Access, de la peupler et de répondre à quelques requêtes d'interrogation de données en utilisant l'interface QBE (Query By Example) d'Access.
- Le langage SQL est, par la suite, enseigné, aux étudiants. Nous commençons ainsi, par les instructions du langage de manipulation de données puis nous enseignons les instructions du langage de définition de données. Le didacticiel est alors utilisé pour illustrer les concepts étudiés et s'entraîner à répondre aux différents exercices proposés par l'outil. Notre intention n'est pas de rendre les étudiants compétents dans un SGBD particulier mais de leur faire apprendre les bases ou rudiments du langage SQL plus particulièrement celui de la deuxième version de la norme SQL (SQL2). Nous utilisons également et selon le cycle et la filière objet de l'enseignement, un autre SGBDR tel que PostgreSQL ou MySQL.
- Nous présentons ensuite une base de données non normalisée et nous montrons aux étudiants les anomalies qu'engendre une telle base. Nous présentons, alors, la partie modélisation des données à partir d'un exemple simple. Une fois, les concepts de base du modèle Entité/Association présentés, nous préparons les étudiants à construire un schéma entité/Association en passant d'abord par la carte conceptuelle. En effet, cette dernière est utilisée comme étape préalable à la modélisation conceptuelle de données. Nous énonçons par la suite le règles de traduction d'un schéma E/A vers un schéma relationnel et nous montrons aux étudiants, à partir d'un exemple, comment transformer un schéma E/A en un relationnel normalisé.
- Nous demandons, enfin, aux étudiants de faire, en groupe, un mini-projet où ils auront à concevoir et à mettre en œuvre une base de données à partir de certaines spécifications et leur permettre, ainsi, de suivre le processus de développement dans le sens habituel du cycle de vie. Ils auront, ainsi, une idée détaillée de la tâche à accomplir: ce qui doit être fait, comment le faire, quel type d'outils utiliser, etc.

Cette manière de procéder semble être privilégiée par les étudiants, en effet, ces derniers ont généralement une courte durée d'attention et préfèrent un mélange de différents styles d'enseignement dans une même séance d'apprentissage. De plus, en alternant cours et exercices pratiques, nous donnons l'occasion aux étudiants d'appliquer les concepts abstraits, au fur et à mesure de leur étude.

L'approche inverse du cycle de développement permet, quant à elle, de retarder la modélisation des données jusqu'à ce que les étudiants aient été suffisamment habitués à la manipulation des bases de données et aient acquis une expérience suffisante. Cette séquence d'apprentissage supporte mieux une approche qui va du simple et concret, au complexe et abstrait et permet aux étudiants d'affronter plus tôt l'implémentation des bases de données et l'utilisation du langage SQL [18].

9 L'ÉVALUATION SOMMATIVE

Les évaluations sont menées sous la forme de tâches formatives et sommatives. L'évaluation sommative comprenant une évaluation pratique (mini-projet), un devoir surveillé (théorique) et un examen final.

9.1 L'ÉVALUATION INTERMÉDIAIRE

Lors de l'approche qui consiste à suivre le cycle de développement, la modélisation des données est étudiée avant que les étudiants L'évaluation intermédiaire

Le devoir surveillé (évaluation de mi-parcours) aura pour but de mesurer les connaissances déclaratives des étudiants, tester leur connaissance et leur compréhension des concepts fondamentaux des bases des données (définition de concepts tels que base de données, SGBD, modèles de données, schéma d'une base de données,...), du modèle de données relationnel (définition de relation, attribut, tuple,...), etc.. Il est généralement composé d'un QCM, d'un exercice avec un ensemble de questions à réponse courte portant sur les concepts de base du modèle relationnel et, ce, en plus d'un exercice d'application sur le langage SQL.

9.2 LE MINI-PROJET

Une évaluation écrite ne reflète pas nécessairement et efficacement le niveau d'apprentissage. L'utilisation d'un mini-projet lors du processus d'enseignement/apprentissage permet, par contre, un accès à des aspects non pris en compte, par l'évaluation écrite et d'améliorer les compétences pratiques des étudiants.

Le mini-projet en base de données consistera à concevoir et à créer une base de données en utilisant un système de gestion de bases de données relationnelles particulier, généralement choisi par l'enseignant (Microsoft Access, PostgreSQL ou autre), à insérer des données de test et à créer des requêtes SQL d'interrogation de données. La principale différence entre les projets de bases de données destinés aux étudiants des différentes filières, réside dans le niveau de complexité du problème donné et du SGBD à utiliser.

Ces mini-projets de base de données se font en binôme ou au plus en groupe de 3 étudiants. Ils visent à consolider la compréhension de la modélisation des données et du langage SQL.

9.3 L'EXAMEN FINAL

L'examen final, individuel, constituant la dernière évaluation exige une compréhension et une application claire des concepts étudiés. Il permet d'évaluer la capacité des étudiants à appliquer ce qu'ils ont appris tout au long du cours de base de données. Cet examen final, basé sur tous les aspects du cours est, donc, plus complet; il teste les connaissances et leur degré de compréhension de la modélisation des données et du langage SQL. Il est généralement composé d'une étude de cas, de complexité moyenne, nécessitant la construction d'un schéma Entité/Association, puis du schéma relationnel correspondant et la réponse à quelques requêtes d'interrogation de données en SQL et/ou en QBE (Query By Example) selon la filière.

10 CONCLUSION

En raison des problèmes et difficultés rencontrés par les étudiants novices dans un cours d'introduction aux bases de données, diverses méthodes pour améliorer l'enseignement et l'apprentissage de ce cours ont été conçues et développées par de nombreux chercheurs de pays différents. Certains, d'entre eux, ont procédé à l'examen du contenu de ce cours.

D'autres ont présenté des approches et méthodes pédagogiques en rapport avec certains aspects de cet enseignement. Quelques autres ont développé des outils destinés à en faciliter l'apprentissage.

En nous inspirant des travaux réalisés par ces auteurs, nous nous sommes posés la question relative aux méthodes à utiliser pour mieux enseigner et améliorer la motivation de nos étudiants et également la question relative au choix d'outils appropriés.

Le choix des méthodes revient à examiner la manière et les principes qui régissent le processus d'enseignement/apprentissage. Il est également important de prendre en compte l'utilisation d'outils appropriés et à des techniques d'enseignement innovantes, qui motivent l'étudiant à compléter et à poursuivre, par lui-même le processus d'apprentissage.

Notre propre expérience, nous a, ainsi, permis de dégager les conclusions suivantes:

- Pour maîtriser les bases de données, il faut d'abord comprendre les concepts de base, puis apprendre à les utiliser avant d'apprendre à les modéliser.
- L'utilisation d'exemples multiples et variés pour illustrer l'enseignement, aidera, énormément à la compréhension des concepts de base. Des exemples judicieux et familiers tirés de la réalité quotidienne des étudiants leur éviteront une lourde charge cognitive et retarderont autant que possible leur lassitude et leur fatigue.
- L'utilisation d'exemples familiers et d'exercices partiellement résolus, permet de stimuler la curiosité des apprenants, ce qui leur permet d'accroître leur volonté de résoudre les exercices proposés et de chercher à résoudre d'autres.
- L'apprentissage collaboratif permet, d'engendrer le maintien de leur motivation à apprendre plus grâce à la rétroaction positive du groupe et au sentiment d'autonomie
- L'utilisation d'outils didactiques et de méthodes pédagogiques variés, complétés par l'utilisation d'outils technologiques permet à l'enseignant d'améliorer l'efficacité des tâches dont il a la charge et d'enseigner en recourant à toutes les formes de dynamismes possibles, ce qui lui permettra de stimuler, maintenir l'attention et motiver les apprenants. Ces derniers changeront, alors, d'attitude et de comportement.

REFERENCES

- [1] Adams, E. S., Granger, M., Goelman, D. et Ricardo, C. (2004). Managing the introductory database course: what goes in and what comes out?. In Proceedings of the 35th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, Virginia, USA, 36 (1), 497-498. doi: 10.1145/971300.971467.
- [2] Bloom, B. S., Krathwohl, D. R. et Masia, B. B. (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals; Handbook I: Cognitive domain. David McKay Company, Incorporated. New York: David McKay Company.
- [3] Chaduc, M.T. (1999). Les grandes notions de pédagogie. Paris: Armand Colin-Bordas.
- [4] Chevillard, Y. (1991) La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné, Grenoble, La Pensée Sauvage (2e édition revue et augmentée, en coll. avec Marie-Alberte Joshua, 1re édition 1985).
- [5] Cutts, Q., Esper, S., Fecho, M., Foster, S. R. et Simon, B. (2012). The abstraction transition taxonomy: developing desired learning outcomes through the lens of situated cognition. In Proceedings of the ninth annual international conference on International computing education research, Auckland, New Zealand, 63-70. do: 10.1145/2361276.2361290.
- [6] Date, C. J. (2004). An introduction to database systems. Boston: Pearson Education.
- [7] Dietrich, S. W., Goelman, D., Borrer, C. M. et Crook, S. M. (2015). An animated introduction to relational databases for many majors. IEEE Transactions on Education, 58 (2), 81-89.
- [8] Fanou, C. C. (2009). Les supports dans l'enseignement/apprentissage de l'anglais de spécialité dans un environnement francophone: cas de l'anglais des filières d'économie et de gestion (Thèse de doctorat, Université de la Sorbonne nouvelle-Paris III).
- [9] Farza, L. (2015). Impact d'une approche d'enseignement/apprentissage mixte sur les résultats des apprenants: cas d'un cours de bases de données. Spirale-E, Revue de Recherches en Education, Académie de Lille, 55, 61-74. Repéré à <https://spirale-edu-revue.fr/spip.php?article1232>.
- [10] Farza, L. (2018). La carte conceptuelle comme outil favorisant l'apprentissage de la modélisation des bases de données. RIPES, Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur, 34 (1). <http://journals.openedition.org/ripes/1296>.
- [11] Folland, K. A. T. (2016). viSQLizer: An interactive visualizer for learning SQL. Mémoire de Master, Université de science et technologie, Norvège. <https://core.ac.uk/download/pdf/154676145.pdf>.

- [12] Furber, S. (2012). Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools. The Royal Society, London. <https://royalsociety.org/~media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf>.
- [13] Hartmann, W., Näf, M., & Reichert, R. (2012). Enseigner l'informatique. Springer Science & Business Media.
- [14] Hou, K. et Li, G. Y. (2016). Creative Thinking of Database Course for Economics and Management Major in Conceive of the Big Course and Big Task. *International Journal of Database Theory and Application*, 9 (9), 119-126.
- [15] Kroenke, D.M. (2006). Database processing. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- [16] Martin, C., Urpí, T., Casany, M. J., Burgués, X., Quer, C., Rodríguez, M. E et Abelló, A. (2013). Improving Learning in a Database Course using Collaborative Learning Techniques. *International Journal of Engineering Education*, 29 (4), 1-13. <http://www.essi.upc.edu/~aabello/publications/13.IJEE.pdf>.
- [17] Masson, P. (1994). Négociations et conflits dans le processus d'orientation des élèves de l'enseignement secondaire. *Sociétés contemporaines*, 18 (1), 165-186.
- [18] Mason, R., Seton, C. et Cooper, G. (2016). Applying cognitive load theory to the redesign of a conventional database systems course. *Computer Science Education*, 26 (1), 68-87. doi: 10.1080/08993408.2016.1160597.
- [19] Mitrovic, A. (2003). An intelligent SQL tutor on the web. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 13 (2-4), 173-197. <https://content.iospress.com/articles/international-journal-of-artificial-intelligence-in-education/jai13-2-4-03>.
- [20] Murray, M. et Guimaraes, M. (2009). Animated Courseware Support for Teaching Database Design. *Issues in Informing Science and Information Technology*, 6, 201-211. doi: 10.28945/1053.
- [21] Nelson, D., Stirk, S., Patience, S. et Green, C. (2003). An Evaluation Of a Diverse Database Teaching Curriculum And The Impact of Research. 1st Workshop on Teaching, Learning and Assessment in Databases, Coventry, UK, Higher Education Academy, 69-73. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.176.7236&rep=rep1&type=pdf>.
- [22] Rashid, T. A. et Al-Radhy, R. S. (2014). Transformations to issues in teaching, learning, and assessing methods in databases courses. In 2014 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE) (pp. 252-256). IEEE.
- [23] Rashid, T.A., (2015). Investigation of instructing reforms in databases. *International journal of scientific and engineering research*, 6 (8),72. <https://www.ijser.org/researchpaper/Investigation-of-Instructing-Reforms-in-Databases.pdf>.
- [24] Simillion, F. (2016). Proposition d'un plan de cours d'informatique en tant que discipline fondamentale dans les écoles de maturité (Mémoire de master, Haute école pédagogique du canton de Vaud).
- [25] Senapathi, M. (2004). Restructuring an Undergraduate Database Management Course for Business Students. *Issues in Informing Science & Information Technology*, 1, 573-584.
- [26] Springsteel, F., Robbert, M.A. et Ricardo, C.M. (2000). The Next Decade of the Database Course: Three Decades Speak to the Next. In Proceedings of the thirty-first SIGCSE technical symposium on Computer science education. ACM, New York, NY, USA, 32 (1), 41-45. doi: 10.1145/330908.331808.
- [27] Suraweera, P. (2001). An Intelligent Teaching System for Database Modeling, (Mémoire de Master, University de Canterbury, New zélande). <https://ir.canterbury.ac.nz/handle/10092/9619>.
- [28] Tanana, M. (2009). Évaluation formative du savoir-faire des apprenants à l'aide d'algorithmes de classification Application à l'électronique numérique (Thèse de doctorat, INSA de Rouen). <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00442930v2/document>.
- [29] Tashakkori, R et Zachary W Andrews (2018). A team software process approach to database course. In Proceedings of the ACMSE 2018 Conference, Richmond, Kentucky. doi: 10.1145/3190645.3190676.
- [30] Wang J. et Chen H. (2014). Research and Practice on the Teaching Reform of Database Course. *International Conference on Education Reform and Modern Management*, ERMM.
- [31] Yuelana, L., Yiwei, L., Yuyan, H., Yuefan, L. (2011). Study on Teaching Methods of Database Application Courses. *Procedia Engineering* 15, 5425 –5428. <https://core.ac.uk/download/pdf/82724878.pdf>.
- [32] Zheng, Y. et Dong, J. (2011). Teaching reform and practice of database principles. The 6th International Conference on Computer Science and Education (ICSE), 1460-1462, Singapora.