

Table des matières

1	Introduction : contexte, problématique et état de l'art	1
1.1	Contexte et problématique	3
1.1.1	Contexte	3
1.1.1.1	Apprendre : besoin constant, défi et droit	3
1.1.1.2	Challenges de l'éducation en Afrique	5
1.1.1.3	Difficultés dans l'enseignement supérieur en Afrique	8
1.1.2	Positionnement : accompagnement de l'apprentissage	11
1.1.2.1	Difficultés à accompagner	11
1.1.2.2	Définition du terme accompagnement	12
1.1.3	Problématiques et questions de recherche	12
1.1.4	Plan de la thèse	16
1.2	État de l'art	19
1.2.1	Conception d'un cours	19
1.2.1.1	Définitions	19
1.2.1.2	Finalité du scénario pédagogique	20
1.2.1.3	Décomposition du scénario pédagogique	20
1.2.1.3.1	Scénario d'apprentissage	21
1.2.1.3.2	Scénario de formation	22
1.2.1.4	Conception d'un scénario pédagogique	23
1.2.1.5	Personnalisation de l'apprentissage dans les scénarios	26
1.2.1.6	Conclusion	29
1.2.2	Modèle et profil de l'apprenant	30
1.2.2.1	Définitions	30
1.2.2.2	Objectifs du modèle de l'apprenant	31
1.2.2.2.1	Adaptation de l'apprentissage	31
1.2.2.2.2	Évaluation des connaissances	32
1.2.2.3	Décomposition du modèle de l'apprenant	33
1.2.2.3.1	Modèle d'attitude de l'apprenant	33
1.2.2.3.2	Modèle de connaissances de l'apprenant	33
1.2.2.4	Principaux modèles de connaissances de l'apprenant	33
1.2.2.4.1	Modèle de recouvrement ou "overlay model" ou encore modèle sans méprise	33
1.2.2.4.2	Modèle différentiel	34
1.2.2.4.3	Modèle buggy ou modèle avec méprise	35
1.2.2.4.4	Modèle de Self	35

1.2.2.5 Conclusion	35
1.2.3 La Théorie des Espaces de Connaissance (KST : Knowledge Space Theory)	36
1.2.3.1 Introduction	36
1.2.3.2 Les concepts	36
1.2.3.3 Conclusion	38
1.2.4 La Théorie des Espaces de Connaissance basés sur les Compétences (CbKST : Competence-based Knowledge Space Theory)	39
1.2.4.1 Principe	39
1.2.4.2 Exemples d'application	40
1.2.4.3 Conclusion	41
1.2.5 Synthèse	42
 2 Modélisation	 45
 2.1 Modélisation multi-scénarios de l'apprentissage	 47
2.1.1 Introduction	47
2.1.2 Définition et objectifs	48
2.1.3 Fondements et extensions	48
2.1.3.1 Extension 1 : les activités à compétences multiples	48
2.1.3.2 Extension 2 : les contraintes temporelles	49
2.1.3.3 Extension 3 : les niveaux ou seuils de satisfaction lors de l'appren- tissage	49
2.1.4 Concepts initiaux	49
2.1.4.1 Conversion du temps d'apprentissage présentiel en temps d'ap- prentissage en ligne	49
2.1.4.2 Décomposition de l'apprentissage en unités d'apprentissage	51
2.1.4.3 Pédagogie centrée sur l'apprenant et structurée par les objectifs d'apprentissage	52
2.1.4.4 Relation de prérequis ou de précédence entre les objectifs d'ap- prentissage	53
2.1.4.5 Indexation des activités par les objectifs d'apprentissage	55
2.1.4.6 Acquisition et validation de la connaissance	57
2.1.5 Génération de la structure de connaissance	57
2.1.6 Détermination des parcours ou chemins d'apprentissage	62
2.1.7 Impact des activités à objectifs multiples sur les parcours d'apprentissage	66
2.1.7.1 Etat de connaissance augmenté	67
2.1.7.2 Lien augmenté	68
2.1.7.3 Parcours d'apprentissage augmenté	68
2.1.8 Synthèse	68
 2.2 Modèle de co-construction du scénario d'apprentissage par les appre- nants	 71
2.2.1 Introduction	71
2.2.2 Hypothèses, objectif et définition	72
2.2.3 Fondements	73
2.2.4 Co-construction du scénario d'apprentissage	73

2.2.4.1	Processus d'apprentissage	73
2.2.4.2	Prise de décision dans la co-construction	74
2.2.5	Qualité du scénario co-construit	74
2.2.5.1	Mode d'évaluation par compensation souple	76
2.2.5.2	Mode d'évaluation par compensation contraignante	76
2.2.5.3	Mode d'évaluation stricte	77
2.2.6	Progression dans l'apprentissage	77
2.2.6.1	Progression séquentielle	77
2.2.6.2	Progression rapide	77
2.2.6.3	La progression bloquée (non-progression)	78
2.2.6.4	Les stratégies pour garantir la progression	78
2.2.7	Garantie de l'apprentissage	78
2.2.8	Synthèse	80

3 Implémentation 83

3.1 Les plates-formes d'apprentissage en ligne 85

3.1.1	Introduction	85
3.1.2	Les besoins pour l'implémentation des modèles	86
3.1.3	Quelques plates-formes d'apprentissage en ligne	87
3.1.4	Choix de la plate-forme pour l'implémentation des modèles	90
3.1.5	Synthèse	91

3.2 Plugin EGbKST : outils technologiques d'accompagnement des acteurs de l'apprentissage 93

3.2.1	Introduction	93
3.2.2	Présentation du système pédagogique initial ou classique	95
3.2.2.1	Conception du cours	95
3.2.2.2	Apprentissage et tutorat	96
3.2.3	Vue générale du nouveau système pédagogique	97
3.2.4	Outils de l'enseignant pour la conception multi-scénarios	99
3.2.4.1	Scénarisation d'un cours pas à pas	99
3.2.4.2	Scénarisation d'un cours par importation de l'organisation pédagogique	100
3.2.5	Outils du gestionnaire pour la gestion administrative du cours	103
3.2.6	Outils de l'apprenant pour la co-construction du scénario durant l'apprentissage	105
3.2.6.1	Interface dynamique d'apprentissage	105
3.2.6.2	Tableau de bord de visualisation des résultats d'apprentissage	110
3.2.7	Outils du tuteur pour le suivi pédagogique : vers une approche tableau de bord	112
3.2.7.1	Le tableau de bord collectif	114
3.2.7.1.1	Prise en compte de la réactivité du tuteur	114
3.2.7.1.2	Prise en compte de la proactivité du tuteur	115
3.2.7.2	Le tableau de bord individuel	116
3.2.8	Synthèse	116

Expérimentation

119

4.1 Acceptabilité des modèles auprès des acteurs de l'apprentissage	121
4.1.1 Introduction	121
4.1.2 Présentation de l'université de l'expérimentation	122
4.1.3 Acceptabilité du modèle multi-scénarios de l'apprentissage auprès des enseignants	123
4.1.3.1 Méthodologie	123
4.1.3.1.1 Protocole expérimental	123
4.1.3.1.2 Protocole de collecte des données	123
4.1.3.1.3 Protocole d'analyse des données	124
4.1.3.2 Résultats et discussion	126
4.1.3.2.1 Statistiques descriptives des participants	126
4.1.3.2.2 Évaluation du modèle pédagogique en vigueur	126
4.1.3.2.3 Prédilections à personnaliser le suivi des apprenants	128
4.1.3.2.4 Résistance aux changements d'approche pédagogique	128
4.1.3.3 Conclusion	129
4.1.4 Acceptabilité du modèle de co-construction du scénario auprès des apprenants	129
4.1.4.1 Méthodologie	129
4.1.4.1.1 Protocole expérimental	129
4.1.4.1.2 Protocole de collecte de données	130
4.1.4.1.3 Protocole d'analyse des données	130
4.1.4.2 Résultats et discussion	132
4.1.4.2.1 Statistiques descriptives des participants	132
4.1.4.2.2 Évaluation du modèle pédagogique en vigueur	132
4.1.4.3 Conclusion	134
4.1.5 Synthèse	135
4.2 Expérimentation de la conception multi-scénario d'un cours	137
4.2.1 Introduction	137
4.2.2 Méthodologie	138
4.2.2.1 Protocole expérimental	138
4.2.2.2 Protocole de collecte des données	140
4.2.2.3 Protocole d'analyse des données	140
4.2.3 Résultats et discussion	140
4.2.4 Conclusion	143
4.2.5 Synthèse	143
4.3 Expérimentation de la co-construction du scénario d'apprentissage	145
4.3.1 Introduction	145
4.3.2 Contexte expérimental	146
4.3.3 Méthodologie	152
4.3.3.1 Protocole expérimental	152
4.3.3.2 Protocole de collecte des données	153
4.3.3.3 Protocole d'analyse des données	154
4.3.4 Résultats et discussion	154

4.3.4.1	Acceptabilité du modèle par les apprenants	154
4.3.4.2	Diversité des scénarios	155
4.3.4.3	Diversité des modes d'évaluation	155
4.3.4.4	Satisfaction de l'apprentissage des apprenants	158
4.3.5	Analyse pour la réingénierie	158
4.3.5.1	Biais durant la co-construction du scénario	158
4.3.5.2	Décision entre challenge et progression	158
4.3.5.3	Choix du mode d'évaluation	159
4.3.5.4	Risque de décrochage	159
4.3.6	Synthèse	159
Conclusion et perspectives		163
Références bibliographiques		177
Annexes		191
A	Organisation pédagogique de l'unité d'enseignement de Programmation en Langage C	193
B	Graphe de précedence entre les objectifs d'apprentissage de l'unité d'enseignement de Programmation en Langage C	197
C	Questionnaire du sondage auprès des enseignants pour l'évaluation des productions pédagogiques	199
D	Résumé des réponses du sondage auprès des enseignants pour l'évaluation des productions pédagogiques	205
E	Questionnaire du sondage auprès des apprenants pour l'évaluation de l'accompagnement de l'apprentissage	213
F	Résumé des réponses du sondage auprès des apprenants pour l'évaluation de l'accompagnement de l'apprentissage	221

Liste des figures

1.1.1 Evolution du Taux Brut de Scolarisation dans le Monde, en Afrique et Afrique Subsaharienne (source des données : http://data.uis.unesco.org/)	7
1.1.2 Evolution du Taux Net de Scolarisation dans le Monde, en Afrique et Afrique Subsaharienne (source des données : http://data.uis.unesco.org/)	7
1.1.3 Représentation (sous forme d'arbre) des causes d'abandon et leur solution comme objectifs à réaliser pour minimiser le taux d'abandon (source : [Ahmed and El, 2016])	10
1.2.1 Diagramme UML d'une unité du modèle d'apprentissage [Koper and Manderveld, 2004]	24
1.2.2 Modèle ISiS (Intentions, Strategies, interactional Situations) [Emin et al., 2011]	25
1.2.3 17 dimensions pour concevoir un scénario pédagogique [Brassard and Daele, 2003]	26
1.2.4 Principe du modèle PERSUA2 (PERSONnalisation Unifiée des Activités d'Apprentissage) et son processus d'exploitation [Lefevre et al., 2011]	27
1.2.5 Architecture globale du système de réutilisation du scénario [Riad et al., 2012]	28
1.2.6 Formalisation graphique de MoPPLiq (Modélisation des Parcours Pédago-Ludiques) [Marne et al., 2013]	29
1.2.7 Exemple de diagramme de précedence entre des problèmes ($Q = \{a, b, c, d, e, f, g\}$)	37
1.2.8 Structure de connaissance issue de la Figure 1.2.7	37
1.2.9 Différents chemins d'apprentissage à travers les franges	39
1.2.10 Graphe des parcours d'apprentissage	39
2.1.1 Diagramme de classes des objets d'apprentissage	50
2.1.2 Définition d'un objectif d'apprentissage	52
2.1.3 Graphe de précedence des objectifs d'apprentissage des 2 premières unités d'apprentissage (Tableau 2.1.2) du cours de Programmation de Langage C	55
2.1.4 Graphe de précedence des objectifs d'apprentissage de la première unité d'apprentissage du cours de Programmation de Langage C	59
2.1.5 Structure de connaissance des 2 premières unités d'apprentissage du cours de Programmation en Langage C (Tableau 2.1.2)	61
2.1.6 Graphe des parcours d'apprentissage des 2 premières unités d'apprentissage du cours de Programmation en Langage C (Figure 2.1.5)	63
2.1.7 Graphe des parcours d'apprentissage augmentés à partir de la Figure 2.1.6	67

2.2.1	Processus d'apprentissage	74
2.2.2	Digramme d'activités de l'apprentissage	75
3.2.1	Vue générale du nouveau système pédagogique	98
3.2.2	Interface principale du plugin EGbKST	99
3.2.3	Interface d'affichage d'une unité pédagogique	100
3.2.4	Interface d'ajout d'un objectif pédagogique	101
3.2.5	Interface d'affichage des relations de précédences entre les objectifs pédagogiques	101
3.2.6	Interface d'ajout d'une ressource d'apprentissage	102
3.2.7	Interface d'ajout d'une activité d'apprentissage	102
3.2.8	Interface d'affichage des parcours d'apprentissage	102
3.2.9	Interface d'importation du fichier CSV de la structuration pédagogique	104
3.2.10	Interface d'ajout d'une session d'apprentissage	105
3.2.11	Interface du choix du mode d'évaluation au début de l'apprentissage	106
3.2.12	Interface du bloc des statistiques	107
3.2.13	Interface du bloc Objectif Pédagogique courant	108
3.2.14	Interface du bloc des ressources pédagogiques	108
3.2.15	Interface du bloc Activité Pédagogique courante	109
3.2.16	Interface du bloc Communication	110
3.2.17	Interface du bloc Mode d'évaluation	110
3.2.18	Les différents interfaces présentant l'état des différentes activités en fonction de l'état de connaissance d'un apprenant	111
3.2.19	Onglet des Statistiques de collaboration d'un apprenant	112
3.2.20	Onglet du Parcours d'apprentissage (scénario) réalisé par un apprenant	112
3.2.21	Onglet des activités résolues par ordre chronologique	113
3.2.22	Onglet des Traces d'apprentissage d'un apprenant	113
3.2.23	Interface du tuteur pour le suivi des apprenants dans un contexte multi-scénarios	114
3.2.24	Interface du tableau de bord individuel	116
4.1.1	Représentation des enseignants par département	127
4.1.2	Représentation des enseignants par tranche d'âges	127
4.1.3	Représentation des enseignants par ancienneté	127
4.1.4	Représentation de la structuration pédagogique des cours	128
4.1.5	Représentation des apprenants par filière	133
4.1.6	Représentation des apprenants par tranche d'âges	133
4.1.7	Représentation des apprenants par niveau d'études	133
4.2.1	Graphe de précedence des objectifs pédagogiques de l'Unité d'Enseignement Droit Constitutionnel 2	141
4.3.1	Graphe de précedence des objectifs d'apprentissage de l'unité d'enseignement d'Economie Politique Générale 1	150
4.3.2	Graphe modifié de précedence des objectifs d'apprentissage de l'unité d'enseignement d'Economie Politique Générale 1	151
4.3.3	Visualisation des 4 scénarios co-construits par les apprenants	155

4.3.4 Représentation des apprenants par scénario construit	156
4.3.5 Distance de Levenshtein entre les différents scénarios	156
4.3.6 Représentation d'apprenants et nombre de progressions par mode d'évaluation	157
4.3.7 Représentation du scénario de chaque apprenant par mode d'évaluation (Mode strict en vert ; Mode souple en orange)	157
B.1 Graphe de précédence des objectifs d'apprentissage de l'unité d'enseignement de Programmation en Langage C	198

Liste des tableaux

1.2.1 Correspondances les plus utilisées entre les types de scénarios d'apprentissage et de formation [Paquette, 2002, p. 444]	23
2.1.1 Décomposition de l'unité d'enseignement de la Programmation en Langage C en 4 unités d'apprentissage	51
2.1.2 Objectifs d'apprentissage des 2 premières unités d'apprentissage du cours de Programmation en Langage C (Tableau 2.1.1)	54
2.1.3 Indexation d'activités d'apprentissage par les objectifs d'apprentissage de l'unité N° 2 de l'exemple du Tableau 2.1.2	56
2.1.4 Tableau des cardinalités de la structure de connaissance en fonction du nombre d'unités d'apprentissage	58
2.1.5 Nom simplifié des états de connaissance de la structure de connaissance de la Figure 2.1.5	64
2.1.6 Tableau de liens (franges internes et externes) entre les états de connaissance de la Figure 2.1.5	65
2.2.1 Tableau des suggestions pour garantir la progression et anticiper l'échec	79
3.1.1 Caractéristiques techniques des plates-formes d'apprentissage en ligne sélectionnées	89
3.1.2 Statistiques de la plate-forme Moodle (sources : https://moodle.net/stats/ , https://moodle.org/plugins/ et https://docs.moodle.org/3x/fr/Paquetages_de_langue consultées le 25/02/2019)	90
3.2.1 Structuration de l'apprentissage dans le modèle pédagogique initial	95
4.2.1 Les objectifs d'apprentissage de l'Unité d'Enseignement de Droit Constitutionnel 2	142
4.3.1 Les objectifs d'apprentissage de l'unité d'enseignement d'Economie Politique Générale 1	149
A.1 Objectifs d'apprentissage de l'unité d'enseignement de Programmation en Langage C	195

Première partie

Introduction : contexte, problématique et état de l'art

Chapitre 1.1

Contexte et problématique

1.1.1 Contexte

1.1.1.1 Apprendre : besoin constant, défi et droit

La société étant en perpétuelle évolution, certains métiers disparaissent pour laisser place à d'autres qui répondent mieux aux besoins actuels. Des qualifications acquises peuvent donc s'avérer aujourd'hui obsolètes voire inutiles si les connaissances ne sont pas mises à jour ou si de nouvelles n'ont pas été acquises. Par exemple dans le secteur de l'automobile, l'abandon de l'acier pour la confection de la carrosserie des véhicules rend progressivement inutile les carrossiers. Il en est de même pour les mécaniciens dont les qualifications sont obsolètes vu que les véhicules sont de plus en plus dotés de composants électroniques et non mécaniques comme dans le passé. Avec l'afflux des automobiles électriques, on imagine déjà que les constructeurs de moteurs auront des qualifications obsolètes. Il se pose donc un problème de formation tout au long de la vie. Cette formation doit être fonction des orientations professionnelles que l'on se fixe même si on constate que l'emploi ne suit pas forcément une logique de formation et que le choix des formations n'est pas forcément l'aboutissement d'un projet bien conçu [Aubret and Demouge, 2007]. Face au rythme accéléré de l'évolution de la société, le besoin d'apprendre est plus fort qu'avant, rendant omniprésente dans notre quotidien, la quête du savoir.

L'acquisition du savoir est faite souvent par des moyens peu structurés lors des discussions, des lectures (magazines, journaux, livres, fiches publicitaires, ...), des écoutes d'émissions radio-télévisées ou autres. Une quête du savoir organisée et structurée autour des programmes de formation ou d'apprentissage permet d'atteindre plus rapidement des objectifs. Cela est facilité par la mise en commun d'un ensemble de ressources humaines (équipe pédagogique), matérielles (locaux, documents, ordinateurs, simulateurs, ...) et immatérielles (procédures de travail) appropriées pour la formation ou l'apprentissage. Pour garantir l'apprentissage, il est nécessaire que les apprenants s'approprient les ressources mises à leur disposition. En effet, la qualité du savoir et de sa transmission est fonction de la performance des ressources matérielles, de l'efficacité de procédures mises en place, de la qualité des ressources pédagogiques et principalement de l'expertise des ressources humaines [Moisset et al., 2003]. Les critères garantissant la

qualité et la transmission du savoir bien que connus par les établissements de formation restent un défi dans leur maîtrise et articulation afin de fournir un environnement favorable à chaque apprenant.

Le droit à l'éducation pour tous exprimé dans la Déclaration mondiale sur l'éducation pour tous lors de la Conférence mondiale sur l'éducation pour tous tenue en 1990 à Jomtien en Thaïlande [Fordham, 1990] [Haggis, 1990] a ouvert beaucoup de possibilités et de challenges dans le domaine de l'éducation. Dans ce défi d'éducation (formation et apprentissage) pour tous, il est question de prendre en compte toutes les couches de la population dont d'une part ceux de la formation initiale et d'autre part, ceux de la formation tout au long de la vie.

En formation initiale, il existe des structures publiques et privées prenant en charge la scolarisation des élèves et étudiants. Bien que le processus d'éducation semble être maîtrisé en formation initiale, des difficultés apparaissent lorsqu'il s'agit des enfants ne pouvant pas suivre une scolarisation classique. Par exemple, des enfants handicapés [Gillig, 2007] [Direction générale de l'enseignement scolaire. France, 2009] [Égron, 2011], des enfants autistes ou présentant des troubles envahissants du développement [Direction générale de l'enseignement scolaire. France, 2009], des enfants issus des familles nomades, des enfants issus des milieux défavorisés ou aux conditions difficiles de scolarisation.

Des solutions en fonction du contexte des enfants existent. Par exemple, pour les enfants appartenant aux familles de Roms et des Gens du Voyage, un dispositif européen en faveur de leur scolarisation est mis en place en passant notamment par l'utilisation de l'enseignement à distance [Clanet dit Lamanit, 2007] pour pallier les déficits d'accès à l'éducation dus à leur mobilité constante. Les familles tsiganes optent pour des moyens surprenants et peu ordinaires en instaurant dans leurs camions (concept de "camions-école") une scolarisation de leurs enfants [Bruggeman, 2003, Bruggeman, 2008].

En formation tout au long de la vie et plus précisément chez les adultes, le problème se pose avec beaucoup plus d'acuité car il faut adapter leur formation/apprentissage à leur contexte socio-professionnel. Cette formation à buts variés est assurée d'une part, par les syndicats de façon ponctuelle ou épisodique pour sensibiliser leurs adhérents sur leurs droits et devoirs [Ethuin and Yon, 2010] [Programme commun des Nations Unies, 2006] et ; d'autre part, par les employeurs pour garantir l'adaptabilité et l'employabilité face aux évolutions technologiques et organisationnelles [Monville and Léonard, 2008]. La formation tout au long de la vie nécessite donc un dispositif approprié pour prendre en charge les contraintes géographiques, temporelles, sociales, professionnelles des apprenants. Il est donc question de trouver le dispositif de formation adapté pour la formation tout au long de la vie.

Les types de formation vont du modèle classique avec une forte régulation par les enseignants à une auto-formation intégrale où l'apprenant s'organise lui-même pour atteindre ses objectifs dans un environnement peu contraignant en temps et en espace. Cette auto-formation est de plus en plus prise en charge par les MOOC

(Massive Open Online Courses) où les apprenants disposent d'une autonomie d'apprentissage, des projets et objectifs différents [Nagels and Carré, 2016]. De ce fait, une formation classique avec un contrôle externe fort et un auto-contrôle faible n'est pas adaptée à une formation tout au long de la vie puisque les formés doivent continuer à exercer leurs activités quotidiennes. Par ailleurs, une auto-formation intégrale avec un contrôle externe faible et un auto-contrôle très fort pose d'une part un problème de suivi de l'apprenant dû à son isolement et d'autre part, un risque élevé d'abandon difficilement remédiable en cas de défaillance du dispositif d'auto-formation (automate d'apprentissage ou de formation). De plus, la plupart des apprenants ne maîtrisent pas les processus de l'apprentissage auto-régulé qui nécessite d'une part l'usage des stratégies cognitives, motivationnelles, métacognitives et d'autre part la capacité chez l'apprenant de réfléchir a posteriori sur l'efficacité des stratégies utilisées pour l'atteinte des résultats attendus [Zimmerman, 1990]. Les MOOC ne sont donc pas forcément la solution idéale pour tous les publics [Rai and Chunrao, 2016].

Dans la pratique, pour atténuer l'effet d'isolement des apprenants et anticiper leur risque d'abandon, les systèmes éducatifs ont une préférence pour les dispositifs de formation (auto-formation) assistés dans lequel les apprenants bénéficient des outils, des documents, des orientations de travail et de l'encadrement des spécialistes pour atteindre leurs objectifs d'apprentissage [Caraguel, 2013]. L'assistance dans le dispositif de formation est assurée par des personnes ressources et médiatisée par les différents outils mis à la disposition des différents acteurs. Les personnes ressources sont constituées principalement par l'équipe pédagogique composée des enseignants concepteurs de cours et des tuteurs dont l'objectif principal est d'orienter les apprenants dans leur quête du savoir [Glikman, 2011]. Pour accompagner ces personnes ressources, le dispositif de formation est appuyé par une équipe technique composée des ingénieurs pédagogiques, des ingénieurs informaticiens, et tout autre personnel technique nécessaire pour assurer la convivialité, l'adaptation et la maintenance du dispositif ainsi que pour apporter un soutien technique aux apprenants et aux équipes pédagogiques.

Les caractéristiques de l'apprentissage en terme de besoin constant, défi et droit que nous avons fait mention ci-dessus concernent un contexte général. Nous précisons ci-dessous le contexte de notre travail en nous révélant des aspects spécifique au continent africain.

1.1.1.2 Challenges de l'éducation en Afrique

D'après le recueil des données mondiales sur l'éducation publié par l'Institut de Statistique de l'UNESCO¹, l'Afrique subsaharienne a connu une augmentation de son taux de scolarisation [Institut de statistique de l'Unesco, 2011]. Constatant des abandons dans l'éducation en Afrique subsaharienne, la compréhension de cet abandon de scolarisation est présentée en comparant des données du taux de scolarisation dans le monde, en Afrique et en Afrique subsaharienne. Cette comparaison s'appuie sur deux notions de taux de scolarisation dont l'un brut (TBS : Taux Brut de Scolarisation) et l'autre net (TNS : Taux Net de Scolarisation). Le rapport définit le TBS comme le nombre d'élèves

1. <https://fr.unesco.org/>

ou étudiants scolarisés dans un niveau d'enseignement donné, quel que soit leur âge, exprimé en pourcentage de la population de la tranche d'âge théorique qui correspond à ce niveau d'enseignement. Il définit également le TNS, qui représente le nombre d'élèves ou étudiants de la tranche d'âge correspondant théoriquement à un niveau d'enseignement donné, exprimé en pourcentage de la population totale de cette tranche d'âge [Institut de statistique de l'Unesco, 2011]. Les figures (1.1.1 et 1.1.2) dont les données proviennent du Centre des données de l'Institut de Statistique de l'UNESCO² montrent qu'en 2012, des efforts sont faits dans l'enseignement primaire au point que le TBS mondial ne dépasse celui de l'Afrique Subsaharienne que de 8 points et le TNS que de 13 points. Ces résultats remarquables dans l'enseignement primaire masquent beaucoup d'imperfections dans le système scolaire :

Premièrement Au niveau du primaire, la différence entre le TBS et le TNS est de l'ordre de 24 points, montrant un nombre conséquent d'élèves prédisposés à abandonner leur scolarisation en cas de difficultés pédagogiques (frustration par leur âge avancé par rapport à leur niveau d'études), matérielles, financières (priorité aux plus jeunes) ou sociales (en cas d'invalidité, maladie ou décès des parents, les plus âgés prennent la direction de la famille).

Deuxièmement La différence du TBS entre le primaire et le secondaire est de l'ordre de 58 points montrant un le taux brut de transition entre le primaire et le secondaire faible de l'ordre de 41 points.

Troisièmement Dans l'enseignement secondaire, la différence de taux mondial avec l'Afrique Subsaharienne est de plus de 31 points, qu'il s'agisse du TBS ou du TNS montrant un écart considérable avec le niveau mondial.

En conclusion, ces différents points montrent qu'un nombre important d'apprenants n'appartient pas à la tranche d'âges correspondant à leur niveau d'études et par conséquent, sont davantage prédisposés à abandonner leur scolarisation.

Bien que l'éducation connaisse un progrès considérable en Afrique en général et au Maghreb en particulier [Akkari, 2009], beaucoup reste encore à faire en Afrique face aux logiques sociales [Gérard, 1999]. Les apprenants sont souvent frustrés par leur âge avancé par rapport à leur niveau d'études. Les faiblesses de la scolarisation sont également dues aux logiques sociétales relatives aux disparités entre les sexes lors de l'accès à l'éducation et surtout pour l'achèvement des études. Ce risque élevé d'abandon est également justifié par des difficultés matérielles et financières : l'accès non gratuit pour le cycle secondaire, le faible ratio enseignant-élève, l'insuffisance d'infrastructure de formation, la pauvreté. A ces difficultés, vient s'associer le problème omniprésent de santé en Afrique surtout chez ceux (parents ou enfants) souffrant de maladies chroniques (paludisme, VIH/SIDA³, ...) ou victimes de l'émergence de certaines épidémies comme Ebola [Baize et al., 2014]. Les conséquences de telles maladies sont catastrophiques pour l'éducation des enfants car ces derniers (surtout les filles) doivent s'occuper des parents malades au détriment

2. <http://data.uis.unesco.org/>

3. Impact du VIH/SIDA sur l'éducation et la pauvreté <http://unchronicle.un.org/fr/article/impact-du-vihsida-sur-l-ducation-et-la-pauvret/>

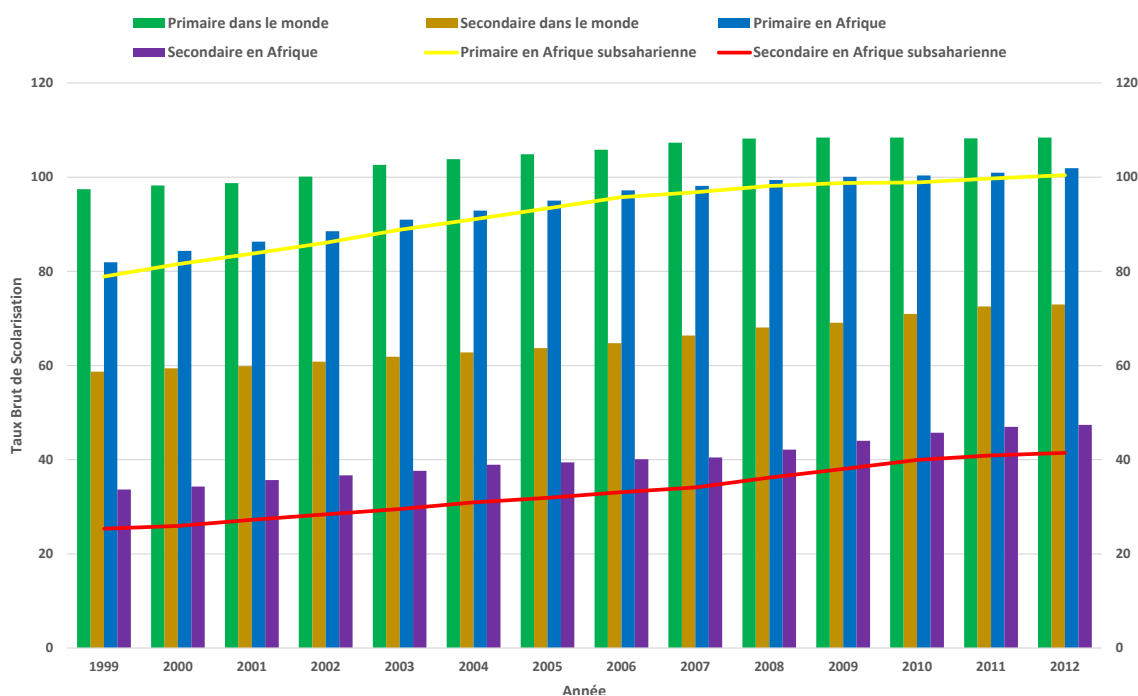


Figure 1.1.1 – Evolution du Taux Brut de Scolarisation dans le Monde, en Afrique et Afrique Subsaharienne (source des données : <http://data.uis.unesco.org/>)

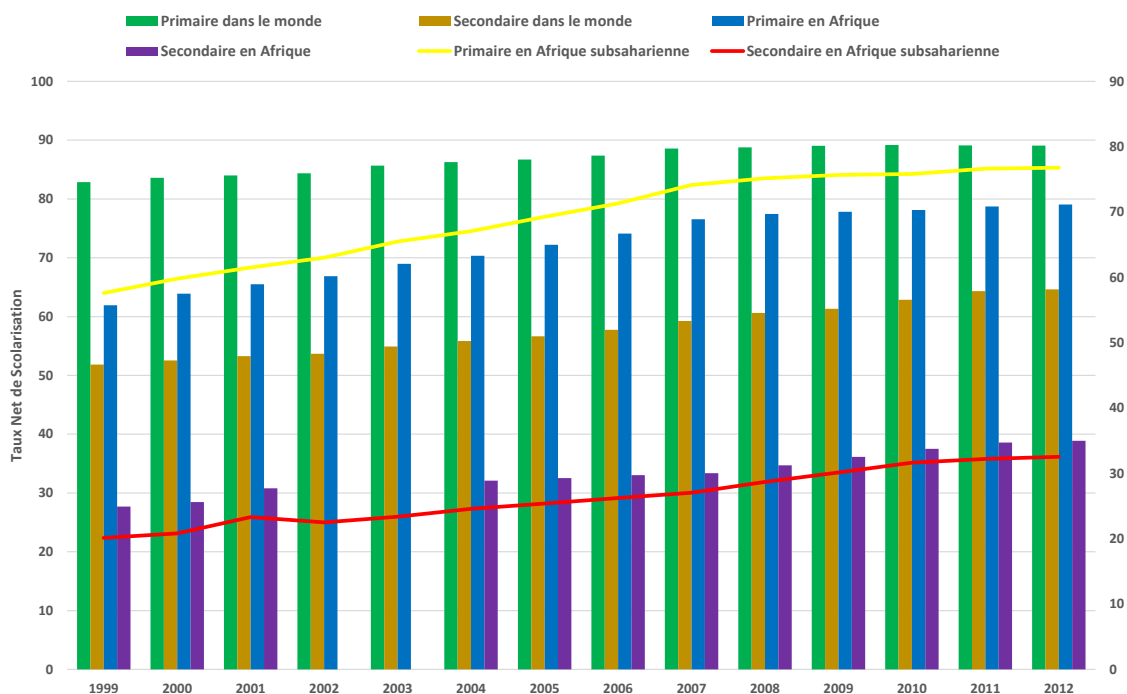


Figure 1.1.2 – Evolution du Taux Net de Scolarisation dans le Monde, en Afrique et Afrique Subsaharienne (source des données : <http://data.uis.unesco.org/>)

de leur éducation [Garcia et al., 2011]. En cas de difficultés financières, les enfants plus âgés et/ou ceux ne progressant pas normalement à l'école sont déscolarisés pour subvenir ou contribuer à l'épanouissement de la famille. Ceux vivant en zone urbaine font généralement des formations professionnelles sur le tas pour avoir un métier dans le secteur tertiaire. Ceux vivant en zone rurale s'attellent aux travaux champêtres ou pastoraux.

1.1.1.3 Difficultés dans l'enseignement supérieur en Afrique

La gratuité de l'enseignement primaire et l'amélioration des conditions d'études dans l'enseignement secondaire par les gouvernements en Afrique Subsaharienne permettent d'avoir de plus en plus d'étudiants dans l'enseignement supérieur [Gay et al., 2014] [Kamdem and Schamp, 2014]. Malgré la création de nouvelles universités pour accueillir ce flux d'étudiants, les salles pédagogiques (amphithéâtres, salles de travaux dirigés et pratiques, ...) restent encore largement surchargées [Mohamedbhai, 2014]. Le budget alloué à l'enseignement supérieur peine à suivre sa massification par les étudiants. Les ressources humaines ne sont pas en reste avec notamment les enseignants et chercheurs dont l'effectif ne garantit pas un encadrement adéquat face à cette massification.

Pour répondre à cette forte demande de formation, les institutions d'enseignement supérieur, les états et les partenaires internationaux en Afrique optent pour les dispositifs de Formation A Distance [Dogbe-Semanou, 2010]. Au niveau étatique, cela se traduit par la création des universités virtuelles et numériques telles que l'Université Virtuelle Nationale du Cameroun⁴, l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire⁵, l'Université Virtuelle du Sénégal⁶, l'Université Virtuelle de Tunis⁷, l'Université nationale d'apprentissage en ligne d'Egypte⁸, etc. Au niveau international, nous notons l'Université Virtuelle Africaine⁹ et les Formations Ouvertes et A Distance¹⁰ soutenues par l'Agence Universitaire de la Francophonie [Agence Universitaire de la Francophonie and Loiret, 2013]. Les dispositifs de FAD (Formation A Distance) offrent aux usagers (apprenants et équipes pédagogiques) un cadre de travail collaboratif en général centré sur l'apprenant. Le but de ces dispositifs est de mettre l'apprenant au cœur du système pour prendre en compte toutes ses préoccupations et lui permettre d'atteindre des objectifs fixés. Malgré l'engouement des apprenants et la volonté des pouvoirs publics à leur offrir un environnement propice d'apprentissage, force est de constater que le taux d'abandon dans les FAD est important allant parfois jusqu'à 80% [Bourdages, 1996] [Dogbe-Semanou, 2010] [Elliot et al., 2005]. Plusieurs acteurs évoquent les facteurs ou variables influençant le taux d'abandon (encore appelé taux de non-persistance ou taux de non-achèvement ou taux d'attrition par différents auteurs) qui sont regroupés en cinq catégories par [Bourdages, 1996] [Bourdages and Delmotte, 2007] :

-
4. <http://www.coursenligne-uy1.uninet.cm/>
 5. <http://www.uvci.edu.ci/>
 6. <http://www.uvs.sn/>
 7. <http://www.uvt.rnu.tn/>
 8. <http://www.eelu.edu.eg/>
 9. <http://www.avu.org/>
 10. <http://www.foad-mooc.auf.org/>

- **Les variables démographiques** composées de l'âge, du sexe, de l'ethnicité et du statut marital
- **Les variables environnementales** composées de la famille, des contraintes de vie privée, de l'emploi et des changements dans la vie (circonstances de la vie telles que la maladie, le changement d'emploi, le divorce, ...)
- **Les caractéristiques des étudiants** composées du style d'apprentissage, des antécédents scolaires, du niveau socio-économique, de la motivation, de l'engagement, de la perception des cours et programmes. Le terme "**caractéristiques de prédisposition**" est aussi employé par [Powell et al., 1990] qu'il définit comme des attributs de l'étudiant à son entrée dans un programme tels que les antécédents scolaires, le statut socio-économique et démographique, et les qualités motivationnelles et de persistance.
- **Les variables institutionnelles** composées des caractéristiques de la formation à distance, des services administratifs, des retours des travaux, des rôles des tuteurs, de la qualité des cours et des matériels pédagogiques
- **Les variables d'intégration académique et sociale** regroupant les interactions entre les membres de l'institution, les tuteurs et les pairs et les interactions entre les variables institutionnelles et les caractéristiques des étudiants.

En vu de réduire le taux d'abandon, [Ahmed and El, 2016] a identifié et hiérarchisé plusieurs causes d'abandon et facteurs d'échecs des apprenants (figure 1.1.3(a)). Il a également proposé un ensemble hiérarchique de solutions comme des objectifs à réaliser pour minimiser le taux d'abandon (figure 1.1.3(b)).

La motivation est un élément crucial pour la réussite d'études supérieures. Ainsi, après une analyse motivationnelle de l'abandon des études à l'Université du Québec à Montréal, [Vallerand and Senécal, 1992] affirment que "*les étudiants qui abandonnent l'école ont un niveau très faible de motivation intrinsèque et extrinsèque identifiée, ainsi qu'un niveau élevé (...) d'amotivation*". Bien que cette étude soit faite dans les études de façon générale, nous pensons que l'ensemble des FAD sont également concernées. L'amotivation est l'absence de toute forme de motivation intrinsèque ou extrinsèque où l'apprenant amotivé ne perçoit pas de relation entre ses actions et les résultats obtenus [Vallerand and Senécal, 1992]. Puisque la motivation est variable au fil du temps, il faut développer des stratégies de motivation des apprenants pour leur permettre de poursuivre leur formation/apprentissage. Cette motivation doit être entretenue tout au long de la formation d'une part par l'apprenant et d'autre part, par le dispositif pédagogique supportant la formation.

En conclusion, le contexte de notre travail présente plusieurs catégories de personnes souhaitant se former dans des conditions diverses. Cette diversité de conditions rend difficile la maîtrise de l'apprentissage. Cela se traduit par un fort taux d'abandon de l'apprentissage quand les conditions d'apprentissage ne sont pas adaptées aux apprenants. Or il paraît difficile de disposer un système d'apprentissage pouvant s'adapter à toutes

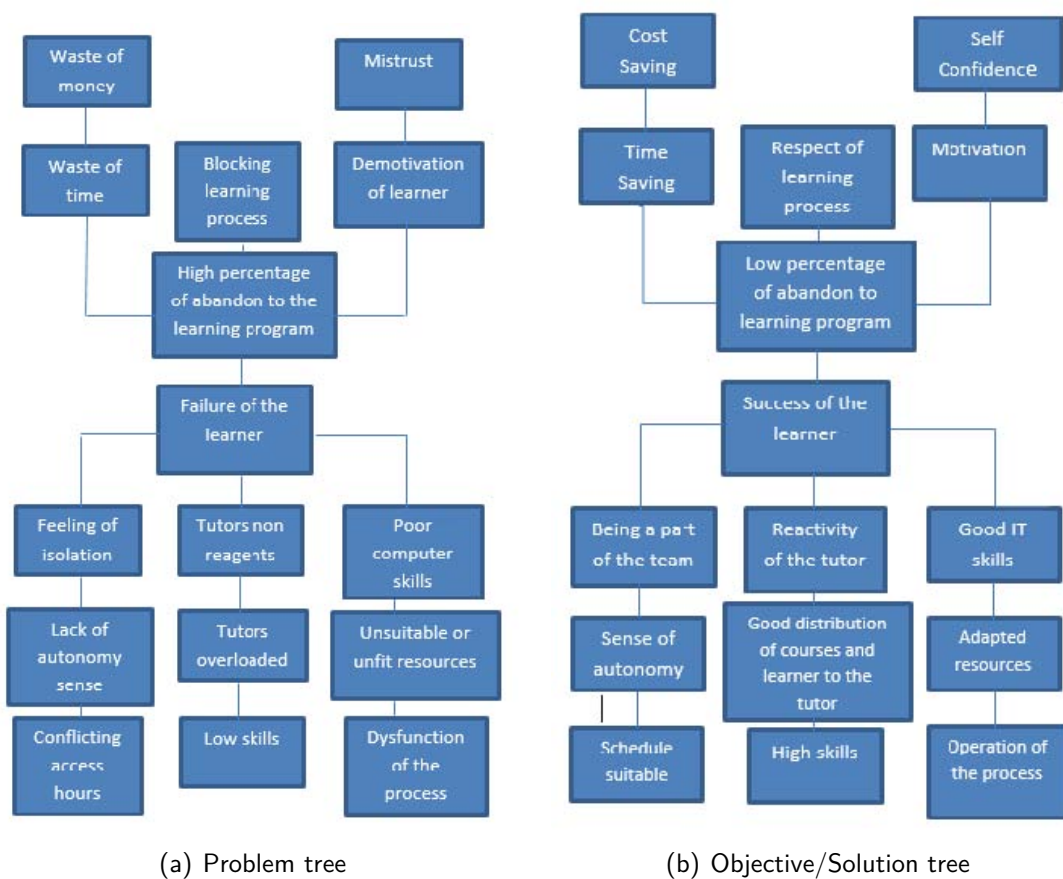


Figure 1.1.3 – Représentation (sous forme d'arbre) des causes d'abandon et leur solution comme objectifs à réaliser pour minimiser le taux d'abandon (source : [Ahmed and El, 2016])

les spécificités des apprenants. Pour apporter une solution à la réduction du taux d'abandon, nous nous focaliserons sur l'accompagnement de l'apprentissage où nous mettrons l'accent sur les stratégies de motivation constante de chaque apprenant en lui offrant un environnement personnalisé et adaptable à ses contraintes socio-professionnelles, spatio-temporelles, cognitives, méta-cognitives, . . . La stratégie d'accompagnement des apprenants devra permettre de susciter graduellement leur réactivité pour les rendre pro-actifs. Des stratégies doivent également être développées du côté de l'équipe pédagogique pour leur permettre de jouer pleinement leur rôle dans l'accompagnement des apprenants en réduisant par exemple leur délai de réactivité.

1.1.2 Positionnement : accompagnement de l'apprentissage

Pour accompagner l'apprentissage en vue de réduire le taux d'abandon, le contexte spécifique de notre travail révèle deux problèmes particuliers identifiés dans la hiérarchie des causes de [Ahmed and El, 2016] à la Figure 1.1.3(a). Ce sont des problèmes à fort impact sur le rendement pédagogique des apprenants et relevant de la compétence des équipes pédagogiques :

- le blocage du processus d'apprentissage ;
- la non-réactivité des tuteurs.

Les solutions (Figure 1.1.3(b)) des problèmes identifiés (Figure 1.1.3(a)) ne sont en fait que des objectifs à réaliser. Notre contribution consistera à apporter des solutions aux objectifs visés pour minimiser le taux d'abandon. Notre stratégie d'accompagnement de l'apprentissage intégrera aussi les enseignants lors des productions pédagogiques. Bien que la motivation soit un élément important dans la réussite d'un apprenant ([Vallerand and Senécal, 1992]), nous faisons le choix dans cette thèse de nous concentrer pour le moment seulement sur des éléments que nous pouvons quantifier par le biais des données collectées (temps d'apprentissage, temps de réalisation des activités, score obtenu aux activités, nombre de requêtes posées ou répondues, nombre d'objectifs pédagogiques atteints ou de compétences acquises, etc.).

1.1.2.1 Difficultés à accompagner

Les travaux de [Maela, 2004] montrent que l'accompagnement est une prolifération de pratiques contenant le counseling (orientation et relation d'aide), coaching (idée d'entraînement), sponsoring (soutien matériel), mentorat (solidarité transgénérationnelle) coexistant avec les termes tutorat, conseil, parrainage ou compagnonnage. Cette nébuleuse de pratiques pousse l'auteur à affirmer qu'"on peut conseiller, orienter, aider, former. . . sans pour autant accompagner car la notion d'accompagnement ne peut servir de concept à elle seule". De ce fait, l'accompagnement est une chose difficile à cerner et par conséquent difficile à pratiquer ou à offrir.

1.1.2.2 Définition du terme accompagnement

Définition

Nous définissons par accompagnement dans un dispositif de FAD, **toute action mise en œuvre pour faciliter/susciter (propriété cognitive) et comprendre (propriété métacognitive) l'apprentissage/formation des acteurs afin de le personnaliser et l'adapter progressivement aux spécificités évolutives de chaque acteur.** Le dispositif de FAD qui nous intéresse dans le cadre de cette thèse est celui de la formation en ligne (via internet ou un intranet) médiatisée par les outils de Technologies de l'Information et de la Communication (TIC).

Le dispositif contient donc un ensemble de concepts pédagogiques, de ressources (humaines, matérielles, numériques, procédurales, ...), de modalités pédagogiques et de plates-forme(s) technologique(s). Nous avons donc face à nous un éventail de possibilités pour agir sur l'accompagnement de l'apprentissage, d'où une nécessité d'identifier des problèmes ou des pistes d'améliorations sur des éléments précis sur lesquels nous pensons pouvoir apporter une contribution.

1.1.3 Problématiques et questions de recherche

Ce travail se situe dans le domaine de la personnalisation et l'adaptation de l'apprentissage supporté par la technologie pour rendre plus efficace le processus d'acquisition des connaissances. De nombreuses recherches ont été menées dans ce sens, et il s'agit d'un champ de recherche encore très actif. Parmi les travaux menés, certains mettent l'accent sur la modélisation de l'apprenant [Greer and McCalla, 2013], les systèmes de tuteurs intelligents [Psotka et al., 1988] [Ma et al., 2014], l'analyse des traces d'apprentissage [Carron et al., 2006] ou encore l'adaptation des scénarios pédagogiques en fonction du profil des apprenants [Lefevre et al., 2009] parfois selon différents aspects [Monterrat et al., 2017].

Le scénario pédagogique est la description d'une séquence d'apprentissage, ses objectifs pédagogiques et les moyens à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs. Le scénario pédagogique est un élément déterminant dans l'apprentissage car il est le vecteur directeur de l'apprentissage [Mbatchou, 2016]. Dans un contexte de formation tout au long de la vie ou même initiale, il est difficile voire impossible de concevoir pour chaque apprenant un scénario. Certains auteurs se basent sur les profils des apprenants pour réduire le nombre de possibilités. Pour déterminer les profils des apprenants, il faut disposer d'une masse critique de traces pour prendre des décisions conséquentes. Pour les profils détectés, le système peut nécessiter une réingénierie ou un affinage de certains paramètres pour sa prise en compte. Or dans le contexte de notre travail, nous optons de ne pas faire de profils à priori car d'une part, nous ne disposons des traces et d'autre part, la réingénierie pédagogique au préalable pour certains profils est long et coûteux à mettre en place. De plus, le tout n'est pas de disposer des profils et des scénarios, mais il faut que les enseignants sachent comment les associer. Notre première problématique

porte sur l'accompagnement de l'enseignant dans la conception d'un cours à plusieurs scénarios .

Problématique 1 : Accompagnement de l'enseignant dans la conception du cours

Problématique 1

La première problématique consiste à définir des modèles et outils technologiques de conception de plusieurs scénarios (pour un même cours) pour s'adapter aux particularités des apprenants sans toutefois connaître à l'avance leur profil.

Nous reprenons la décomposition d'un scénario pédagogique en (1) un scénario d'apprentissage lié à l'apprenant et (2) un scénario d'encadrement (pour l'enseignant) qui doivent être structurés, cohérents et conjugués pour conduire l'apprentissage [Quintin et al., 2005]. Dans le cadre de cette thèse, nous nous intéressons uniquement au scénario d'apprentissage qui est la description des activités d'apprentissage proposées, leur articulation dans la séquence de formation ainsi que les productions attendues des apprenants [Paquette, 2002]. Bien que ce scénario soit à destination des apprenants, sa conception est réservée à l'enseignant.

Cette problématique se décline en trois questions de recherche dont la première porte sur la possibilité à concevoir un tel modèle.

Question de recherche N° 1 (QR1)

Peut-on concevoir un modèle permettant aux enseignants de produire plusieurs scénarios d'apprentissage qui s'adapteront aux spécificités de chaque apprenant ?

En supposant que nous y arrivions, une question est de savoir si les enseignants l'accepteront et l'utiliseront.

Question de recherche N° 2 (QR2)

Les enseignants sont-ils disposés à accepter et utiliser un tel modèle ?

Dans l'espoir que le modèle soit accepté par les enseignants, il nous faut concevoir un système présentant les outils nécessaires à l'utilisation du modèle. Cela suscite une nouvelle question sur la convivialité des outils développés pour garantir leur utilisabilité.

Question de recherche N° 3 (QR3)

Les outils développés sont-ils facilement utilisables par les enseignants ?

Dans le contexte de notre travail, l'enseignant est assisté dans sa tâche par une équipe de tuteurs qui sont des personnes expertes du domaine, dont le rôle est de suivre les apprenants en ligne pour leur permettre d'atteindre leurs objectifs d'apprentissage. Il

est également essentiel d'accompagner les tuteurs dans l'environnement d'apprentissage multi-scénarios.

Problématique 2 : Accompagnement du tuteur dans le suivi des apprenants dans un environnement multi-scénarios

Problématique 2

La seconde problématique porte sur des outils technologiques permettant à un tuteur de suivre plusieurs apprenants dans un environnement d'apprentissage multi-scénarios.

Cette problématique se décline en la question de recherche suivante :

Question de recherche N° 4 (QR4)

Est-il possible de suivre efficacement plusieurs apprenants sachant qu'ils peuvent avoir des scénarios différents ?

Puisque l'accompagnement de l'équipe pédagogique est essentiel pour la conception multi-scénarios d'un cours et le suivi des apprenants ; il serait aussi important d'accompagner les apprenants dans leur apprentissage dans un environnement d'apprentissage multi-scénarios.

Problématique 3 : Accompagnement de l'apprenant lors de l'apprentissage

L'apprentissage est un processus mettant en jeu plusieurs composantes dont le savoir, l'apprenant et l'enseignant comme le stipule le triangle pédagogique [Friesen and Osguthorpe, 2018]. La prise en compte de la composante sociale complexifie ce processus avec la notion de groupe d'apprenants [Ruthven, 2012]. L'enseignant produit un cours basé sur le savoir avec des objectifs bien déterminés. Le cours est organisé sous forme de scénario qui est le vecteur directeur de l'enseignement et de l'apprentissage. Ce scénario standard, tel qu'envisagé par l'enseignant, se révèle inapproprié pour certains apprenants car l'apprentissage dépend aussi des caractéristiques personnelles (rythme de travail, styles cognitifs, facteurs affectifs, connaissances antérieures, ...) de chacun d'eux. Pour améliorer le processus d'apprentissage, il faut donc idéalement que chaque apprenant puisse disposer d'un scénario personnalisé. Durant l'apprentissage, certaines caractéristiques de l'apprenant peuvent changer, rendant inapproprié le scénario initialement défini. Il serait difficile pour l'enseignant de détecter le changement des caractéristiques de l'apprenant afin de lui proposer un nouveau scénario adapté.

Il se pose donc un problème de détection en temps réel du changement de profil de l'apprenant et de la réattribution à celui-ci d'un scénario approprié. Nous faisons l'hypothèse qu'à défaut pour un apprenant d'être forcément capable de choisir le scénario le plus adapté pour lui, il est tout de même bénéfique de lui donner le

choix car cela l'implique en le rendant davantage acteur de sa formation que lorsque s'enchaînent des connaissances de manière linéaire et prédéfinie par l'enseignant. En effet, le choix de sous-buts d'apprentissage par l'apprenant se rattache aux principes d'auto ou de co-régulation de l'apprentissage, et permet souvent un apprentissage plus profond [Harley et al., 2018]. Cette approche force l'apprenant à prendre des décisions et éventuellement à les réévaluer s'il se rend compte qu'il a été trop ambitieux, soit dans son niveau d'exigence par rapport à une activité, soit dans son choix d'une activité pour laquelle il ne maîtrise pas encore l'ensemble des compétences requises.

Problématique 3

La troisième problématique porte sur la co-construction du scénario par l'apprenant durant l'apprentissage pour rendre plus efficace le processus d'apprentissage ou d'acquisition des connaissances.

La co-construction résulte du fait que la décision de construire le scénario dépend également de l'apprenant dans le respect des contraintes imposées par l'enseignant pour éviter que l'apprenant fasse des choix illogiques ; par exemple, vouloir acquérir une compétence sans en posséder les prérequis nécessaires. Cette problématique se décline en trois questions de recherche dont la première porte sur la capacité à mettre en place un tel modèle.

Question de recherche N° 5 (QR5)

Peut-on mettre en place un modèle permettant à chaque apprenant de co-construire son scénario durant l'apprentissage ?

La mise en place d'un tel modèle pose la question de sa compréhension et acceptabilité par les apprenants.

Question de recherche N° 6 (QR6)

Un tel modèle est-il compréhensible et acceptable par les apprenants ?

En espérant que le modèle soit accepté et que le système soit conçu, on se demande si les apprenants utiliseront les possibilités d'un telle leur offre.

Question de recherche N° 7 (QR7)

Comment les apprenants utilisent-ils les possibilités de co-construction mises à leur disposition ?

Notre contribution consiste à mettre à la disposition des apprenants des outils conceptuels et technologiques pour co-construire leur scénario d'apprentissage dans un contexte d'apprentissage imposé par l'enseignant et supporté par la technologie.

Dans cette thèse, nous portons notre modèle d'accompagnement sur trois acteurs (enseignant, apprenant et tuteur) dont les actions sont déterminantes pour la réussite du

processus d'apprentissage. L'objectif d'accompagnement de ces différents acteurs nous a permis de poser trois problématiques les concernant et que notre modèle d'accompagnement souhaite prendre en charge.

1.1.4 Plan de la thèse

Cette thèse est structurée en quatre parties.

La première partie présente le contexte, les problématiques et l'état de l'art de notre travail. Elle est composée de deux chapitres dont le premier décrit le contexte de ce travail relatant les challenges et difficultés de l'éducation en Afrique subsaharienne. Pour apporter une solution aux difficultés présentées, nous avons choisi de nous focaliser sur l'accompagnement des trois acteurs principaux (l'enseignant concepteur du cours, l'apprenant et le tuteur chargé de faciliter l'apprentissage) impactant la réussite du processus d'apprentissage. Nous clôturons le chapitre en posant nos trois problématiques qui se déclinent en sept questions de recherche. Ces différentes questions constitueront le fil conducteur de nos idées dans le cadre de ce travail doctoral. Le second chapitre présente l'état de l'art des méthodes et outils de personnalisation et adaptation de l'apprentissage. Le focus est fait sur les méthodes basées sur les scénarios pédagogiques.

La seconde partie présente les modèles que nous avons conçus en fonction de nos questions de recherche. Elle se décline en deux chapitres.

Le premier chapitre présente le modèle multi-scénario de l'apprentissage permettant d'aborder la question de recherche QR1. Ce chapitre présente des outils conceptuels et technologiques utiles à l'enseignant pour la conception d'un cours multi-scénarios indépendamment du profil des apprenants.

Le second chapitre présente un modèle de co-construction du scénario par l'apprenant durant son apprentissage en respectant les contraintes formulées par l'enseignant. Ce chapitre nous permet d'aborder la question QR5 et d'y apporter des solutions pour l'apprenant.

La troisième partie s'intéresse aux outils technologiques permettant de produire un système basé sur les modèles conçus à la première partie. Cette partie est composée de deux chapitres.

Le chapitre 1 présente les besoins d'implémentation de nos modèles, quelques plateformes d'apprentissage en ligne et l'étude du choix de la plateforme à utiliser.

Le chapitre 2 présente :

- Une vue générale du nouveau système.
- Les outils de conception des scénarios pédagogiques pris en charge par la question QR3.
- Les outils de co-construction du scénario conçus pour l'apprenant. Cette présentation des outils aborde la question QR6 concernant leur convivialité.

- Les outils du tuteur pour le suivi pédagogique des apprenants dans un environnement multi-scénarios. Cette partie traite la QR4 portant sur l'efficacité du tuteur à suivre plusieurs apprenants.

La quatrième partie présente en deux chapitres les expérimentations faites. Le chapitre 1 présente l'expérimentation faite avec les enseignants lors de la conception de leur cours avec les outils développés. Ce chapitre aborde les questions QR2 et QR3. Le chapitre 2 décrit l'expérimentation faite avec les apprenants dans un environnement d'apprentissage multi-scénarios. Ce chapitre nous permet d'étudier les questions QR6 et QR7.

En conclusion, nous présentons un bilan de nos travaux de thèse, rappelons les principaux résultats obtenus en répondant aux questions de recherche posées, et discutons des perspectives possibles de notre travail.

Chapitre 1.2

État de l'art

1.2.1 Conception d'un cours

La conception d'un cours repose sur le scénario pédagogique défini. Cette notion de scénario est inspirée de l'écriture cinématographique [Pelletier, 1991]. Elle se retrouve utilisée différemment par des communautés. Nous présentons dans la section ci-dessous les différentes définitions du scénario d'une part de la communauté des praticiens et d'autre part de la communauté de certains chercheurs en éducation (ingénierie de formation, ingénierie pédagogique et conception des EIAH). Nous nous intéresserons ensuite à la conception des scénarios pédagogiques et enfin au concept de personnalisation des apprentissages et à la manière dont différents systèmes l'ont implémenté.

1.2.1.1 Définitions

Pour la communauté des praticiens, le scénario pédagogique est la description écrite, structurée et partageable de ce qu'un enseignant prévoit de faire ou a fait [Villiot-Leclercq, 2007]. Le but est de mettre à la disposition des apprenants des situations actives d'apprentissage à travers des intentions pédagogiques.

Dans la communauté de certains chercheurs en éducation, le concept de scénario est perçu de manières différentes selon les domaines.

Dans le domaine de l'ingénierie de formation, un scénario pédagogique est la partie du dispositif de formation qui décrit le déroulement des activités d'enseignement et d'apprentissage. Le dispositif met à la disposition du scénario des moyens logistiques et des ressources (techniques, humaines, administratives, etc.) pour sa mise en œuvre [Brassard and Daele, 2003]. Ainsi pour concevoir un scénario, il faut se poser la question "*De quels moyens et ressources disposent le dispositif pour la mise en œuvre du scénario ?*" en tenant compte du contexte institutionnel où est intégré le dispositif de formation. [Schneider and Paraskevi, 2005] définissent un scénario pédagogique comme une séquence orchestrée de phases/tâches/activités [...] dans laquelle les apprenants ont des tâches et des rôles spécifiques.

Dans le domaine de l'ingénierie pédagogique, un scénario pédagogique est un processus permettant au concepteur d'établir les liens entre les sources d'information et

les différents acteurs. Le concepteur prévoit les types de communication, les stratégies pédagogiques, les modes de collaboration entre les acteurs [Paquette et al., 2003]. Le scénario pédagogique consiste à décrire les activités propres à l'apprentissage et à l'assistance, les ressources requises pour réaliser les activités et les productions qui devraient en résulter [Paquette, 2002].

Dans le domaine des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH), les auteurs s'appuient sur les définitions du domaine de l'ingénierie pédagogique. En plus du caractère prédictif (a priori) du scénario, ils intègrent le caractère descriptif qui décrit a posteriori le déroulement effectif de l'apprentissage [Pernin and Lejeune, 2004b] [Quintin et al., 2005]. Cette description se base sur l'analyse des traces d'apprentissage [Carron et al., 2006] [Toussaint et al., 2015].

1.2.1.2 Finalité du scénario pédagogique

[Pernin and Lejeune, 2004a] énumèrent plusieurs finalités du scénario pédagogique en tenant compte de leurs caractères prédictif et descriptif :

1. **Rationaliser la conception** en assistant les concepteurs dans la définition des situations d'apprentissage et en leur fournissant des guides méthodologiques.
2. **Améliorer l'efficacité du déroulement des situations d'apprentissage** en permettant aux acteurs responsables de la mise en œuvre et du suivi du scénario de disposer d'un cadre explicite pour mieux orienter les apprenants vers les activités à réaliser.
3. **Responsabiliser les apprenants** en leur rendant explicites les objectifs de l'apprentissage et la structuration des activités qu'ils ont à accomplir.
4. **Rationaliser l'évaluation des apprenants** en disposant d'un moyen de mesurer les écarts entre l'activité effective d'un apprenant (ou groupe d'apprenants) et celle décrite au sein d'un scénario-type défini a priori.
5. **Procéder à une évaluation didactique des situations d'apprentissage** en utilisant les événements et traces pour inférer ou vérifier des hypothèses sur l'appropriation effective des connaissances.
6. **Aider à l'évaluation des apprenants** en analysant l'ensemble des traces collectées et en les comparant éventuellement avec un modèle idéal prédéfini.
7. **Contribuer à la constitution des profils** permettant d'individualiser l'apprentissage.

1.2.1.3 Décomposition du scénario pédagogique

Le scénario pédagogique est décomposé en général en **scénario d'apprentissage** (à destination des apprenants) et **scénario de formation** (pour l'équipe pédagogique chargée de suivre les apprenants) qui doivent être structurés, cohérents et conjugués pour conduire l'apprentissage [Quintin et al., 2005].

1.2.1.3.1 Scénario d'apprentissage

Le scénario d'apprentissage décrit les activités d'apprentissage qui sont proposées, leur articulation dans la séquence de formation ainsi que les productions qui sont attendues des apprenants [Paquette, 2002]. En considérant le caractère descriptif (a posteriori) d'un scénario, [Pernin and Lejeune, 2004b] le définissent comme une description effectuée en amont et en aval du déroulement d'une situation d'apprentissage visant l'appropriation d'un ensemble précis de connaissances, en précisant les rôles, les activités ainsi que les ressources de manipulation des connaissances, outils, services et résultats associés à la mise en œuvre des activités.

Il existe plusieurs types de scénario d'apprentissage :

- **Scénario d'apprentissage par construction** pour un apprentissage par résolution de problèmes tels qu'en langues [Sockett, 2011] ou en mathématiques [Fagnant and Vlassis, 2010]. En fait, la résolution des problèmes enclenche le processus d'acquisition de la connaissance [Dupays, 2011].
- **Scénario d'apprentissage par découverte guidée** pour un apprentissage par induction de concepts au moyen d'exemples et contre-exemples. C'est le cas des micro-mondes (Cabri-Géomètre [Pérez and Magen, 2008], Logo [Friendly, 1988], Squeak [Bouras et al., 2010]) où l'apprenant est dans un environnement informatique avec une grande autonomie.
- **Scénario d'apprentissage par réception** pour un apprentissage par conférence ou cours magistral bien qu'il soit de plus en plus instrumenté [Loizon and Mayen, 2015].
- **Scénario d'apprentissage par réception-exercices** pour un apprentissage de type information-exercice-test. Exemple de *PEPIT - Des exercices éducatifs pour tous*¹ qui est un site proposant sous forme de jeu des exercices éducatifs dans différents niveaux allant de la maternelle au secondaire.
- **Scénario d'apprentissage par étude de cas** pour un apprentissage par études de cas où l'on analyse des situations et leur transposition dans d'autres contextes. [Vermeulen, 2018] dans le cadre de sa thèse applique son approche méta-design des learning games aux études de cas pour construire des scénarios en décomposant ses étapes en études de cas.

Il existe tout de même des cas, notamment dans la communauté EIAH, où il n'y a pas de scénario d'apprentissage défini, non pas parce que les concepteurs n'ont pas mené cette réflexion mais parce que les domaines en question sont assez mal structurés (ill-defined) [Fournier-Viger et al., 2010]. C'est en général le domaine du droit, de la conception, de l'histoire, du diagnostic médical, du langage naturel, ... caractérisé par (1) des problèmes avec plusieurs solutions controversées et une absence des procédures claires pour évaluer les solutions, (2) une théorie formelle incomplète du domaine, (3)

1. <http://www.pepit.be>

une structure tâches mal définie, (4) des concepts à texture ouverte (concepts abstraits partiellement indéterminés ou qui n'ont pas de définitions absolues, (5) une difficulté à décomposer un problème complexe en sous-problèmes indépendants facilement résolubles [Lynch et al., 2006]. Dans ce cas, les systèmes de tuteurs intelligents laissent souvent à l'apprenant la liberté de naviguer au sein des ressources de la manière qu'il souhaite - éventuellement en le guidant au fur et à mesure que ses buts d'apprentissage ont été précisés [Harley et al., 2018] - on parle alors d'environnement d'apprentissage ouvert [Kinnebrew et al., 2014].

1.2.1.3.2 Scénario de formation

Le scénario de formation encore appelé **scénario d'assistance** [Pernin and Lejeune, 2004b] ou **scénario d'encadrement** [Quintin et al., 2005] [Decamps, 2014] précise les rôles et les modalités d'intervention des enseignants (tuteurs) pour soutenir le scénario d'apprentissage [Decamps et al., 2009]. Un scénario d'assistance regroupe les activités du formateur ou d'autres types de facilitateurs, les ressources à utiliser, les productions à réaliser ainsi que les règles et les consignes d'intervention auprès des apprenants [Paquette, 2002].

Il existe plusieurs types de scénario de formation :

- **Scénario d'assistance méthodologique** pour la formation par résolution de problèmes incluant des conseils méthodologiques de la part du formateur sans fournir pas d'éléments de solution. Exemple d'un ensemble d'activités de création artistique.
- **Scénario d'assistance par questionnement** pour la formation par découverte guidée avec présentation d'exemples et de contre-exemples sélectionnés en fonction du cheminement de l'apprenant. Exemple de formation au jeu d'échecs.
- **Scénario d'assistance par présentation** pour la formation basée sur les présentations. Exemple d'une conférence sur la prévention routière.
- **Scénario d'assistance tutorielle** pour la formation par parcours ramifié où les séquences de présentation sont choisies en fonction des résultats obtenus par les apprenants. Exemple d'un tutoriel informatisé où l'apprenant reçoit de l'information et des tests de connaissance et la suite est dépendante des résultats obtenus aux tests.
- **Scénario d'assistance par analogie** pour la formation par étude de cas dans lequel l'apprenant obtient la mise en relief d'un modèle ou d'une situation type semblable à celle qui est l'objet de l'apprentissage. Exemple de l'étude de cas de la modélisation de la transmission du virus d'Ebola.

Le scénario d'apprentissage et de formation doivent être couplés pour former le scénario pédagogique. De ce fait, le Tableau 1.2.1 présente les correspondances les plus utilisées de chaque type de scénario d'apprentissage à un type de scénario de formation.

Type de scénario d'apprentissage	Type de scénario de formation
Construction	Méthodologique
Découverte guidée	Questionnement
Réception	Présentation
Réception-Exercices	Tutorielle
Etude de cas	Analogie

Tableau 1.2.1 – Correspondances les plus utilisées entre les types de scénarios d'apprentissage et de formation [Paquette, 2002, p. 444]

Pour une formation initiale ou tout au long de la vie, tous les types de scénarios peuvent être inclus dans un cours car en fonction des connaissances et compétences à acquérir, la méthode d'acquisition peut différer. Ainsi pour nous, dans la conception d'un cours, plusieurs types de scénario seront utilisés en fonction de l'activité pédagogique.

1.2.1.4 Conception d'un scénario pédagogique

La conception d'un scénario pédagogique intégrant les TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) est une activité déterminante pour garantir la qualité de l'apprentissage en prenant en compte le dispositif de formation. La plupart des modèles de scénarisation pédagogique se base sur l'EML (Educational Modeling Language) [Koper and Manderveld, 2004] [Laforcade, 2005] [Retbi et al., 2012] où le scénario est une succession d'activités ou tâches de l'apprenant pour atteindre un objectif (Figure 1.2.1). De ce fait, pour concevoir un scénario, il faut le découper en activités et/ou en tâches.

Dans la littérature, nous avons dénombré dans le processus de scénarisation pédagogiques quelques bases de découpage :

1. Découpage par contenus

Ce type de découpage prône dans un premier temps une pédagogie centrée sur le contenu où le transfert de la connaissance est le principe régulateur de l'activité pédagogique [Meirieu and Develay, 1996]. Cette approche centrée sur les connaissances est formalisée par [Paquette, 2002] par la méthode MISA (Méthode d'Ingénierie d'un Système d'Apprentissage). Cette approche a évolué pour mettre en avant les buts pédagogiques [Dalziel, 2008] ou compétences [Nguyen and Blais, 2007] [Chauvigné and Coulet, 2010] [Beckers et al., 2012].

2. Découpage par intentions des enseignants

Ce type de découpage prône une pédagogie centrée sur l'enseignant. L'enseignant est au centre de l'apprentissage et doit engager les apprenants dans une démarche de résolution de problème, activer leurs connaissances antérieures, leur montrer le nouveau savoir et leur donner l'occasion de l'appliquer et l'intégrer dans leur environnement [Merrill, 2002]. Les différentes intentions pédagogiques de l'enseignant sont modélisées et mises ensemble pour avoir un scénario pédagogique [Emin et al., 2010]. Cette modélisation est prise en compte par le modèle ISiS (Intentions, Strategies, interactional Situations) qui prend en compte 3 niveaux : intentionnel,

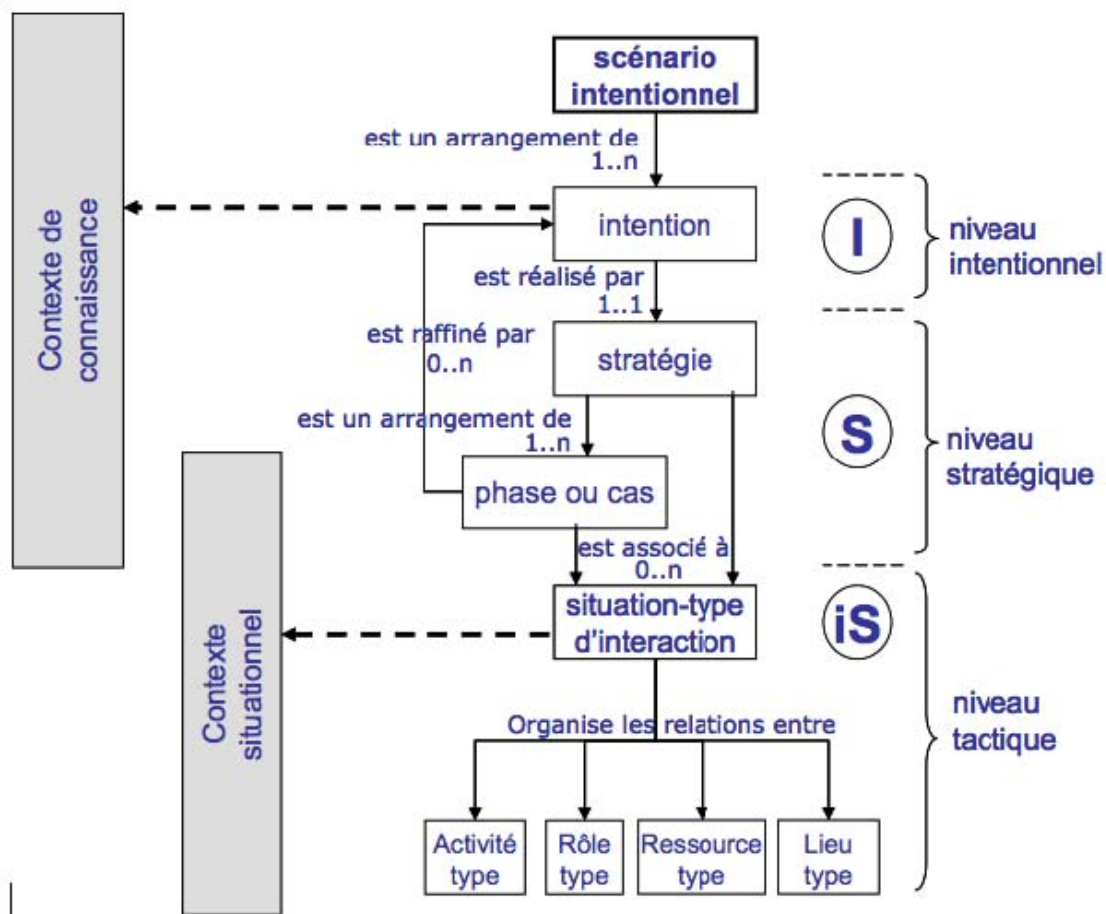


Figure 1.2.2 – Modèle ISiS (Intentions, **S**tratégies, interactional **S**ituations) [Emin et al., 2011]

stratégique et tactique (Figure 1.2.2).

3. Découpage par interactions

Durant l'apprentissage, il y a beaucoup d'interactions entre les apprenants et leur environnement d'apprentissage, entre les différents apprenants eux-mêmes, ainsi qu'entre apprenants et tuteur(s). De ce fait, le scénario doit prendre en compte ces différentes interactions pour pouvoir exprimer la dimension sociale et les différentes situations d'apprentissage [Villiot-Leclercq, 2007]. Le scénario devient ainsi un cadre social propice aux interactions [Ferraris et al., 2005]. En plus des activités à faire par les apprenants, le scénario basé sur les interactions doit tenir compte des intentions des enseignants [Mariais, 2012].

Pour mener à bien le découpage, un ensemble de questionnements doit être posé pour faire de bons choix pédagogiques. [Brassard and Daele, 2003] ont déterminé 17 dimensions de questionnement organisées en quatre catégories : (1) orientation et choix pédagogiques de départ ; (2) activités ; (3) acteurs et rôles ; (4) outils et processus

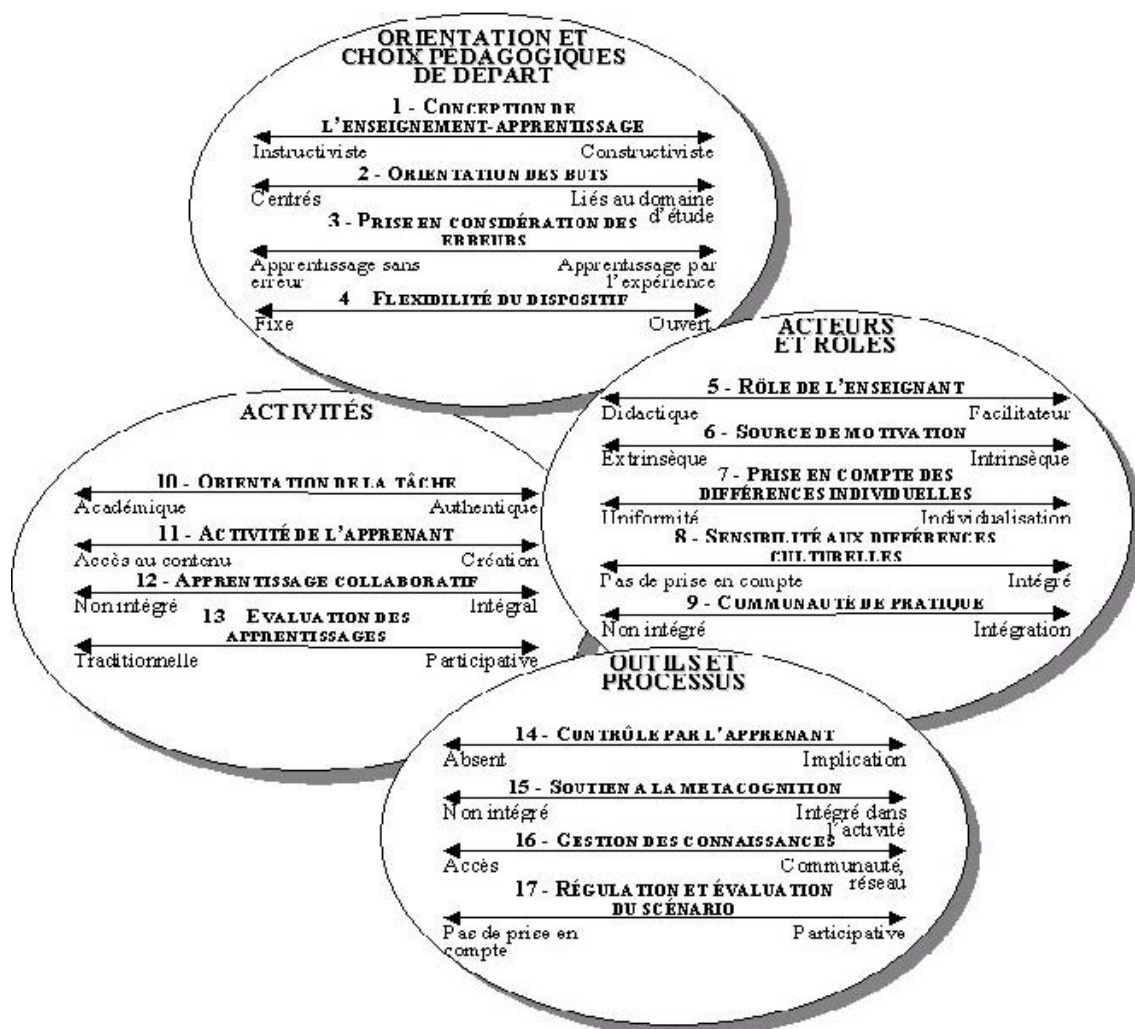


Figure 1.2.3 – 17 dimensions pour concevoir un scénario pédagogique [Brassard and Daele, 2003]

(Figure 1.2.3). Les 17 dimensions constituent un outil nécessaire aux concepteurs de scénarios pédagogiques pour mieux faire le découpage d'activités ou tâches. [Brassard and Daele, 2003] n'ont pas proposé leur outil pour valider ou invalider l'un des découpage cité précédemment. De ce fait, en fonction du type de découpage choisi, certaines dimensions ne sont pas prises en compte. Si en revanche le concepteur du scénario ne se met pas dans une posture de choix d'un type de découpage et opte pour les 17 dimensions du questionnaire, il pourra avoir un scénario pédagogique dont le découpage tient compte des 3 types de découpage.

1.2.1.5 Personnalisation de l'apprentissage dans les scénarios

La personnalisation de l'apprentissage est un processus qui consiste à placer l'apprenant dans une situation adaptée à ses capacités, attentes et besoins [Dehon and Derobertmeasure, 2008]. Dans la littérature, le terme individualisation est souvent

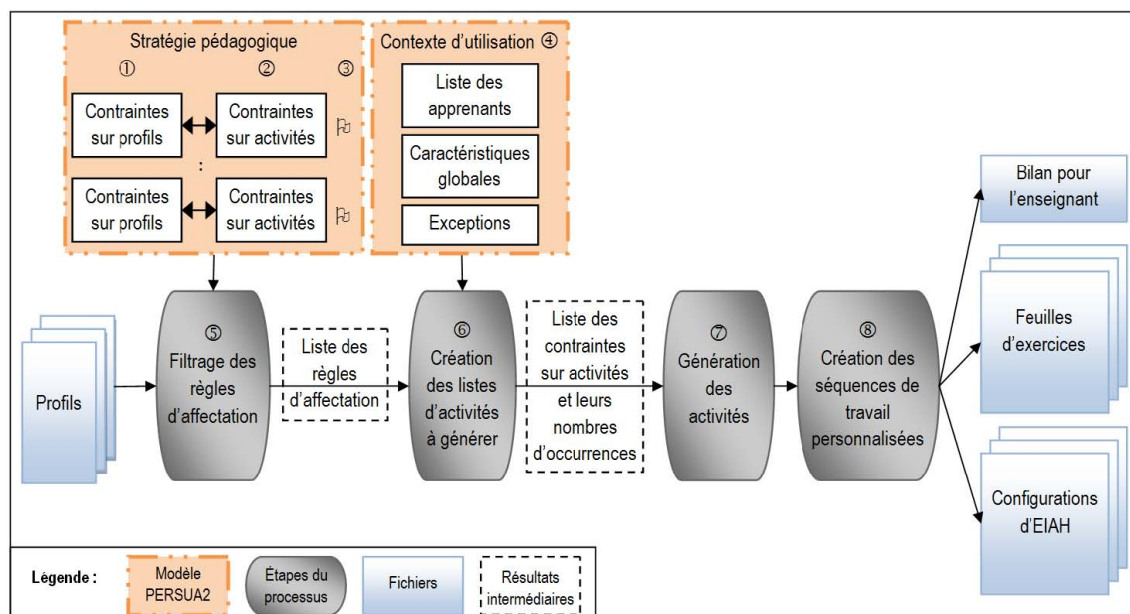


Figure 1.2.4 – Principe du modèle PERSUA2 (**PERS**onnalisation **U**nifiée des **A**ctivités d'**A**pprentissage) et son processus d'exploitation [Lefevre et al., 2011]

utilisé pour faire allusion à la personnalisation. [Vanderspelden, 2005] ajoute à la notion de personnalisation le concept d'autonomie pour parler d'individualisation. Pour lui, individualiser l'apprentissage revient à exalter les vertus de l'autonomie, de la différenciation, du rythme de l'apprenant, de la responsabilisation, de la confiance, de l'autoévaluation. Pour [Aouag, 2010], l'objectif de la personnalisation est l'individualisation de l'apprentissage en se dotant d'un profil de l'apprenant et des modèles d'activités adéquats à un apprentissage autonome.

La formalisation du scénario par l'EML offre la modélisation d'unités d'apprentissage réutilisables, interopérables, riches et personnalisables [Koper and Manderveld, 2004]. Par la personnalisation et la réutilisation, il est ainsi possible de concevoir plusieurs scénarios.

Pour personnaliser le scénario, plusieurs auteurs affectent des activités d'apprentissage en fonction de leur profil [Eyssautier-Bavay, 2008] [Tzouveli et al., 2008] [Lefevre et al., 2009] [Esichaikul et al., 2011] [Greer and McCalla, 2013] [Gunathilaka et al., 2017] [Snyman and van den Berg, 2018]. Or le choix ou la sélection des activités doit obéir à des stratégies pédagogiques [Mandin et al., 2015]. Le modèle PERSUA2 (**PERS**onnalisation **U**nifiée des **A**ctivités d'**A**pprentissage) permet à l'enseignant dans un contexte d'utilisation donnée, de définir une stratégie pédagogique d'affectation des activités aux apprenants [Lefevre et al., 2011]. La stratégie est un ensemble de règles d'affectation qui lient les contraintes sur le profils des apprenants à des contraintes sur les activités pédagogiques (Figure 1.2.4).

Pour prendre en compte les spécificités des apprenants en vue de personnaliser l'apprentissage, parmi les 17 dimensions pour concevoir un scénario pédagogique, [Esnault

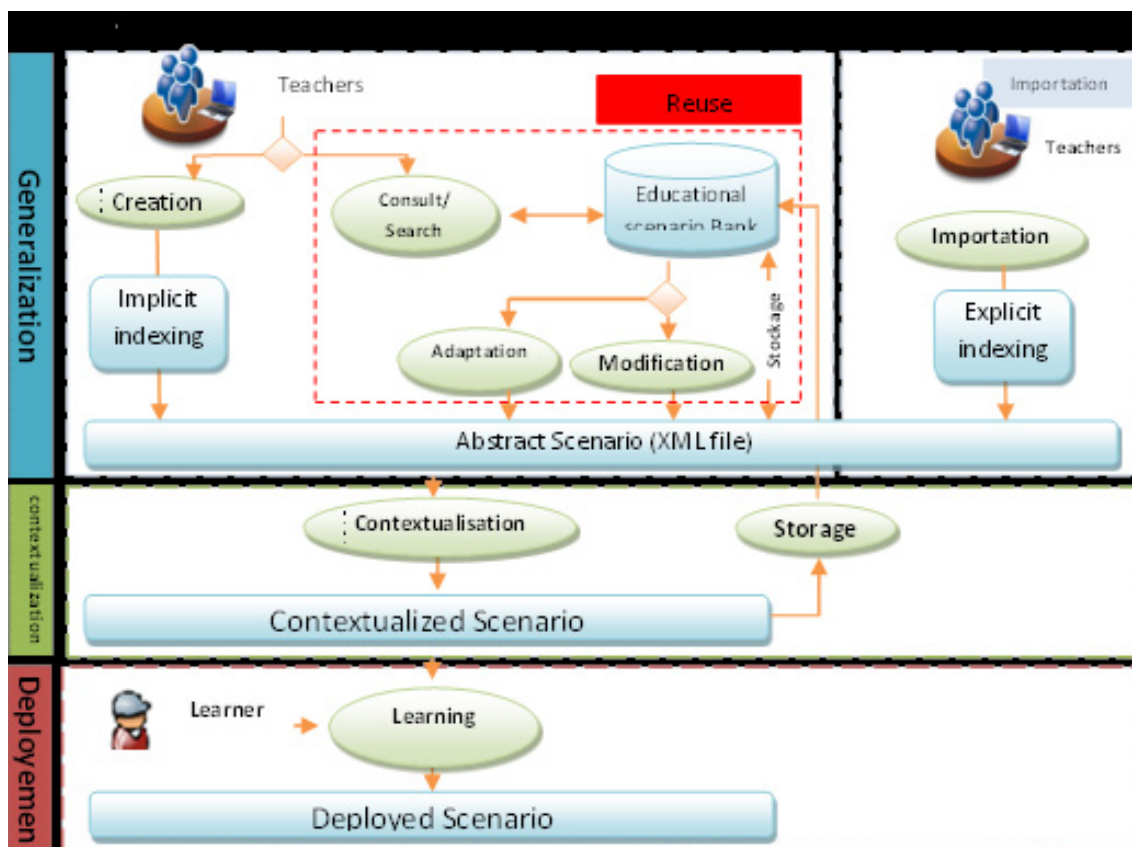


Figure 1.2.5 – Architecture globale du système de réutilisation du scénario [Riad et al., 2012]

and Daele, 2003] proposent des cheminements alternatifs ou variables des activités du scénario (Figure 1.2.3). La difficulté de cette mise en œuvre est la connaissance a priori des caractéristiques (styles cognitifs, facteurs affectifs, connaissances antérieures, ...) des apprenants. De plus, vu les 17 dimensions à prendre en compte pour mettre en œuvre un scénario pédagogique, il sera fastidieux pour un enseignant de produire autant de scénarios que de catégories (profils) d'apprenants.

En vue de produire de nouveaux scénarios, [Riad et al., 2012] proposent la réutilisation et l'adaptation du scénario existant (Figure 1.2.5). La faiblesse de leur approche réside dans le fait qu'il n'est pas possible de modifier la structure du scénario. Leur personnalisation consiste juste à modifier les ressources qui y sont contenues.

Une approche de scénarisation proposée par [Marne and Labat, 2014] propose les activités à plusieurs états d'entrée et sortie. La mise en relation des activités basée sur les relations de prérequis entre elles permet de disposer de plusieurs parcours d'apprentissage (Figure 1.2.6). Cela offre une flexibilité dans l'enchaînement des activités et par conséquent la possibilité de disposer de plusieurs scénarios. Leur modèle défini dans un contexte de Serious Games, ne donne pas la possibilité à l'apprenant de décider du scénario à suivre. L'intérêt de cette approche est d'apporter de la flexibilité

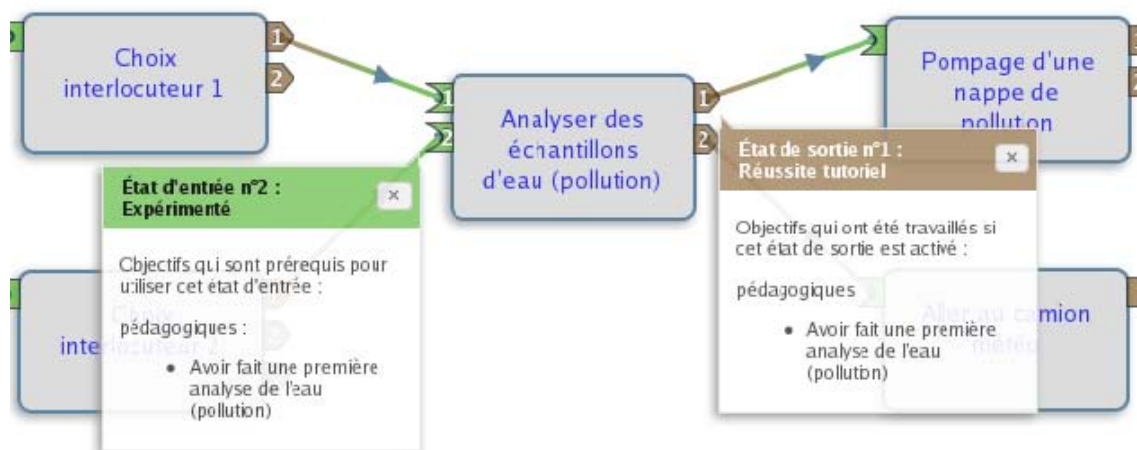


Figure 1.2.6 – Formalisation graphique de MoPPLiq (**Mod**élisation des **P**arcours **P**édago-**L**udiques) [Marne et al., 2013]

dans l'enchaînement des activités. Elle permet à un enseignant de choisir un scénario à dérouler. Mais durant l'apprentissage, il n'est pas possible de changer le scénario défini au préalable.

1.2.1.6 Conclusion

Les praticiens et scientifiques (en ingénierie de formation, en ingénierie pédagogique et en EIAH) s'accordent sur le fait que le scénario pédagogique est le vecteur directeur de l'enseignement et de l'apprentissage. Cet élément central est décomposé en scénario d'apprentissage et scénario de formation. Dans la littérature, les travaux mettent plus l'accent sur le scénario d'apprentissage que sur le scénario de formation. Le scénario de formation est défini en fonction du scénario d'apprentissage car il est chargé de suivre ou accompagner l'apprentissage (scénario d'apprentissage). Dans notre travail, nous nous intéresserons au scénario d'apprentissage.

Définition

Un scénario d'apprentissage est une succession d'activités ou tâches que l'apprenant doit réaliser pour atteindre les objectifs d'apprentissage.

La littérature énumère plusieurs types de scénario d'apprentissage et de formation (voir section 1.2.1.3). Nous les considérons comme des scénarios d'activités pédagogiques et retenons d'en tenir compte en fonction des activités du scénario. En fait, le cours magistral (apprentissage par réception), les études de cas (apprentissage par étude de cas), la résolution des problèmes (apprentissage par construction), les exemples ou contre-exemples (apprentissage par découverte guidée) sont des activités pouvant faire à la fois partie dans un enseignement ou apprentissage.

Dans le contexte de notre travail, nous avons opté pour l'accompagnement de l'apprentissage en vue d'éviter le blocage du processus d'apprentissage pouvant conduire à l'abandon. Pour éviter le blocage en permettant à un apprenant de passer d'une activité bloquante à une autre, lors la conception du scénario, nous retenons le découpage des activités par buts pédagogiques [Dalziel, 2008] et compétences [Perrenoud, 2000] [Nguyen and Blais, 2007] [Chauvigné and Coulet, 2010] [Beckers et al., 2012]. Le scénario doit intégrer les finalités citées par [Pernin and Lejeune, 2004a] et avoir à la fois un caractère descriptif et prédictif. Les interactions et les intentions des enseignants seront définies en fonction des objectifs pédagogiques à atteindre.

Orientation

De ce fait, nous baserons notre découpage sur les objectifs pédagogiques de la formation car la notion d'objectif pédagogique intègre à la fois, la notion de compétence, et de contrainte pédagogique (espace, temps, seuil de satisfaction, ...) qui sont importantes dans notre contexte particulier.

Pour améliorer le processus d'apprentissage, chaque apprenant doit disposer d'un scénario personnalisé. Plusieurs approches de personnalisation sont prises en compte dans la conception du scénario. La majorité des travaux reposent sur le fait que l'enseignant doit concevoir plusieurs scénarios pédagogiques en se basant sur le profilage des apprenants. Cela est intéressant pour la personnalisation de l'apprentissage mais reste difficile pour un enseignant car la charge de travail pour la conception des différents scénarios peut être importante. Dans la prise en charge de l'enseignant (équipe pédagogique) dans l'accompagnement de l'apprentissage, nous souhaitons éviter une surcharge de travail tout en garantissant la possibilité que chaque apprenant dispose d'un scénario qui lui est adapté.

Dans la section suivante, nous présentons le modèle de l'apprenant qui permet de détecter les profils d'apprenants.

1.2.2 Modèle et profil de l'apprenant

1.2.2.1 Définitions

Les termes **modèle de l'apprenant** et **profil de l'apprenant** sont utilisés dans la littérature et souvent avec une grande confusion et sans définition préalable par les auteurs. Le modèle de l'apprenant sert à représenter les connaissances des apprenants dans un système donné alors que le profil de l'apprenant est la représentation des connaissances de l'apprenant dans un système : il ne faut pas confondre la classe de modélisation, qui est le modèle, et son instanciation qui est le profil [Eyssautier-Bavay, 2008]. De plus, pour Carole Eyssautier, "*les informations manipulées dans le profil ne sont qu'une vue subjective partielle des connaissances supposées de l'apprenant et non le reflet exact de toutes les connaissances d'un apprenant.*" [Eyssautier-Bavay, 2008].

Selon [Bull, 2004], le modèle de l'apprenant est un modèle de connaissances, de difficultés et d'erreurs (incompréhensions ou idées fausses) d'un individu. Au fur et à mesure que l'apprenant atteint les objectifs pédagogiques fixés, les données du modèle sont mises à jour pour refléter son état de connaissances courant. Dans un système d'apprentissage adaptatif, le modèle de l'apprenant est central puisqu'il reflète la compréhension progressive de l'apprenant et permet au système de s'adapter progressivement aux besoins d'apprentissage [Bull and Dimitrova, 2007]. Or, la définition précédente (celle de [Bull, 2004]) ne prend pas en compte la gestion du processus d'apprentissage dans lequel nous pouvons retracer les étapes d'apprentissage. De ce fait, nous nous intéressons au modèle de l'apprenant en prenant en compte le processus d'apprentissage qui permet d'une part à l'apprenant d'avoir une attitude métacognitive sur son apprentissage et d'autre part, aux enseignants et tuteurs d'adapter l'apprentissage/formation en fonction des difficultés rencontrées. Ainsi, nous retenons également la définition de Zaitseva et Boule selon laquelle un modèle de l'apprenant est un ensemble d'informations structurées au sujet d'un processus d'apprentissage et cette structure contient des valeurs sur les caractéristiques de l'apprenant [Zaitseva and Boule, 2003]. De ce fait, le modèle de l'apprenant permet de connaître les informations sur (1) le parcours de l'apprenant, (2) ses connaissances et (3) ses compétences en vue d'adapter son apprentissage et d'évaluer ses connaissances.

1.2.2.2 Objectifs du modèle de l'apprenant

Le modèle de l'apprenant a pour objectifs principaux, l'adaptation de l'apprentissage et l'évaluation des connaissances acquises.

1.2.2.2.1 Adaptation de l'apprentissage

Durant le processus d'apprentissage, il faut assister l'apprenant pour personnaliser et adapter son apprentissage à son évolution. Cette adaptation de l'apprentissage consiste à :

- prodiguer des conseils et aides personnalisés pour soutenir l'apprentissage de chaque apprenant. Les principes généraux d'ingénierie pédagogiques énoncés par [Paquette, 2002, p. 398] mettent en exergue l'assistance. Les principes d'assistance préconisent que (1) les interactions d'assistance doivent répondre aux exigences du scénario d'apprentissage ; (2) des scénarios d'assistance à facilitateurs multiples doivent être prévus ; (3) chaque assistance doit être faite de façon parcimonieuse et surtout à l'initiative de l'apprenant ; (4) le système d'apprentissage doit proposer un guidage de type heuristique. Les deux premiers principes offrent l'avantage d'assister l'apprenant de diverses manières sans s'éloigner des objectifs pédagogiques. En revanche, dans le troisième principe, une assistance uniquement à l'initiative d'un apprenant risque d'être inappropriée dans notre contexte pour lutter contre la démotivation voire l'abandon de l'apprenant. Nous suggérons qu'une assistance soit également à l'initiative des équipes pédagogiques, techniques, administratives et sociales pour relancer l'apprenant en cas d'inactivité et l'inciter à poursuivre sa formation/apprentissage. Le quatrième principe quant à lui permet au système de scruter les comportements des usagers pour leur offrir une assistance adaptée à leurs besoins.

- adapter les interfaces pour une navigation personnalisée puisque les interfaces innovantes profitent aux apprenants quel que soit leur niveau d'aptitudes visuo-spatiales et métacognitives [Choplin et al., 2003].
- adapter l'enseignement en sélectionnant des méthodes et stratégies pédagogiques pertinentes. Ce choix est une condition nécessaire pour l'adaptation mais pas suffisante car les ressources et activités pédagogiques peuvent ne pas être adaptées aux connaissances et compétences de l'apprenant. Par conséquent, il faut sélectionner de nouvelles ressources ou personnaliser celles existantes. Une sélection (personnalisation) de ressources et activités en fonction de l'apprenant est possible dans un enseignement ouvert non soumis aux contraintes de temps. Mais dans une formation tout au long de la vie ou initiale où les apprenants d'une classe (combinaison de filière et niveau d'études) doivent suivre un programme à un rythme imposé (par exemple dans le système LMD, 30 crédits - 600 heures - en un semestre), le choix des ressources et des activités semble difficile au regard des objectifs à atteindre dans un délai imparti. En adaptant l'enseignement par le choix des ressources et activités, comment garantir que l'apprenant aura toutes les compétences requises à la fin du temps imparti? En général, si le tuteur doit trouver de nouvelles ressources et/ou activités pédagogiques pour un apprenant, c'est parce que ce dernier n'a pas le niveau requis de compétences pour comprendre la ressource ou pour réaliser l'activité. Les nouvelles ressources proposées lui permettront d'avoir les prérequis nécessaires pour accéder aux ressources pédagogiques de sa formation courante. Ceci peut induire une surcharge de travail chez l'apprenant car après avoir maîtrisé les prérequis, il est obligé de s'approprier les ressources pédagogiques et de réaliser les activités de la formation/apprentissage courante pour avoir le niveau de compétences requis. Pour éviter la surcharge de travail, les activités seront réalisées sur une période plus longue que celle prévue. Nous estimons qu'un apprenant qui évolue en connaissance (même à un rythme lent) est plus susceptible de garder la motivation qu'un autre à qui un rythme d'apprentissage est imposé. Imposer un rythme peut ne pas permettre de garantir une maîtrise progressive de connaissances dispensées. De nouvelles ressources et activités peuvent aussi être proposées dans un processus de remédiation pour permettre à l'apprenant d'acquérir des compétences souhaitées.
- adapter les évaluations formatives en fonction de l'évolution de chaque apprenant. Ces évaluations permettront d'évaluer le niveau de connaissances de l'apprenant sur les nouvelles ressources proposées dans le processus d'acquisition de prérequis ou processus de remédiation ou processus d'adaptation des ressources pédagogiques.

1.2.2.2.2 Évaluation des connaissances

Les connaissances acquises tout au long de l'apprentissage doivent être évaluées pour déterminer le niveau de compétences. Cette évaluation des connaissances consiste à :

- analyser des réponses et croyances pour déterminer la progression de l'apprenant
- diagnostiquer les erreurs

- apporter des réponses aux ambiguïtés
- adapter les tests et examens (évaluations sommatives) en fonction de la performance de l'apprenant. La planification, voire l'adaptation d'examens finaux en fonction des apprenants est sujet à controverse car d'aucuns diront que leur mauvaise prestation par rapport aux autres est fonction des sujets proposés. Le modèle devra prendre en compte le principe d'équité en mettant l'accent sur l'acquisition des compétences.

En plus de l'adaptation de l'apprentissage et l'évaluation des connaissances, le modèle de l'apprenant doit être capable de suivre les actions de l'apprenant et présenter son progrès.

1.2.2.3 Décomposition du modèle de l'apprenant

Pour atteindre ses objectifs, le modèle de l'apprenant doit contenir toutes les informations décrivant l'apprenant ainsi que ses connaissances et son comportement. [Carmona and Conejo, 2004] classe ces informations en décomposant le modèle de l'apprenant en deux sous-modèles.

1.2.2.3.1 Modèle d'attitude de l'apprenant

Ce modèle comporte des informations presque statiques durant le processus d'apprentissage :

- les données personnelles : nom, âge, sexe, email, expériences, formations, ...
- les caractéristiques de l'apprenant : but, type et style d'apprentissage, disponibilité, expériences informatiques, capacité de concentration. ...

1.2.2.3.2 Modèle de connaissances de l'apprenant

Ce modèle contient des informations dynamiques durant l'apprentissage :

- l'état d'apprentissage : plan d'apprentissage, programme courant, historique d'apprentissage, ...
- les interactions entre l'apprenant et l'environnement : nombre, durée, période et type de consultations des ressources pédagogiques, nombre et qualité de productions pédagogiques, nombre, fréquence et pourcentage d'erreurs des réponses produites, erreurs les plus fréquentes, autres interactions pas forcément à but pédagogique ...
- les connaissances de l'apprenant : niveau de connaissances, notes aux tests et examens, croyances et leurs degrés d'erreurs, connaissances sur les concepts en pré-requis, connaissances sur les sous-domaines, connaissances acquises.

1.2.2.4 Principaux modèles de connaissances de l'apprenant

1.2.2.4.1 Modèle de recouvrement ou "overlay model" ou encore modèle sans méprise

Pour modéliser la connaissance de l'apprenant, [Carr and Goldstein, 1977] propose le modèle de recouvrement (overlay model ou modèle d'expertise locale ; appelé aussi

modèle des connaissances partielles ou modèle sans méprise) dont la stratégie d'enseignement est basée sur le fait de combler les lacunes de l'apprenant. Dans ce modèle, la connaissance de l'apprenant est représentée comme un sous-ensemble de la connaissance du domaine ou de l'expert [Carmona and Conejo, 2004]. Au cours de l'apprentissage, le modèle de l'apprenant s'enrichit et évolue vers un modèle de connaissances de l'expert ou du domaine. Le modèle se construit en comparant les connaissances de l'apprenant à celles du domaine [Labidi and Sergio, 2000]. Cette construction repose sur (1) les informations implicites qui découlent de la comparaison entre le comportement de l'apprenant et les décisions de l'expert ; (2) les informations structurelles qui relèvent du réseau de dépendance et de complexité relative aux différentes compétences en jeu ; (3) les informations explicites qui peuvent être obtenues par un test ou questionnaire ; (4) les prérequis supposés inférés ou stockés après la dernière interaction de l'apprenant. Ce modèle de l'apprenant présente beaucoup d'inconvénients. Tout d'abord, il ne prend pas en compte les connaissances initiales de l'apprenant. Un apprenant commence une formation avec un ensemble de connaissances (même si elles sont erronées) qui doit servir de socle de connaissances de base à partir desquelles il faut en construire de nouvelles. Le fait de ne pas prendre en compte ses connaissances initiales ne permet pas de détecter les idées fausses de départ et de les corriger. Deuxièmement, la construction du modèle se fait en comparant les connaissances de l'apprenant à celui de l'expert, il est difficile de différencier les connaissances non acquises de l'apprenant de celles non encore reçues puisque toute connaissance non acquise sera supposée par le modèle comme non reçue. De ce fait, il sera difficile de savoir à partir de quel moment l'apprenant n'acquiert plus de connaissances. Ce n'est donc qu'à la fin de l'apprentissage (où toutes les connaissances sont reçues) qu'on pourra s'apercevoir des lacunes de l'apprenant. Or un modèle d'accompagnement de l'apprenant doit lui permettre de combler ses lacunes au fur et à mesure qu'il évolue. Les erreurs d'apprentissage ne sont pas prises en compte car ne correspondant pas aux connaissances de l'expert, elles seront rejetées par le modèle sans explication à l'apprenant. Ce rejet est dû au fait que les erreurs sont interprétées comme le résultat d'un mauvais choix stratégique et non comme celles des erreurs opératoires lors du déroulement d'une stratégie. Le modèle de recouvrement est adapté aux situations où les connaissances présentes dans le modèle du domaine peuvent être transférées directement à l'apprenant sans aucune transformation de la part de l'apprenant. En général, ce sont des connaissances factuelles où l'apprenant doit les recevoir comme telles [De Koning, 1997]. La stratégie d'enseignement de ce modèle est centrée sur le fait de combler les lacunes de l'apprenant.

1.2.2.4.2 Modèle différentiel

Le modèle de recouvrement est amélioré par le modèle différentiel qui divise la connaissance du domaine en deux dont l'une représente l'ensemble des connaissances présenté à l'apprenant et l'autre celles non présentées [Holt et al., 1994] [Greer and McCalla, 2013]. L'amélioration vient du fait que les erreurs de l'apprenant sont prises en compte. Puisque le modèle du domaine ne possède pas des connaissances incorrectes, le modèle différentiel ne peut pas analyser les erreurs de l'apprenant. La stratégie de ce modèle est basée sur la remédiation permettant à l'apprenant de s'améliorer pour avoir une connaissance aussi proche que possible de celle du domaine.

1.2.2.4.3 Modèle buggy ou modèle avec méprise

Le modèle buggy ou modèle avec méprise vient combler le manque d'analyse des erreurs en se basant sur l'utilisation d'un catalogue d'erreurs contenant les plus fréquemment rencontrées chez les apprenants [Bolt et al., 1977]. La mise à jour du catalogue se fait par le système qui en reconstruisant le processus de résolution d'un problème, génère les mauvaises règles à partir des solutions hypothétiques fausses qui seront utilisées pour concevoir les idées fausses des apprenants ou des bogues procéduraux [Virvou and Tsiriga, 2000].

La faiblesse de cette approche est liée à son catalogue d'erreurs pas forcément exhaustif qui est renseigné durant le processus d'apprentissage. Or une erreur non répertoriée d'un apprenant ne sera pas prise en compte dans le processus d'analyse des erreurs. L'autre faiblesse vient du fait que l'acquisition de la connaissance dans ce modèle n'est que procédurale alors qu'il existe entre autres des connaissances factuelles (connaissances sur les faits), conceptuelles (connaissances sur les caractéristiques des concepts et leurs relations) et métacognitives (connaissances sur ses processus cognitifs).

1.2.2.4.4 Modèle de Self

Le modèle de Self [Self, 1988] en plus des connaissances procédurales intègre les connaissances conceptuelles. Self définit le modèle de l'apprenant comme un quadruplet (P, C, T, H) où :

- P décrit les connaissances procédurales de l'apprenant.
- C décrit les connaissances conceptuelles de l'apprenant.
- T décrit les traits particuliers de l'apprenant.
- H décrit l'historique de l'apprenant.

Self met en exergue une organisation du modèle autour des six fonctions suivantes :

1. La fonction corrective aidant à corriger les connaissances erronées de l'apprenant. Cette fonction offre l'avantage d'une prise de conscience chez l'apprenant de ses erreurs.
2. La fonction élaboratrice permettant de déterminer les prochaines connaissances à assimiler en se basant sur le scénario d'apprentissage, l'évolution de l'apprenant ou au choix de l'apprenant.
3. La fonction stratégique permettant de mettre au point la stratégie d'enseignement pour l'adapter à la progression de l'apprenant.
4. La fonction diagnostique pour assurer la cohérence d'une part du modèle et d'autre part, des connaissances de l'apprenant.
5. La fonction prédictive pour prédire le comportement futur de l'apprenant.
6. La fonction évaluative pour évaluer l'apprenant et ou mesurer l'efficacité du système.

1.2.2.5 Conclusion

Le modèle de l'apprenant structure les informations du processus d'apprentissage. Cette structuration permet de disposer des valeurs sur les caractéristiques de chaque ap-

prenant [Zaitseva and Boule, 2003]. Cette connaissance des apprenants permet de personnaliser l'apprentissage en fonction de leurs caractéristiques. Ainsi, lors de la conception d'un cours, il faudra concevoir plusieurs scénarios pédagogiques propres à chaque profil d'apprenant. Afin de disposer des profils d'apprenants, il faut des expériences pour collecter des traces d'apprentissage et de les analyser. Les profils déduits de cette analyse seront pertinents à condition de disposer d'une quantité importante de traces. En plus, durant l'apprentissage, certaines caractéristiques de l'apprenant peuvent changer, rendant inapproprié le scénario initialement défini. Il serait difficile voire impossible de demander à l'enseignant de produire un scénario pédagogique à chaque détection de profil. Ainsi, nous avons poursuivi notre étude de l'état vers des approches où l'enseignant peut disposer de plusieurs scénarios en mettant des relations de précédence entre les notions à apprendre, comme par exemple, celle définie par [Marne and Labat, 2014]. A cet effet, dans la section suivante, nous présentons la Théorie des Espaces de Connaissance permettant à un enseignant de concevoir autant que possible plusieurs scénarios sans connaissance des profils d'apprenants.

1.2.3 La Théorie des Espaces de Connaissance (KST : Knowledge Space Theory)

1.2.3.1 Introduction

Introduite par [Doignon and Falmagne, 1985], cette théorie décrit la connaissance comme la capacité à résoudre un problème. Le niveau de connaissance d'un individu est défini par le nombre de problèmes qu'il peut résoudre. Les auteurs préfèrent le terme **état de connaissance** que niveau de connaissance qu'ils définissent comme un ensemble de problèmes qu'un individu est capable de résoudre dans les conditions idéales [Doignon and Falmagne, 1999]. Or la connaissance est assez variable selon un domaine choisi :

- La valeur de vérité d'une connaissance peut évoluer d'un domaine à un autre. Par exemple, la soustraction de b de a ($a-b$) avec $b < a$ n'est pas possible dans l'ensemble des entiers naturels (\mathbb{N}) alors que cela est possible dans l'ensemble des entiers relatifs (\mathbb{Z}).
- La connaissance diffère en qualité et quantité en fonction du domaine. Par exemple, la résolution d'une équation du second degré dans un ensemble de nombres réels (\mathbb{R}) ne donne pas la même solution (connaissance) que dans un ensemble de nombres complexes (\mathbb{C}).

Pour évaluer une connaissance, il faut absolument un domaine de connaissance Q qui est un ensemble non vide d'éléments du domaine.

1.2.3.2 Les concepts

La connaissance d'un individu est donc décrite dans cette théorie comme sa capacité à résoudre un problème dans un domaine particulier. De ce fait, son **état de connaissance** est l'ensemble de problèmes qu'il est capable de résoudre dans un domaine particulier [Falmagne et al., 2006]. A partir de l'ensemble Q , se déduit une famille K de sous-ensembles de Q qui contient au moins l'ensemble vide (\emptyset) et l'ensemble Q . La

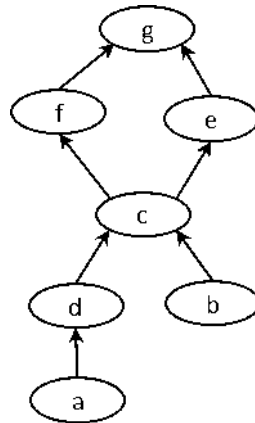


Figure 1.2.7 – Exemple de diagramme de précédence entre des problèmes ($Q = \{a, b, c, d, e, f, g\}$)

$K = \{ \emptyset, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}, \{a, d\}, \{a, b, d\}, \{a, b, c, d\}, \{a, b, c, d, e\}, \{a, b, c, d, f\}, \{a, b, c, d, e, f\}, \{a, b, c, d, e, f, g\} \}$

Figure 1.2.8 – Structure de connaissance issue de la Figure 1.2.7

famille K définit ainsi une **structure de connaissance** sur Q ; on dit aussi que le couple (Q, K) est une structure de connaissance. Q représente ainsi le domaine de la structure de connaissance et chaque sous-ensemble de la famille K , les états de connaissance. Tous les sous-ensembles possibles déduits de l'ensemble Q (ensemble de problèmes ou questions ou items) ne sont pas forcément des états de connaissance [Doignon and Fal-magne, 1999] car certains problèmes ne sont pas solubles sans la maîtrise d'autres d'où la définition du concept de **relation de précédence** ou **relation de prérequis entre les problèmes** [Falmagne et al., 2006]. Un problème P_1 précède ou est un prérequis pour un problème P_2 si pour résoudre P_2 , il faut maîtriser la résolution de P_1 . Si la résolution de P_2 est maîtrisée alors celle de P_1 l'est aussi. Les différentes relations de précédence entre les problèmes sont représentées par un diagramme de précédence (Figure 1.2.7) où la flèche symbolise le sens de la précédence entre les problèmes ($a \rightarrow b$: a précède b).

Un diagramme de précédence permet de spécifier l'ensemble K des états de connaissance possibles qui représente la structure de connaissance. En se basant sur la Figure 1.2.7, un état de connaissance $\{b, e\}$ n'est pas possible car pour maîtriser la résolution du problème "e", il faut avoir la maîtrise de "c". Si la maîtrise de la résolution du problème "c" est acquise par exemple, cela veut dire que la maîtrise des problèmes a, b et d l'est aussi donc l'ensemble des problèmes $\{a, b, c, d, e\}$ est un état de connaissance possible. En appliquant cette logique à la Figure 1.2.7 nous obtenons la structure de connaissance (Figure 1.2.8) contenant onze états de connaissances sur les 128 ($\sum_{i=1}^7 C_7^i$) combinaisons possibles d'états.

A partir de la structure de connaissance, la notion d'**espace de connaissance (Knowledge space)** est définie ainsi : K est un espace de connaissance sur Q (on dit aussi (Q, K) est un espace de connaissance) quand une famille d'une structure de connaissance (Q, K) est close par union c'est-à-dire que chaque fois qu'on a une famille

F incluse dans K, l'union des éléments de F appartient à K [Doignon and Falmagne, 1999]. Les connaissances acquises par un individu sont évaluées en se référant sur l'espace de connaissance.

L'**évaluation de la connaissance** consiste à découvrir l'état courant d'un apprenant dans l'espace de connaissance c'est-à-dire la liste des problèmes maîtrisés au moment de l'évaluation [Falmagne et al., 2006]. Pour construire les chemins ou parcours d'apprentissage, les auteurs définissent les notions de franges internes et externes d'un état courant à partir des questions suivantes :

- **Frange interne : *Qu'est-ce que l'apprenant peut faire ?*** La frange interne d'un état E est l'ensemble des problèmes P tel qu'en les retirant à E, on obtient un autre état de connaissance immédiatement inférieur. Par exemple dans l'espace de connaissance de la Figure 1.2.8, l'état {a, b, c, d, e, f} a pour franges internes les problèmes "e" et "f" car les états {a, b, c, d, f} et {a, b, c, d, e} lui sont immédiatement inférieurs par retrait respectivement des problèmes "e" et "f". Tous les états de connaissance à l'exception de l'état initial possèdent au moins une frange interne.
- **Frange externe : *Qu'est-ce que l'apprenant est prêt à apprendre ?*** La frange externe d'un état E est l'ensemble des problèmes P tel qu'en les ajoutant à E, on obtient un autre état de connaissance immédiatement supérieur. Par exemple dans l'espace de connaissance de la Figure 1.2.8, l'état {a, b, d} a pour frange externe le problème "c" car l'état {a, b, c, d} lui est immédiatement supérieur par ajout du problème "c". Les franges externes sont des voies de progrès dans l'apprentissage car ce sont des nouveaux problèmes dont la résolution permet de changer d'état de connaissance (progresser en connaissance). Tous les états de connaissance à l'exception de l'état final possèdent au moins une frange externe.

Les franges internes et externes sont des outils de navigation dans un espace de connaissance dont les externes permettent la progression de l'apprentissage. En cas de difficulté à progresser, les franges internes permettent de revenir à un état de connaissance maîtrisé pour analyser les difficultés et repartir par une autre frange externe s'il en existe.

En déduisant les différentes franges des états de connaissance de la Figure 1.2.8, on obtient six parcours d'apprentissage différents (Figure 1.2.9).

Un **parcours d'apprentissage** ou **chemin d'apprentissage** (Figure 1.2.9, Figure 1.2.10) est un chemin de la structure de connaissance allant de l'état initial (état de naïveté) à l'état final (état de résolution de tous les problèmes).

1.2.3.3 Conclusion

Les différents parcours d'apprentissage montrent la capacité de la Théorie des Espaces de Connaissance à promouvoir l'adaptation dans l'apprentissage car chaque apprenant peut choisir un parcours différent de celui de ses pairs et a aussi la possibilité par des franges internes de revenir et de choisir un autre parcours en cas de difficulté.

Les difficultés liées à cette théorie résident dans le fait que l'apprentissage est orienté vers la résolution des problèmes et c'est la capacité à résoudre un problème qui détermine

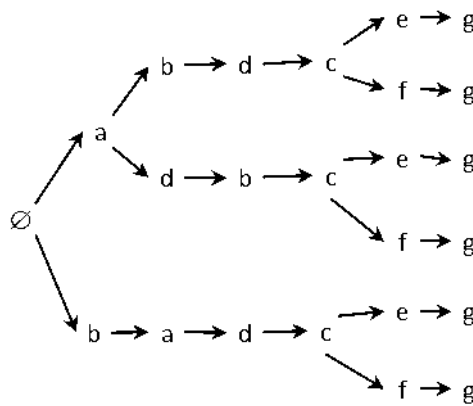


Figure 1.2.9 – Différents chemins d'apprentissage à travers les franges

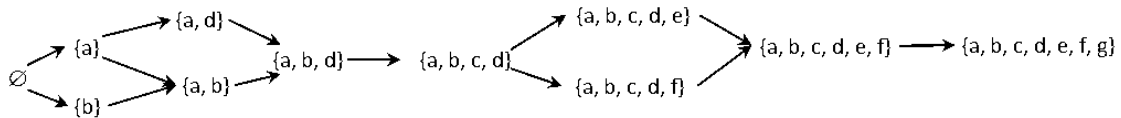


Figure 1.2.10 – Graphe des parcours d'apprentissage

l'état de connaissance. De ce fait, l'évaluation des connaissances n'est faite que sur la base de la solution observable par le biais des problèmes. Cette évaluation ne fait guère référence ni aux objets d'apprentissage, ni aux capacités de l'apprenant, ni aux compétences qui doivent être apprises. De plus, si dans un domaine de connaissance, des problèmes sont ajoutés, modifiés ou supprimés, les relations préalables entre les problèmes vont changer et par conséquent, les relations de précédence entre les problèmes vont être révisées [Heller et al., 2005].

1.2.4 La Théorie des Espaces de Connaissance basés sur les Compétences (CbKST : Competence-based Knowledge Space Theory)

1.2.4.1 Principe

Cette approche vient compléter les lacunes de la Théorie des Espaces de Connaissance en y intégrant (par extension) des objets d'apprentissage, des compétences et des capacités cognitives sous-jacentes à l'apprentissage personnalisé dans un système d'apprentissage amélioré par la technologie [Heller et al., 2005]. A chaque problème sont attribuées des compétences nécessaires et pertinentes pour sa résolution. Ces compétences sont attribuées indépendamment d'un problème à un autre offrant une grande flexibilité dans l'évolution du domaine de connaissance. Des objets d'apprentissage sont également définis contenant des connaissances. A chaque problème sont également attribués des objets d'apprentissage pour acquérir la connaissance nécessaire à sa résolution.

L'extension de la KST consiste en l'utilisation de trois entités [Heller et al., 2005] :

- un ensemble **Q** des problèmes ;
- un ensemble **L** des objets d'apprentissage ;
- un ensemble **S** des compétences pertinentes pour résoudre les problèmes et qui sont enseignées par les objets d'apprentissage.

A partir de chacun de ces ensembles, une structure contenant une collection de sous-ensembles de chacun d'eux est construite en se basant sur le principe de construction de la structure de connaissance dans la KST [Doignon and Falmagne, 1999]. Ainsi, on a (1) une **structure de connaissance** sur l'ensemble Q des problèmes qui constitue la base d'évaluation des compétences des apprenants ; cette évaluation est faite sur la base des problèmes puisqu'ils sont des éléments évaluables ; (2) une **structure d'apprentissage** sur l'ensemble L des objets d'apprentissage et (3) une **structure de compétence** sur l'ensemble S des compétences. A partir des ensembles de compétence et d'objets d'apprentissage associés à chaque problème, on déduit pour chaque compétence, un ensemble d'objets d'apprentissage nécessaire pour l'acquérir et un ensemble de problèmes pour l'évaluer. Ainsi, la structure de connaissance constitue la base d'évaluation des compétences des apprenants à partir des problèmes. La génération d'un chemin d'apprentissage personnalisé pour un apprenant se fait en se basant sur la structure d'apprentissage et son état courant de compétence (qui appartient à la structure de compétence et regroupe un sous-ensemble de compétences acquises). La CbKST définit donc un cadre formel pour la mise en œuvre des fonctionnalités clés de l'apprentissage personnalisé supporté par la technologie [Heller et al., 2006].

1.2.4.2 Exemples d'application

Dans le domaine médical par exemple, lors d'une étude portant sur la cartographie des compétences individuelles nécessaires pour exécuter une procédure pratique d'anesthésie rachidienne, l'analyse hiérarchique des tâches a permis d'en dénombrer les compétences mais il a fallu l'application de la CbKST pour avoir une carte des compétences dont certaines sont prédominantes [Breen et al., 2014].

Dans le domaine de la formation professionnelle, combinée au principe d'apprentissage autorégulé en installation d'un système de pompe à chaleur, la CbKST a permis de déterminer les compétences majeures qui permettent aux apprenants de percevoir le système, d'orienter leur expérience d'apprentissage et de déterminer le niveau des connaissances acquises [Dimache et al., 2015].

Dans le domaine des *Serious Games*, la CbKST est utilisée d'une part pour adapter le parcours d'apprentissage de l'apprenant en fonction de l'état courant de ses compétences acquises [Kopeinik et al., 2012] [El-Kechaï et al., 2015b] [Melero et al., 2015a] et d'autre part pour adapter le *Serious Games* selon les stratégies des enseignants [El-Kechaï et al., 2015a] [Melero et al., 2015b]. Bien que la CbKST soit appropriée pour la personnalisation de l'apprentissage basé sur les jeux, [Augustin et al., 2013] estiment que certaines améliorations et extensions sont nécessaires pour éviter que la personnalisation ne dépende seulement des éléments du jeu en fonction des compétences actuelles du joueur. Ils proposent un modèle markovien compatible avec la CbKST en se basant sur

le constat suivant :

"Personalization in a serious game cannot be regarded simply as the selection of game assets according to the individual learner's current competences but it must also pay heed to the up-keeping of a storyline, it must be ensured that no part of the story is omitted that may be necessary to understand a later part."

Dans la perspective de développer la métacognition chez les apprenants, un cadre théorique est défini pour un échafaudage (support) métacognitif dynamique adapté aux besoins individuels des apprenants. Cet échafaudage métacognitif se fait par un examen détaillé des capacités métacognitives des apprenants obtenu par la modélisation des compétences métacognitives comme une structure de compétence de la métacognition [Steiner and Albert, 2011].

1.2.4.3 Conclusion

En affectant à chaque objet d'apprentissage un ensemble de compétences indépendantes, requises et enseignées, on obtient un système dont (1) le changement d'objets d'apprentissage est facile dans un domaine évolutif; (2) la réutilisation du matériel pédagogique dans différents cours est possible en mettant en œuvre des affectations de compétences via des métadonnées standards légèrement étendues [Hockemeyer, 2003]. Pour suivre la progression individuelle de chaque apprenant, [Kopeinik et al., 2012] suggère l'intégration d'un modèle de l'apprenant pour décrire la progression individuelle et les états de connaissance de chaque apprenant en terme de compétences obtenues.

Bien que la Théorie des Espaces de Connaissance et son extension (CbKST) aient connu beaucoup de succès dans l'apprentissage [Falmagne et al., 2013], elles présentent néanmoins quelques faiblesses dans un contexte de formation tout au long de la vie ou une formation initiale.

La première faiblesse réside dans le fait que la CbKST ne prenne pas en compte les activités à compétences multiples. Dans les différents modèles étudiés, une activité permet de travailler qu'une seule compétence à la fois. Or dans notre contexte, les activités à compétences multiples (telles que les études de cas [Marfisi-Schottman et al., 2013]) donnent aux apprenants la possibilité d'utiliser les compétences diverses ou de bas niveau pour résoudre des problèmes de haut niveau. Ce sont des activités complexes fortement recommandées dans une formation.

La seconde faiblesse concerne la non prise en compte des contraintes temporelles. Bien que le processus d'apprentissage ait pour objectif général l'acquisition des connaissances et leur validation, il est soumis aux contraintes temporelles définies par la formation/aprentissage.

La troisième faiblesse est la non prise en compte des seuils de satisfaction de l'apprentissage. Dans les modèles basés sur la CbKST, l'acquisition d'une compétence est booléenne (Oui ou Non). Or dans un système de formation initiale ou de formation tout au long de la vie, l'acquisition d'une compétence est soumise à un seuil minimum de satisfaction que l'apprenant doit atteindre. De plus, une compétence non-acquise peut éventuellement être obtenue par compensation comme le suggère le système LMD (Licence - Master - Doctorat) dans l'enseignement supérieur.

1.2.5 Synthèse

Nous avons réalisé notre revue de la littérature en trois phases pour nous situer par rapport aux travaux existants dans l'accompagnement de l'apprentissage.

La première phase a consisté à étudier les approches de conception des scénarios pédagogiques car le scénario pédagogique est le vecteur directeur de l'apprentissage et de l'enseignement.

Orientation

Pour accompagner l'enseignant dans la conception du scénario pédagogique du cours, nous avons retenu les éléments suivants :

- L'approche EIAH de la définition du scénario pédagogique car nous nous intéresserons à ses aspects prédictif (a priori) et descriptif (a posteriori) liés à notre contexte où nous voulons accompagner chaque acteur de l'apprentissage.
- La décomposition du scénario pédagogique en scénario d'apprentissage (pour les apprenants) et scénario de formation (pour les tuteurs) pour prendre en charge d'une part l'accompagnement des apprenants et d'autre part l'accompagnement de l'équipe pédagogique.
- La prise en compte des différents types de scénarios d'apprentissage et de formation comme des scénarios d'activités car précédemment, nous avons vu que pour une formation initiale ou tout au long de la vie, tous les types de scénarios peuvent être inclus dans un cours en fonction des connaissances et compétences à acquérir.
- Le découpage du scénario en activités en se basant sur les objectifs pédagogiques qui tiennent compte des notions de compétence et contrainte pédagogique. Ce découpage se justifie par le fait que chaque apprenant choisira les activités à faire en fonction des objectifs à atteindre.
- L'intégration de la notion de personnalisation dans la conception du scénario pédagogique. Cette personnalisation permettra de prendre en compte les spécificités des apprenants.

La seconde phase a permis d'étudier le modèle de l'apprenant qui est un excellent outil contribuant à la personnalisation de l'apprentissage [Esichaikul et al., 2011] [Greer and McCalla, 2013] [Ma et al., 2014] [Holstein et al., 2017]. Le modèle de l'apprenant s'appuie sur les traces d'apprentissage pour modéliser les caractéristiques et comportement de chaque apprenant. Pour que le modèle soit fiable, il faut disposer d'une

masse importante de traces. La collecte des traces requiert un temps qui peut être important. De ce fait, les apprenants des premières sessions d'apprentissage ne pourront pas bénéficier de la personnalisation. De plus, dans une formation à faible effectif, il est difficile de disposer d'une modélisation fiable des apprenants afin d'en déduire des profils. Même si les profils étaient déterminés, il peut arriver qu'on en ait trouvé plusieurs rendant le nombre de scénarios spécifiques à concevoir conséquent. Durant l'apprentissage, les connaissances acquises par un apprenant ainsi que les interactions avec l'environnement d'apprentissage peuvent modifier son profil. Par exemple, un apprenant avec peu d'expérience en informatique au début de son apprentissage aura une mauvaise performance qui s'améliorera durant son apprentissage puisqu'il acquiert de nouvelles compétences en informatique. Ce changement de profil peut rendre inadapté le scénario initialement proposé. Rien ne garantit que ce changement de profil correspondra à l'un des autres profils déjà identifiés. L'enseignant se retrouvera dans une dynamique de conception de nouveaux scénarios personnalisés au fur et à mesure que les profils sont identifiés ; ce qui est difficilement faisable et envisageable dans notre contexte.

Orientation

Pour permettre à chaque apprenant de bénéficier d'un apprentissage personnalisé et adapté au fur et à mesure de son apprentissage, nous optons pour ne pas baser notre modèle sur le profil des apprenants. Nous préférons mettre en place un modèle qui permettra à chaque apprenant d'être pris en charge même si le système ne dispose d'aucun profil. Notre modèle pourra plus tard être amélioré en tenant compte des profils d'apprenants.

Dans les phases précédentes, nous nous sommes rendus compte que la personnalisation est prise en compte dans la conception du scénario et non l'adaptation. L'adaptation est très peu prise en charge dans les articles comme le montre le volume 19 de la revue STICEF (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation) portant sur l'individualisation, personnalisation et adaptation des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain [Lavoué and Rinaudo, 2012]. Pour nous, la personnalisation se fait avant l'apprentissage alors que l'adaptation se fait durant l'apprentissage car l'adaptation est un processus dynamique durant l'apprentissage intégrant la personnalisation et l'individualisation [Duthoit et al., 2012]. Cette distinction est faite pour accompagner les apprenants dont le scénario initialement personnalisé ne leur correspondrait plus. Dans ce cas, durant l'apprentissage, il faut adapter le scénario initial à chaque apprenant. Dans cette troisième phase de la revue de la littérature, nous avons étudié d'une part la Théorie des Espaces de Connaissance (KST) et qui prône l'adaptation [Falmagne et al., 2013]. D'autre part, nous nous sommes intéressés à son extension aux compétences (CbKST) qui définit un cadre formel pour l'apprentissage adaptatif supporté par la technologie [Heller et al., 2005].

Orientation

Nous avons ainsi retenu les éléments suivants :

- Le découpage du scénario en compétences pour permettre à chaque apprenant de décider de son scénario d'apprentissage en fonction des compétences à acquérir.
- La déclinaison d'une compétence en ressources pédagogiques pour l'acquisition de la connaissance et en activités pédagogiques (exercices ou problèmes) pour l'évaluation de la connaissance acquise. Cette déclinaison répond au besoin pédagogique dans une formation initiale ou formation tout au long de la vie.
- L'état de connaissance qui permet de situer le niveau d'apprentissage de chaque apprenant dans un espace de connaissance. Ce choix découle du fait que chaque apprenant ayant un scénario adapté, il faut des états de connaissance pour situer son apprentissage par rapport d'une part au scénario recommandé par l'enseignant et d'autre part aux autres apprenants.
- L'espace de connaissance (structure de connaissance) qui est l'ensemble des états de connaissances possibles et admissibles d'un cours donné. Cet espace de connaissance permettra d'éviter que lors de la personnalisation du scénario, que des parcours illogiques soient construits comme l'accès à un état de connaissance sans passer par l'état de connaissance prérequis.
- Les franges externes pour permettre à l'apprenant de progresser dans l'espace de connaissance.
- Les franges internes pour permettre à l'apprenant de changer de parcours d'apprentissage en cas de difficulté.

Deuxième partie

Modélisation

Chapitre 2.1

Modélisation multi-scénarios de l'apprentissage

2.1.1 Introduction

Dans la synthèse de l'état de l'art (voir section 1.2.5), nous avons vu qu'il est difficile pour un enseignant de concevoir plusieurs scénarios pédagogiques pour un même cours. De plus, dans le contexte de notre travail, nous ne disposons pas de données pour déterminer les profils d'apprenants.

Dans ce chapitre, nous proposons un modèle permettant à l'enseignant de décliner un scénario initial en autant de scénarios alternatifs que possible. En fait, le temps d'utilisation de notre modèle multi-scénarios pour concevoir plusieurs scénarios doit être proche du temps que l'enseignant met pour concevoir un scénario. Notre modèle doit produire plusieurs scénarios intégrant les éléments retenus à la synthèse de l'état de l'art (section 1.2.5).

Problématique 1 : Accompagnement de l'enseignant dans la conception du cours

La problématique de ce chapitre consiste à définir des modèles et outils technologiques de conception de plusieurs scénarios pour s'adapter aux particularités des apprenants sans toutefois connaître à l'avance leur profil.

Dans cette problématique, nous nous intéressons à la question de recherche suivante :

Question de recherche N° 1 (QR1)

Peut-on concevoir un modèle permettant aux enseignants de produire plusieurs scénarios d'apprentissage qui s'adapteront aux spécificités de chaque apprenant ?

La suite du chapitre est organisé en 6 sections dont la première définit la notion de scénario d'apprentissage et donne les objectifs de la modélisation multi-scénarios. La seconde section donne d'une part les références des fondements de notre modèle et

d'autre part, les extensions ajoutées à l'existant. Les concepts initiaux du modèle sont présentés dans la troisième section. Les sections 4, 5 et 6 présentent le modèle.

2.1.2 Définition et objectifs

[Paquette, 2002] définit un scénario pédagogique comme la description des activités propres à l'apprentissage et à l'assistance, les ressources requises pour réaliser les activités et les productions qui devaient en résulter. Dans sa définition, l'apprentissage est basé sur les activités alors dans la conclusion de notre revue de la littérature et en tenant compte de notre contexte de travail, nous avons opté pour le découpage de l'apprentissage par buts pédagogiques ou compétences pour éviter le blocage du processus d'apprentissage pouvant conduire à l'abandon.

Nous proposons ainsi la définition suivante :

Définition du scénario d'apprentissage

Un scénario d'apprentissage est la description d'une séquence d'apprentissage, ses objectifs pédagogiques et les moyens à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs.

L'objectif de notre modèle est de fournir à l'enseignant un outil de conception de plusieurs scénarios d'apprentissage tout en tenant compte des différentes contraintes d'apprentissage (temps, seuil de satisfaction, social, ...). Les différents scénarios à concevoir ne tiendront pas compte des profils d'apprenants. Ainsi, chaque apprenant aura la liberté de construire son scénario durant l'apprentissage en fonction des compétences acquises et celles à acquérir. Notre modèle doit d'une part prédire ce que l'apprenant peut faire et d'autre part décrire et expliquer ce qu'un apprenant a fait durant l'apprentissage.

2.1.3 Fondements et extensions

Notre modèle s'inspire de la CbKST vu ses nombreux succès dans divers domaines tels que la médecine [Breen et al., 2014], la métacognition [Steiner and Albert, 2011], l'éducation [Falmagne et al., 2013] [Dimache et al., 2015] et notamment les Serious Games à vocation éducative [Kopeinik et al., 2012] [Melero et al., 2015a] [El-Kechaï et al., 2015a].

Les modèles basés sur la CbKST présentent néanmoins trois faiblesses dans un contexte de formation initiale ou formation tout au long de la vie. Ces faiblesses ont été énumérées et justifiées à la conclusion de la revue de la littérature sur la Théorie des Espaces de Connaissance basés sur les Compétences (voir section 1.2.4.3). Pour corriger ces faiblesses, notre modèle étend la CbKST en trois points.

2.1.3.1 Extension 1 : les activités à compétences multiples

Dans les différents modèles étudiés, une activité permet de ne travailler et d'acquérir qu'une seule compétence à la fois. Dans le contexte de notre travail, les activités à com-

pétences multiples (telles que les études de cas [Marfisi-Schottman et al., 2013]) donnent aux apprenants la possibilité d'utiliser les compétences diverses ou de bas niveau pour résoudre des problèmes de haut niveau. Cela permet également à l'apprenant d'obtenir de nouvelles compétences à partir de celles acquises. Ce sont des activités complexes fortement recommandées dans une formation.

2.1.3.2 Extension 2 : les contraintes temporelles

Bien que l'apprentissage ait pour objectif général l'acquisition et la validation des connaissances, cela doit se faire dans un temps imparti défini par les conditions de la formation. Or les modèles de la CbKST ne tiennent pas compte de cette contrainte.

2.1.3.3 Extension 3 : les niveaux ou seuils de satisfaction lors de l'apprentissage

Dans les modèles basés sur la CbKST, l'acquisition de la compétence est booléenne (Oui ou Non). Or dans un dispositif de formation initiale ou tout au long de la vie, l'acquisition d'une compétence est assujettie à un seuil de satisfaction minimal que l'apprenant doit atteindre. Ainsi, une compétence peut ne pas être acquise mais obtenue par compensation comme le préconise le système LMD (Licence – Master – Doctorat) en enseignement supérieur.

Notre modèle repose sur un ensemble de concepts initiaux que nous décrivons et justifions ci-après (voir section 2.1.4) et qui ont été validés par le corps enseignant comme nous le montrerons au Chapitre 4.2.

2.1.4 Concepts initiaux

Inspirés des pratiques enseignantes, nos concepts initiaux sont basés sur les objets d'apprentissage. Les relations entre les concepts initiaux sont modélisées selon les paradigmes d'UML (Unified Modeling Language) et représentées par le diagramme de classes de la Figure 2.1.1

2.1.4.1 Conversion du temps d'apprentissage présentiel en temps d'apprentissage en ligne

Notre modèle s'applique dans une formation entièrement en ligne. Or les maquettes pédagogiques ne sont définies qu'en tenant compte de l'enseignement en présentiel (face à face). Dans cette section, nous proposons une conversion du temps d'apprentissage en présentiel en un temps d'apprentissage entièrement en ligne.

A l'Université Assane Seck de Ziguinchor au Sénégal, comme dans la plupart des universités africaines, européennes et nord-américaines, la formation est organisée en LMD (Licence - Master - Doctorat) où les unités d'enseignement sont évaluées

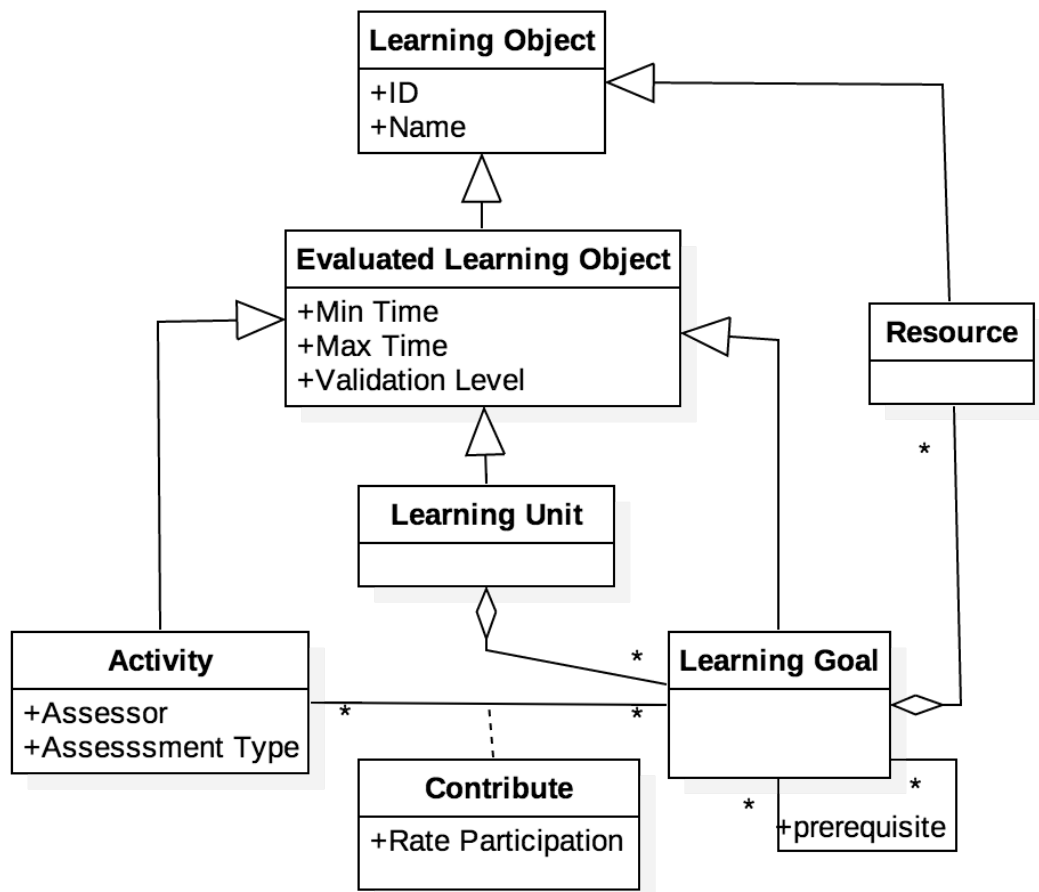


Figure 2.1.1 – Diagramme de classes des objets d'apprentissage

N°	Titre	Durée Minimale	Durée Maximale
1	Les spécificités du langage C	4 jours	6 jours
2	La modularité d'un programme	6 jours	8 jours
3	Les structures complexes statiques	10 jours	14 jours
4	Les structures complexes dynamiques	10 jours	14 jours

Tableau 2.1.1 – Décomposition de l'unité d'enseignement de la Programmation en Langage C en 4 unités d'apprentissage

en crédits ECTS (European Credit Transfer Scale)¹. Dans ce système européen de transfert et d'accumulation de crédits, 1 crédit vaut 20 heures de travail dont 12 heures en présentiel (Cours Magistraux, Travaux Dirigés, Travaux Pratiques, Séminaires, Sorties Pédagogiques, ...) et 8 heures en TPE (Travail Personnel de l'Etudiant).

Dans notre modèle d'enseignement en ligne, chaque crédit équivaut à 1 semaine de travail tout compris c'est-à-dire incluant le Travail Personnel de l'Etudiant et les séances de travail en ligne avec ou sans le tuteur.

La charge de travail étant de 30 crédits par semestre, nous optons pour 2 à 3 unités d'enseignement en parallèle en ligne de manière à ce que l'apprentissage soit fait en 12 semaines (durée d'un semestre).

2.1.4.2 Décomposition de l'apprentissage en unités d'apprentissage

Pour être proche des pratiques enseignantes, un module d'apprentissage/formation est décomposé en unités d'apprentissage avec des relations de précedence. Ces unités correspondent aux notions de chapitre, partie, titre, ... Chaque unité comporte un ensemble d'objectifs d'apprentissage.

Exemple : Décomposition de l'unité d'enseignement de Programmation en Langage C en unités d'apprentissage

Ce cours (Unité d'enseignement) est dispensé en Licence 2 de la filière Mathématiques-Informatique de l'Université Assane Seck de Ziguinchor au Sénégal. Il vaut 6 crédits et est décomposé en 4 chapitres comme présenté au Tableau 2.1.1. D'après notre conversion du temps d'apprentissage en présentiel en temps d'apprentissage en ligne, ce cours a une durée de 6 semaines (42 jours).

1. Le processus de Bologne

$$O_i = \{T_i^{Min}, T_i^{Max}, S_i, \{R_i^1, R_i^2, \dots, R_i^{M_i}\}, \{A_i^1, A_i^2, \dots, A_i^{N_i}\}\}$$

$(M_i, N_i) \in \mathbb{N}^2 - \{(0, 0)\}$ où M_i et N_i sont respectivement le nombre de ressources d'apprentissage et le nombre d'activités d'apprentissage associées à l'objectif O_i .

Figure 2.1.2 – Définition d'un objectif d'apprentissage

2.1.4.3 Pédagogie centrée sur l'apprenant et structurée par les objectifs d'apprentissage

La plupart des approches pédagogiques actuelles structure le contenu pédagogique en parties, chapitres, titres, etc. Nous proposons un modèle dont la structuration pédagogique est basée sur les objectifs d'apprentissage.

Si dans un enseignement, il y a par exemple N objectifs, un objectif de rang $i \in [1, N]$ nommé O_i (Figure 2.1.2) est défini par les éléments suivants :

Définition d'un objectif d'apprentissage O_i

- une durée minimale (T_i^{Min}) pour atteindre l'objectif ;
- une durée maximale (T_i^{Max}) pour atteindre l'objectif ;
- un seuil de satisfaction (S_i) qui conditionne l'atteinte de l'objectif ;
- un ensemble de M_i ressources d'apprentissage (R_i^j ; $1 \leq j \leq M_i$) pour l'acquisition de la connaissance ;
- un ensemble de N_i activités d'apprentissage (A_i^j ; $1 \leq j \leq N_i$) pour la validation de la connaissance acquise ;

Chaque objectif doit comporter au moins une ressource et au moins une activité et doit être réalisé dans un temps imparti. Nous optons pour une plage de temps $[T_i^{Min} - T_i^{Max}]$ pour les raisons suivantes :

- Il y a des apprenants qualifiés de "*dernière minute*" qui ne travaillent intensément que vers la fin du temps imparti pour être dans les délais. Pour leur permettre de travailler constamment, le système leur proposera le temps minimal de réalisation de l'objectif. Au cas où ce temps s'avère insuffisant pour terminer l'activité, le système leur accordera progressivement un temps supplémentaire jusqu'à hauteur du temps maximal.
- Il y a des apprenants qui pour des raisons d'indisponibilité diverses, ne peuvent

finaliser leurs travaux dans les délais impartis ; le système leur permettra d'aller jusqu'au temps maximal voire au-delà si sa progression dans l'atteinte de l'objectif est satisfaisante.

- Les apprenants ayant atteint l'objectif avec un score non satisfaisant (pour l'apprenant) pourront les améliorer dans la limite du temps maximal.
- Avant la fin du temps imparti à un module, un apprenant l'ayant terminé peut revenir sur les aspects qu'il veut améliorer.

Ce concept de "pédagogie centrée sur l'apprenant et structurée par les objectifs d'apprentissage" permet de prendre en compte les extensions sur les contraintes temporelles (section 2.1.3.2) et sur les seuils de satisfaction de l'apprentissage (section 2.1.3.3) que nous détaillerons dans la section 2.1.4.6 portant sur la validation d'une activité pédagogique.

Exemple : Objectifs d'apprentissage de l'unité d'enseignement de Programmation en Langage C

Cette unité d'enseignement dispose de 27 objectifs d'apprentissage. Pour des raisons d'espace, nous ne présentons dans le Tableau 2.1.2 que les objectifs d'apprentissage des 2 premières unités d'apprentissage. Le Tableau A.1 présente en annexe tous les objectifs à la page 195. Les ressources et activités ne figurent pas dans le Tableau 2.1.2 car une cellule du tableau ne peut contenir le contenu d'une ressource ou d'une activité.

Chaque objectif d'apprentissage dispose d'une ressource de type fichier au format PDF et l'objectif O106 dispose de 3 ressources dont l'une de type vidéo et les autres de type lien hypertexte. Les 2 premières unités d'apprentissage disposent de 40 activités d'apprentissage dont 14 de type questions fermées (Question à Choix Unique, Question à Choix Multiple, Question d'appariement, ...) et 26 exercices de production. L'indexation des activités par objectifs est décrite dans le Tableau 2.1.3.

2.1.4.4 Relation de prérequis ou de précédence entre les objectifs d'apprentissage

Dans un enseignement ou apprentissage, certains objectifs sont des prérequis pour d'autres. Soient deux objectifs O_1 et O_2 , si O_1 est un prérequis pour O_2 alors nous dirons qu'il existe une relation ou lien de précédence entre O_1 et O_2 et sera notée $O_1 \rightarrow O_2$.

Ce lien de précédence s'interprète de la façon suivante : pour qu'un apprenant puisse maîtriser l'objectif O_2 , il lui faut d'abord avoir la maîtrise de l'objectif O_1 . Inversement, si l'apprenant a la maîtrise de l'objectif O_2 , cela veut dire qu'il maîtrise l'objectif O_1 .

Propriétés des relations de précédence

Les relations de précédence vérifieront les propriétés suivantes :

Unités d'apprentissage				Objectifs d'apprentissage				
N°	Titre	Durée Mini-male	Durée Maxi-male	Code	Titre	Seuil (%)	Durée Mini-male	Durée Maxi-male
1	Les spécificités du Langage C	4 jours	6 jours	O101	identifier les éléments de bases du langage C	50	12 heures	18 heures
				O102	déclarer une constante et variable avec leurs portées	50	12 heures	18 heures
				O103	associer des opérateurs et priorités aux opérations	60	16 heures	1 jour
				O104	utiliser les structures conditionnelles	70	16 heures	1 jour
				O105	utiliser les structures répétitives ou itératives	70	16 heures	1 jour
				O106	traduire un algorithme en langage C et l'exécuter	80	25 heures	36 heures
2	La modularité d'un programme	6 jours	8 jours	O201	définir la notion de module	60	16 heures	1 jour
				O202	identifier les paramètres d'un module, leurs catégories et portées	70	8 heures	12 heures
				O203	différencier les modes de passage d'un paramètre à un module	70	25 heures	36 heures
				O204	écrire des fonctions récursives	60	16 heures	1 jour
				O205	écrire des fonctions à nombre variable de paramètres	50	16 heures	1 jour
				O206	modulariser un programme	80	16 heures	1 jour
				O207	manipuler le préprocesseur et compiler un programme contenu dans plusieurs fichiers	50	33 heures	2 jours

Tableau 2.1.2 – Objectifs d'apprentissage des 2 premières unités d'apprentissage du cours de Programmation en Langage C (Tableau 2.1.1)

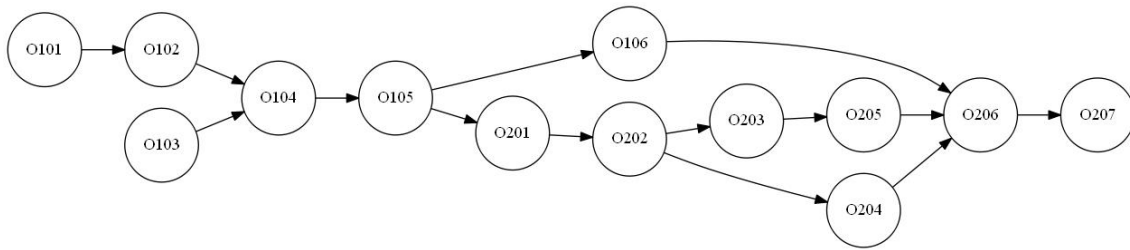


Figure 2.1.3 – Graphe de précédence des objectifs d'apprentissage des 2 premières unités d'apprentissage (Tableau 2.1.2) du cours de Programmation de Langage C

Transitivité La relation de précédence est une relation transitive c'est-à-dire que si $O_1 \rightarrow O_2$ et $O_2 \rightarrow O_3$ alors $O_1 \rightarrow O_3$. Pour optimiser (éliminer les précédences déductibles) les relations de précédences, le modèle n'accepte pas qu'il existe de transitivité parmi les relations de précédences déclarées. Le futur système devra au fur et à mesure que l'enseignant libelle les précédences, vérifier et éliminer les relations transitives.

Asymétrie La relation de précédence est d'une part antisymétrique sinon cela poserait un problème de boucle infinie au sein de l'acquisition de la connaissance et d'autre part, elle est antiréflexive car un objectif ne saurait dépendre encore de lui-même.

Exemple : Diagramme de précédence entre les objectifs d'apprentissage de l'unité d'enseignement de Programmation en Langage C

Pour des raisons d'espace, nous ne présentons à la Figure 2.1.3 que les relations de précédence des objectifs des 2 premières unités d'apprentissage (Tableau 2.1.2). Le graphe complet est présenté en annexe à la Figure B.1 de la page 198.

2.1.4.5 Indexation des activités par les objectifs d'apprentissage

Le modèle définit pour chaque activité, les objectifs nécessaires pour sa réalisation. De même, le modèle s'assure que chaque objectif dispose des activités pour valider les connaissances acquises. Pour représenter cette double indexation des activités par les objectifs et réciproquement, le modèle dispose d'une matrice (A_i^j) où les activités sont en ligne et les objectifs en colonne. La matrice contient les taux de participation de chaque activité à l'évaluation et validation de chaque objectif. Ainsi, chaque activité A_i^j participe à la validation de l'objectif O_i avec un taux P_i^j où $\sum_{j=1}^{N_i} P_i^j \geq 100\%$.

Le modèle prend ainsi en compte les activités à objectifs multiples qui est une extension (section 2.1.3.1) que nous apportons à la CbKST.

Exemple : Indexation des activités d'apprentissage par les objectifs d'apprentissage de l'unité N° 2

Notre exemple est décrit dans le Tableau 2.1.3

Activité	Seuil	O201	O202	O203	O204	O205	O206	O207
Activité 21	80%	100%						
Activité 22	80%		10%					
Activité 23	80%		10%					
Activité 24	80%		20%					
Activité 25	70%		20%					
Activité 26	70%		20%					
Activité 27	80%		50%	30%				
Activité 28	70%		50%	70%				
Activité 29	80%		10%		20%			
Activité 30	70%		10%		20%			
Activité 31	70%		10%		20%			
Activité 32	70%		10%		20%			
Activité 33	80%		10%		20%			
Activité 34	80%					30%		
Activité 35	50%		10%			70%		
Activité 36	80%						20%	
Activité 37	60%		20%	30%			50%	
Activité 38	80%							30%
Activité 39	50%	50%	10%	50%			50%	
Activité 40	50%	50%	10%	50%	50%		50%	80%

Tableau 2.1.3 – Indexation d'activités d'apprentissage par les objectifs d'apprentissage de l'unité N° 2 de l'exemple du Tableau 2.1.2

2.1.4.6 Acquisition et validation de la connaissance

Bien que l'acquisition de la connaissance se fasse en exploitant les ressources d'apprentissage, notre modèle ne prend pas en compte le fait que les apprenants exploitent effectivement la ressource. Ce choix se justifie par le fait que d'une part, nous ne disposons pas de moyens fiables pour s'assurer que la ressource est réellement exploitée ; d'autre part, un apprenant peut avoir déjà acquis la connaissance contenue dans la ressource dans une formation antérieure. Pour garantir l'acquisition de la connaissance, le modèle la valide sur la base des productions des activités d'apprentissage.

Lorsqu'un apprenant réalise une activité A_i^j , il obtient un score (valeur) V_i^j représentant l'effort consenti à cette activité. A_i^j dispose également d'un seuil de satisfaction S_i^j qui permet de déterminer si elle est validée ou non.

Condition de validation d'une activité

Une activité A_i^j est validée si $V_i^j \geq S_i^j$.

Condition de validation d'un objectif

Un objectif O_i est validé si $\sum_{j=1}^{N_i} P_i^j V_i^j \geq S_i$.

Pour éviter qu'un apprenant valide toutes les activités N_i d'un objectif O_i et ne soit pas à mesure de valider l'objectif, la contrainte suivante doit être respectée lors de la définition des seuils et pourcentages : $\sum_{j=1}^{N_i} P_i^j S_i^j \geq S_i$

La contrainte temporelle est mise sur l'atteinte de l'objectif d'apprentissage et non sur les activités d'apprentissage car ce qui est important est l'atteinte des objectifs. Le temps défini pour l'atteinte d'un objectif inclut le temps de consultation des ressources d'apprentissage et le temps de réalisation des activités d'apprentissage. Du point de vue des pédagogues, les ressources sont des activités que notre modèle n'évalue pas ; "...elles sont nécessaires à la réalisation des activités." [Pernin, 2003]. Exemple : la lecture d'un support de cours, le téléchargement d'une ressource, la lecture d'une vidéo ou audio, ...

Ce concept d'"acquisition et validation de la connaissance" permet de prendre en compte l'extension sur les seuils de satisfaction de l'apprentissage (section 2.1.3.3).

2.1.5 Génération de la structure de connaissance

La structure de connaissance est un ensemble d'états de connaissance. Dans notre modèle, un état de connaissance est un ensemble d'objectifs d'apprentissage. Nous proposons l'algorithme 1 pour générer la structure de connaissance.

Unités d'apprentissage	Nombre d'objectifs	Nombre relations de précedence	Nombre d'états de connaissance
1	6	5	9
1 + 2	13	14	25
1 + 2 + 3	22	28	897
1 + 2 + 3 + 4	27	35	2 189

Tableau 2.1.4 – Tableau des cardinalités de la structure de connaissance en fonction du nombre d'unités d'apprentissage

Algorithm 1: Génération de la structure de connaissance

Input: **Q** : Etat de connaissance final = ensemble de tous les objectifs d'apprentissage

G : Graphe de précedence des objectifs d'apprentissage

Output: **K** : Structure de connaissance (ensemble d'états de connaissance)

Data: **A** et **B** sont des objectifs d'apprentissage

E est un état de connaissance (ensemble d'objectifs d'apprentissage)

```

begin
    K = {∅} ∪ {Q};
    foreach E ∈ K non marqué do
        foreach A ∈ E do
            if ∄ B ∈ G tel que A → B then
                K = K ∪ {E - {A}}
            end
        end
        Marquer(E)
    end
end

```

Exemple : Structure de connaissance du cours de Programmation en Langage C

En appliquant l'algorithme 1 au cours de Programmation en Langage C, nous obtenons 2 189 états de connaissance comme nous pouvons le voir sur le Tableau 2.1.4.

Pour simplifier l'application de l'algorithme, nous ne considérons que la première unité d'apprentissage comportant les objectifs O101, O102, O103, O104, O105 et O106. Les relations de précedence entre ces objectifs sont schématisées à la Figure 2.1.4.

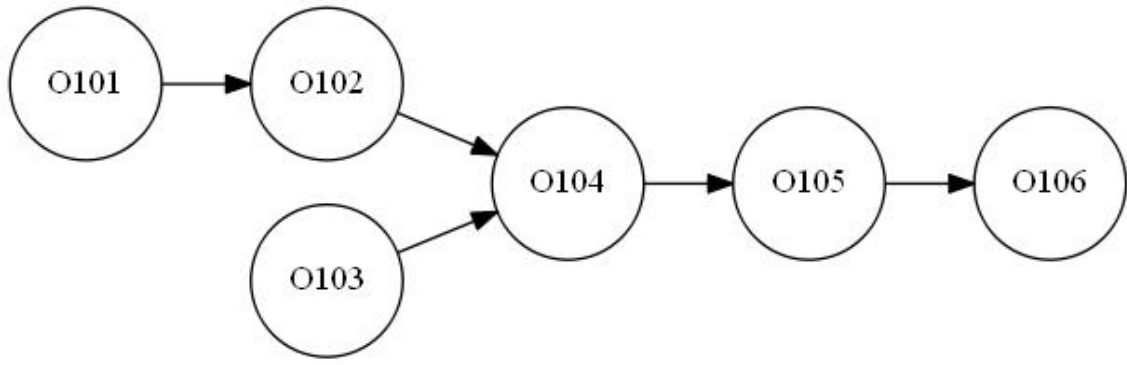


Figure 2.1.4 – Graphe de précedence des objectifs d'apprentissage de la première unité d'apprentissage du cours de Programmation de Langage C

Exécution de l'algorithme

En entrée :

$Q = \{O101, O102, O103, O104, O105, O106\}$

G est schématisé à la Figure 2.1.4

Initialement, $K = \{\emptyset, \{O101, O102, O103, O104, O105, O106\}\}$ et un état marqué sera de couleur bleue.

Etape 1 : $E = \emptyset$

Puisque E est vide, la seconde boucle n'est pas exécutée. L'état \emptyset est marqué

$K = \{\emptyset, \{O101, O102, O103, O104, O105, O106\}\}$

Etape 2 : $E = \{O101, O102, O103, O104, O105, O106\}$

Sous-étape 1 : $A = O101$ Rien à faire car $\exists O101 \rightarrow O102 \in G$

Sous-étape 2 : $A = O102$ Rien à faire car $\exists O102 \rightarrow O104 \in G$

Sous-étape 3 : $A = O103$ Rien à faire car $\exists O103 \rightarrow O104 \in G$

Sous-étape 4 : $A = O104$ Rien à faire car $\exists O104 \rightarrow O105 \in G$

Sous-étape 5 : $A = O105$ Rien à faire car $\exists O105 \rightarrow O106 \in G$

Sous-étape 6 : $A = O106$

$\nexists B \in \{O101, O102, O103, O104, O105, O106\}$ tel que $O106 \rightarrow B$ donc on ajoute à K l'ensemble $\{O101, O102, O103, O104, O105\} = \{O101, O102, O103, O104, O105, O106\} - \{O106\}$

On marque l'ensemble $\{O101, O102, O103, O104, O105, O106\}$

$K = \{\emptyset, \{O101, O102, O103, O104, O105, O106\}, \{O101, O102, O103, O104, O105\}\}$

Etape 3 : $E = \{O101, O102, O103, O104, O105\}$

Sous-étape 1 : $A = O101$ Rien à faire car $\exists O101 \rightarrow O102 \in G$

Sous-étape 2 : $A = O102$ Rien à faire car $\exists O102 \rightarrow O104 \in G$

Sous-étape 3 : $A = O103$ Rien à faire car $\exists O103 \rightarrow O104 \in G$

Sous-étape 4 : $A = O104$ Rien à faire car $\exists O104 \rightarrow O105 \in G$

Sous-étape 5 : $A = O105$

$\nexists B \in \{O101, O102, O103, O104, O105\}$ tel que $O105 \rightarrow B$ donc on ajoute à K l'ensemble $\{O101, O102, O103, O104\} = \{O101, O102, O103, O104, O105\} - \{O105\}$

On marque l'ensemble $\{O101, O102, O103, O104, O105\}$

$K = \{\emptyset, \{O101, O102, O103, O104, O105, O106\}, \{O101, O102, O103, O104, O105\}, \{O101, O102, O103, O104\}\}$

Etape 4 : $E = \{O101, O102, O103, O104\}$

Sous-étape 1 : $A = O101$ Rien à faire car $\exists O101 \rightarrow O102 \in G$

Sous-étape 2 : $A = O102$ Rien à faire car $\exists O102 \rightarrow O104 \in G$

Sous-étape 3 : $A = O103$ Rien à faire car $\exists O103 \rightarrow O104 \in G$

Sous-étape 4 : $A = O104$

$\nexists B \in \{O101, O102, O103, O104\}$ tel que $O104 \rightarrow B$ donc on ajoute à K l'ensemble $\{O101, O102, O103\} = \{O101, O102, O103, O104\} - \{O104\}$

On marque l'ensemble $\{O101, O102, O103, O104\}$

$K = \{\emptyset, \{O101, O102, O103, O104, O105, O106\}, \{O101, O102, O103, O104, O105\}, \{O101, O102, O103, O104\}, \{O101, O102, O103\}\}$

Etape 5 : $E = \{O101, O102, O103\}$

Sous-étape 1 : $A = O101$ Rien à faire car $\exists O101 \rightarrow O102 \in G$

Sous-étape 2 : $A = O102$

$\nexists B \in \{O101, O102, O103\}$ tel que $O102 \rightarrow B$ donc on ajoute à K l'ensemble $\{O101, O103\} = \{O101, O102, O103\} - \{O102\}$

Sous-étape 3 : $A = O103$

$\nexists B \in \{O101, O102, O103\}$ tel que $O103 \rightarrow B$ donc on ajoute à K l'ensemble $\{O101, O102\} = \{O101, O102, O103\} - \{O103\}$

On marque l'ensemble $\{O101, O102, O103\}$

$K = \{\emptyset, \{O101, O102, O103, O104, O105, O106\}, \{O101, O102, O103, O104, O105\}, \{O101, O102, O103, O104\}, \{O101, O102, O103\}, \{O101, O103\}, \{O101, O102\}\}$

Etape 6 : $E = \{O101, O103\}$

Sous-étape 1 : $A = O101$

$\nexists B \in \{O101, O103\}$ tel que $O101 \rightarrow B$ donc on ajoute à K l'ensemble $\{O103\} = \{O101, O103\} - \{O101\}$

Sous-étape 2 : $A = O103$

$\nexists B \in \{O101, O103\}$ tel que $O103 \rightarrow B$ donc on ajoute à K l'ensemble $\{O101\} = \{O101, O103\} - \{O103\}$

On marque l'ensemble $\{O101, O103\}$

$K = \{\emptyset, \{O101, O102, O103, O104, O105, O106\}, \{O101, O102, O103, O104, O105\}, \{O101, O102, O103, O104\}, \{O101, O102, O103\}, \{O101, O103\}, \{O101, O102\}, \{O103\}, \{O101\}\}$

Etape 7 : $E = \{O101, O102\}$

Sous-étape 1 : $A = O101$

$\nexists B \in \{O101, O102\}$ tel que $O101 \rightarrow B$ donc on ajoute à K l'ensemble $\{O102\} = \{O101, O102\} - \{O101\}$

Sous-étape 2 : $A = O102$

$\nexists B \in \{O101, O103\}$ tel que $O102 \rightarrow B$ mais on n'ajoute pas à K l'ensemble $\{O101\} = \{O101, O102\} - \{O102\}$ car il existe déjà

On marque l'ensemble $\{O101, O102\}$

$K = \{\emptyset, \{O101, O102, O103, O104, O105, O106\}, \{O101, O102, O103, O104, O105\}, \{O101, O102, O103, O104\}, \{O101, O102, O103\}, \{O101, O103\}, \{O101, O102\}, \{O103\}, \{O101\}, \{O102\}\}$

Etape 8 : $E = \{O103\}$

Sous-étape 1 : $A = O103$

$\nexists B \in \{O103\}$ tel que $O103 \rightarrow B$ mais on n'ajoute pas à K l'ensemble $\emptyset = \{O103\} - \{O103\}$ car il existe déjà

On marque l'ensemble $\{O103\}$

$K = \{\emptyset, \{O101, O102, O103, O104, O105, O106\}, \{O101, O102, O103, O104, O105\}, \{O101, O102, O103, O104\}, \{O101, O102, O103\}, \{O101, O103\}, \{O101, O102\}, \{O103\}, \{O101\}, \{O102\}\}$

Etape 9 : $E = \{O101\}$

Sous-étape 1 : $A = O101$

$\nexists B \in \{O101\}$ tel que $O101 \rightarrow B$ mais on n'ajoute pas à K l'ensemble $\emptyset = \{O101\} - \{O101\}$ car il existe déjà

On marque l'ensemble $\{O101\}$

$K = \{\emptyset, \{O101, O102, O103, O104, O105, O106\}, \{O101, O102, O103, O104, O105\}, \{O101, O102, O103, O104\}, \{O101, O102, O103\}, \{O101, O103\}, \{O101, O102\}, \{O103\}, \{O101\}, \{O102\}\}$

Etape 10 : $E = \{O102\}$

Sous-étape 1 : $A = O102$

$\nexists B \in \{O102\}$ tel que $O102 \rightarrow B$ mais on n'ajoute pas à K l'ensemble $\emptyset = \{O102\} - \{O102\}$ car il existe déjà

On marque l'ensemble $\{O102\}$

$K = \{\emptyset, \{O101, O102, O103, O104, O105, O106\}, \{O101, O102, O103, O104, O105\}, \{O101, O102, O103, O104\}, \{O101, O102, O103\}, \{O101, O103\}, \{O101, O102\}, \{O103\}, \{O101\}, \{O102\}\}$

Puisque tous les éléments de l'ensemble K sont marqués, l'algorithme s'arrête et $K = \{\emptyset, \{O101, O102, O103, O104, O105, O106\}, \{O101, O102, O103, O104, O105\}, \{O101, O102, O103, O104\}, \{O101, O102, O103\}, \{O101, O103\}, \{O101, O102\}, \{O103\}, \{O101\}, \{O102\}\}$

En appliquant ainsi l'algorithme sur les deux premières unités d'apprentissage du cours de Programmation en Langage C (Tableau 2.1.2), on obtient la structure de connaissance de la Figure 2.1.5


```

K = {
    ∅, {O101}, {O103}, {O101,O102}, {O101,O103},{O101,O102,O103},
    {O101,O102,O103,O104}, {O101,O102,O103,O104,O105},
    {O101,O102,O103,O104,O105,O201}, {O101,O102,O103,O104,O105,O106},
    {O101,O102,O103,O104,O105,O201,O202},
    {O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201},
    {O101,O102,O103,O104,O105,O201,O202,O203},
    {O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201,O202},
    {O101,O102,O103,O104,O105,O201,O202,O204},
    {O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201,O202,O203},
    {O101,O102,O103,O104,O105,O201,O202,O203,O204},
    {O101,O102,O103,O104,O105,O201,O202,O203,O205},
    {O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201,O202,O204},
    {O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201,O202,O203,O204},
    {O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201,O202,O203,O205},
    {O101,O102,O103,O104,O105,O201,O202,O203,O204,O205},
    {O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201,O202,O203,O204,O205},
    {O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201,O202,O203,O204,O205,O206},
    {O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201,O202,O203,O204,O205,O206,O207}
}

```

Figure 2.1.5 – Structure de connaissance des 2 premières unités d'apprentissage du cours de Programmation en Langage C (Tableau 2.1.2)

2.1.6 Détermination des parcours ou chemins d'apprentissage

L'apprentissage se fait en allant de l'état de connaissance initial (\emptyset) à l'état de connaissance final (état contenant tous les objectifs d'apprentissage). Ce processus d'apprentissage oblige une navigation entre les états qui doit respecter certaines caractéristiques. Pour exprimer celles-ci, définissons tout d'abord quelques termes.

Etat de connaissance inférieur

Définition

Un état de connaissance $K1$ est dit inférieur à un état de connaissance $K2$ si $K1 \subset K2$.

Etat de connaissance supérieur

Définition

Inversement, l'état de connaissance $K2$ est dit supérieur à l'état de connaissance $K1$.

Ces définitions étant posées, on peut exprimer les caractéristiques que doit respecter la navigation comme étant les suivantes : l'état initial est inférieur à tous les autres états et l'état final est supérieur à tous les autres états. En général et pour commencer (par la suite, dans la Section 2.1.7, nous développons l'aspect de l'apprentissage où l'apprenant maîtrise plusieurs objectifs à la fois), nous considérons que l'apprentissage est progressif : c'est-à-dire que les apprenants maîtrisent un objectif à la fois. Il faut des états de connaissance dont la différence de cardinalité d'objectifs contenus ne soit que d'un.

Etat de connaissance immédiatement inférieur

Définition

Un état $K1$ est immédiatement inférieur à un état $K2$ s'il existe dans $K2$ un unique objectif tel qu'en le retirant de $K2$, on obtient l'état $K1$.

$$\begin{aligned} \text{Cardinal}(K2) - \text{Cardinal}(K1) &= 1 \\ \text{et} \\ \text{Cardinal}(K2 - K1 \cap K2) &= 1. \end{aligned}$$

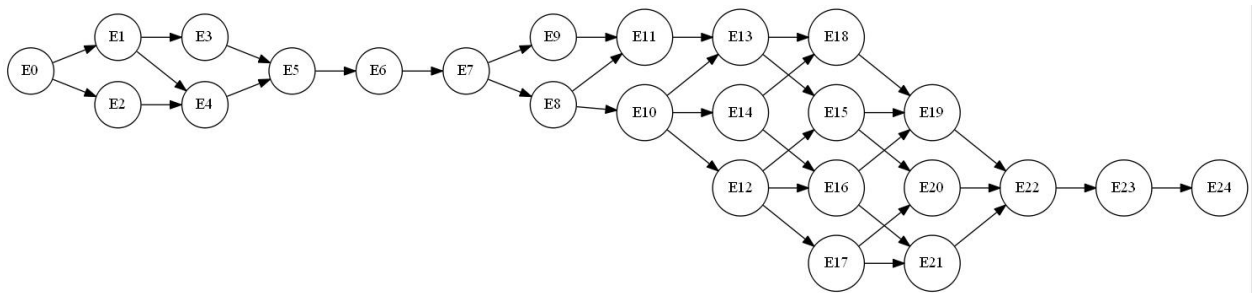


Figure 2.1.6 – Graphe des parcours d'apprentissage des 2 premières unités d'apprentissage du cours de Programmation en Langage C (Figure 2.1.5)

Etat de connaissance immédiatement supérieur

Définition

Un état K1 est immédiatement supérieur à un état K2 s'il existe un objectif n'appartenant pas à K2 tel qu'en l'ajoutant à K2, on obtient l'état K1.

$$\exists O \notin K2, K1 = K2 \cup \{O\}$$

A partir de la structure de connaissance, les parcours d'apprentissage sont déterminés en utilisant les notions de franges internes et externes définies dans la KST [Falmagne et al., 2006]. La frange interne (respectivement externe) d'un état de connaissance K est l'ensemble des objectifs P tel qu'en les retirant (respectivement en les ajoutant) à K, on obtient un autre état de connaissance immédiatement inférieur (respectivement supérieur). Les franges permettent ainsi de relier chaque état de connaissance aux états qui lui sont immédiatement supérieurs (Tableau 2.1.6).

Exemple : Parcours d'apprentissage du cours de Programmation en Langage C

Pour simplifier l'édition du graphe des parcours d'apprentissage (Figure 2.1.6), nous renommons les états de connaissance conformément au Tableau 2.1.5 et nous ne présentons que les parcours d'apprentissage des 2 premières unités.

Juste pour les 2 premières unités d'apprentissage, nous dénombrons 54 différents parcours d'apprentissage (Figure 2.1.6).

Chaque parcours d'apprentissage est un scénario d'apprentissage qu'un apprenant peut choisir. Un apprenant peut changer son scénario durant l'apprentissage en utilisant les passerelles (franges externes et internes) qui existent entre les scénarios.

Etat de connaissance	Nom simplifié
\emptyset	E0
{O101}	E1
{O103}	E2
{O101,O102}	E3
{O101,O103}	E4
{O101,O102,O103}	E5
{O101,O102,O103,O104}	E6
{O101,O102,O103,O104,O105}	E7
{O101,O102,O103,O104,O105,O201}	E8
{O101,O102,O103,O104,O105,O106}	E9
{O101,O102,O103,O104,O105,O201,O202}	E10
{O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201}	E11
{O101,O102,O103,O104,O105,O201,O202,O203}	E12
{O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201,O202}	E13
{O101,O102,O103,O104,O105,O201,O202,O204}	E14
{O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201,O202,O203}	E15
{O101,O102,O103,O104,O105,O201,O202,O203,O204}	E16
{O101,O102,O103,O104,O105,O201,O202,O203,O205}	E17
{O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201,O202,O204}	E18
{O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201,O202,O203,O204}	E19
{O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201,O202,O203,O205}	E20
{O101,O102,O103,O104,O105,O201,O202,O203,O204,O205}	E21
{O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201,O202,O203,O204,O205}	E22
{O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201,O202,O203,O204,O205,O206}	E23
{O101,O102,O103,O104,O105,O106,O201,O202,O203,O204,O205,O206,O207}	E24

Tableau 2.1.5 – Nom simplifié des états de connaissance de la structure de connaissance de la Figure 2.1.5

Etat de connaissance	Objectif	Etat de connaissance suivant
E0	O101	E1
E0	O103	E2
E1	O102	E3
E1	O103	E4
E2	O101	E4
E3	O103	E5
E4	O102	E5
E5	O104	E6
E6	O105	E7
E7	O106	E9
E7	O201	E8
E8	O106	E11
E8	O202	E10
E9	O201	E11
E10	O106	E13
E10	O203	E12
E10	O204	E14
E11	O202	E13
E12	O106	E15
E12	O204	E16
E12	O205	E17
E13	O203	E15
E13	O204	E18
E14	O106	E18
E14	O203	E16
E15	O204	E19
E15	O205	E20
E16	O106	E19
E16	O205	E21
E17	O106	E20
E17	O204	E21
E18	O203	E19
E19	O205	E22
E20	O204	E22
E21	O106	E22
E22	O206	E23
E23	O207	E24

Tableau 2.1.6 – Tableau de liens (franges internes et externes) entre les états de connaissance de la Figure 2.1.5

2.1.7 Impact des activités à objectifs multiples sur les parcours d'apprentissage

Définition

Une activité à objectifs multiples est une activité d'apprentissage qui permet d'atteindre plusieurs objectifs d'apprentissage à la fois.

Selon la KST, une connaissance validée implique son acquisition. De ce fait, si un apprenant (quel que soit son état d'apprentissage) décide de faire une activité dont certains objectifs ne sont pas acquis et qu'il la valide, alors il acquiert les objectifs visés par l'activité. Cette validation est conditionnée par le fait que le score obtenu à l'activité permette de dépasser le seuil de validation de chaque objectif. Ainsi la validation d'une activité à objectifs multiples implique l'acquisition des objectifs visés ou indexés. Nous proposons l'algorithme 2 pour générer les parcours d'apprentissage augmentés.

Algorithm 2: Génération des parcours d'apprentissage augmentés

Input: **G** : Graphe des parcours d'apprentissage (Figure 2.1.6)
 L : Liste des activités à objectifs multiples (Tableau 2.1.3)

Output: Graphe des parcours d'apprentissage augmentés (Figure 2.1.7)

Data: **A** est une activité d'apprentissage
 E et **E'** sont des états de connaissance
 \mathcal{E} est un ensemble d'états de connaissance

```
begin
  foreach  $A \in L$  do
    Génération de l'état de connaissance (E) correspondant
    if non admissible (E) then
      | Rendre admissible (E)
    end
    Marquer (E) comme état augmenté
    Déterminer les différents états  $\mathcal{E}$  qui sont inférieurs à E
    foreach  $E' \in \mathcal{E}$  do
      | Connecter E' à E
    end
  end
end
```

Exemple : Impact de l'activité 27 sur les parcours d'apprentissage de la Figure 2.1.6

Le Tableau 2.1.3 montre qu'il existe plusieurs activités d'apprentissage à objectifs multiples notamment l'activité 27. En appliquant le principe ci-dessus, un apprenant qui valide l'activité 27 peut acquérir (en fonction du score obtenu) les objectifs O202 et O203. Or l'état {O202, O203} n'est pas admissible car l'acquisition (validation) de

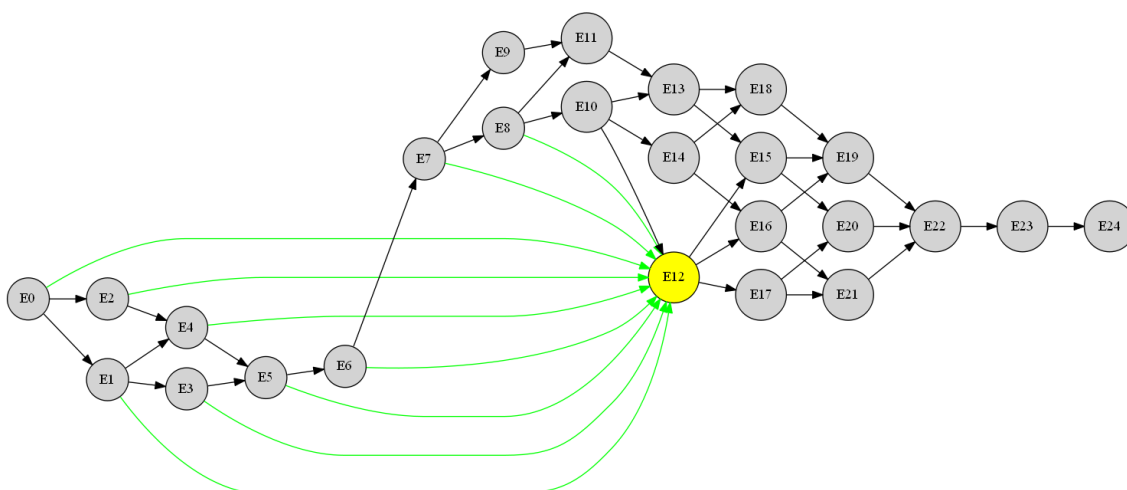


Figure 2.1.7 – Graphe des parcours d'apprentissage augmentés à partir de la Figure 2.1.6

O201 est conditionnée par O105. De plus, O105 a pour prérequis O104 ; O104 a pour prérequis O102 et O103 ; O102 a pour prérequis O101. Donc l'état de connaissance associé à la maîtrise de l'activité 27 est l'état $\{O101, O102, O103, O104, O105, O201, O202, O203\}$ qui correspond à l'état E12 du Tableau 2.1.5. Cet état est accessible à partir de n'importe quel état qui lui est inférieur moyennant la validation de l'activité à objectifs multiples (les traits de couleur verte dans la Figure 2.1.7).

Les activités à objectifs multiples augmentent de nouveaux parcours d'apprentissage conduisant à la notion de parcours d'apprentissage augmenté et des notions associées définies ci-dessous.

2.1.7.1 Etat de connaissance augmenté

Définition

Un état de connaissance augmenté (état de couleur jaune dans la Figure 2.1.7) est un état déjà existant et est dit augmenté s'il peut être obtenu à partir de la validation d'une seule activité à objectifs multiples. Il est dit augmenté car à partir de n'importe quel état qui lui est inférieur, l'apprenant peut y accéder sans passer par les états intermédiaires.

En exemple l'état $\{O101, O102, O103, O104, O105, O201, O202, O203\}$ est augmenté car l'activité 27 permet de travailler tous les objectifs de cet état.

2.1.7.2 Lien augmenté

Définition

Un lien de l'état E1 à l'état E2 est dit augmenté (lien de couleur verte dans la Figure 2.1.7) si E2 est un état augmenté et E1 n'est pas un état immédiatement inférieur de E2.

2.1.7.3 Parcours d'apprentissage augmenté

Définition

Un parcours d'apprentissage (Figure 2.1.7) est dit augmenté s'il existe au moins un lien augmenté dans la liste des liens le caractérisant.

Les parcours d'apprentissage augmentés offrent aux apprenants talentueux ou challengeurs ou maîtrisant déjà un certain nombre de concepts enseignés dans le cours, la possibilité de progresser rapidement dans l'acquisition des compétences. Cette progression est conditionnée par un niveau de satisfaction acceptable défini par l'enseignant.

2.1.8 Synthèse

Ce chapitre nous a permis d'aborder la première problématique de notre thèse qui est de définir un modèle de conception de plusieurs scénarios d'apprentissage pour s'adapter aux particularités des apprenants sans toutefois connaître à l'avance leur profil.

Premièrement, nous avons défini le concept de scénario d'apprentissage pour faire la nuance avec le scénario d'encadrement et le scénario pédagogique. L'objectif dans ce chapitre est de fournir aux enseignants des outils de conception de plusieurs scénarios d'apprentissage en tenant compte des différentes contraintes d'apprentissage définies par les syllabus des unités d'enseignement.

Deuxièmement, nous avons donné les fondements de notre modèle qui sont ceux de la CbKST. Nous avons relevé 3 faiblesses de la CbKST dans un contexte de formation continue ou formation tout au long de la vie. Nous avons apporté des améliorations à ces faiblesses en faisant une extension de la CbKST en tenant compte (1) des activités à objectifs multiples; (2) du respect des contraintes temporelles lors de l'apprentissage et; (3) de la prise en compte des seuils de satisfaction d'une part dans la réalisation des activités d'apprentissage et d'autre part, dans l'atteinte des objectifs d'apprentissage.

Troisièmement, nous avons défini les concepts de notre modèle qui sont :

- La conversion du temps d'apprentissage présentiel en temps d'apprentissage en ligne.
- la décomposition de l'apprentissage en unité d'apprentissage pour être proche des pratiques enseignantes.

- La structuration de l'apprentissage par les objectifs d'apprentissage tout en mettant l'apprenant au centre de la pédagogie.
- La définition des relations de prérequis ou de précédence entre les objectifs d'apprentissage.
- L'indexation des activités par les objectifs d'apprentissage pour garantir d'une part que chaque objectif dispose des activités pour l'évaluer et d'autre part, que chaque activité vise bel et bien un objectif d'apprentissage.
- Les processus d'acquisition et de validation de la connaissance qui tiennent compte des seuils de satisfaction de l'apprentissage.

Quatrièmement, nous avons donné l'algorithme de génération de la structure de connaissance (Algorithme 1) sur la base des relations de précédence entre les objectifs d'apprentissage. L'application de l'algorithme à des exemples nous montre plusieurs états de connaissance par lesquels chaque apprenant peut passer à chaque étape de l'apprentissage (Tableau 2.1.4).

Cinquièmement, en définissant les notions d'états de connaissance immédiatement inférieurs et immédiatement supérieurs, nous avons décrit le processus de détermination des parcours d'apprentissage. L'exemple choisi nous montre qu'il existe plusieurs parcours d'apprentissage que nous assimilons aux scénarios d'apprentissage (Figure 2.1.6).

Sixièmement, en tenant compte des activités à objectifs multiples qui ont été définies au préalable, nous avons défini de nouveaux concepts : (1) état de connaissance augmenté, (2) lien augmenté et, (3) parcours d'apprentissage augmenté. Les activités à objectifs multiples augmentent les parcours d'apprentissage. Nous avons donné l'algorithme de génération des parcours d'apprentissage augmentés (Algorithme 2) à partir des parcours d'apprentissage existants et de la liste des activités à objectifs multiples (Figure 2.1.7).

Ce chapitre nous permet de répondre favorablement à notre première question de recherche (QR1) qui s'interroge sur la possibilité de concevoir un modèle permettant aux enseignants de produire plusieurs scénarios d'apprentissage adaptables aux spécificités de chaque apprenant. Le modèle est décrit sous forme de diagramme de classes UML (Figure 2.1.1) et opérationnalisé au moyen d'algorithmes de génération des parcours (scénarios) d'apprentissage (Algorithmes 1 et 2).

Point fort du modèle

L'un des points forts de notre modèle réside dans le fait qu'il peut d'une part prédire ce que l'apprenant peut faire et d'autre part décrire et expliquer ce qu'un apprenant a fait durant l'apprentissage. La prédiction est possible grâce aux notions d'une part d'états de connaissance qui permettent de situer l'apprenant dans son apprentissage et d'autre part, de franges extérieurs qui permettent de savoir les prochaines connaissances que l'apprenant peut ou veut acquérir. La description et l'explication du processus d'apprentissage se basent sur les différents états de connaissance par lesquels l'apprenant est passé. A chaque état, le modèle prend en compte le temps d'apprentissage et les scores obtenus à chaque activité et objectif.

Point fort du modèle

L'autre point fort de notre modèle est le fait que l'enseignant conçoive plusieurs scénarios d'apprentissage dans un temps similaire à la conception d'un scénario.

Limite du modèle

Une des limites de notre modèle réside dans le fait qu'il est dépendant du modèle du domaine défini par les relations de précédence entre les objectifs d'apprentissage. En cas de non disponibilité du modèle de domaine, il est impossible de déduire ces différents parcours d'apprentissage en vue de personnaliser et adapter le scénario d'apprentissage en fonction des apprenants. Cette situation peut se produire en cas d'affectation des enseignements à de nouveaux enseignants sans expérience ou si l'enseignant ne souhaite pas modéliser le domaine par des relations de précédence entre les objectifs.

Chapitre 2.2

Modèle de co-construction du scénario d'apprentissage par les apprenants

2.2.1 Introduction

L'apprentissage est un processus mettant en jeu plusieurs composantes dont le savoir, l'apprenant et l'enseignant comme le stipule le triangle pédagogique [Houssaye, 2015]. La prise en compte de la composante sociale complexifie ce processus avec la notion de groupe d'apprenants [Ruthven, 2012]. L'enseignant produit un cours basé sur le savoir avec des objectifs bien déterminés. Le cours est organisé sous forme de scénario pédagogique qui est le vecteur directeur de l'enseignement et de l'apprentissage. Ce scénario est inapproprié pour certains apprenants car l'apprentissage dépend des caractéristiques (rythme de travail, styles cognitifs, facteurs affectifs, connaissances antérieures, ...) de chacun d'eux. Idéalement, pour améliorer le processus d'apprentissage, il faut que chaque apprenant dispose d'un scénario personnalisé. En outre, durant l'apprentissage, les caractéristiques de l'apprenant peuvent être modifiées rendant de moins en moins approprié le scénario initialement personnalisé. Comme nous l'avons conclu dans la synthèse de l'état de l'art (voir section 1.2.5), il serait difficile de détecter le changement des caractéristiques de l'apprenant afin de lui proposer un nouveau scénario adapté durant l'apprentissage.

Nous posons l'hypothèse que chaque apprenant est conscient de nouvelles compétences acquises et détecte en temps réel ses changements comportementaux. Nous sommes conscients que cette hypothèse est réaliste dans le cas où l'apprenant peut s'auto-réguler. Bien que l'aide à l'apprenant à détecter ses changements comportementaux ne fasse pas l'objet de notre travail, des outils dédiés basés sur l'analyse des traces pourraient aider l'apprenant à prendre conscience de ses nouvelles compétences et de ses changements. Ainsi, l'apprenant est apte à définir ou construire le scénario qui lui est adapté. Pour aider l'apprenant dans la construction de son scénario d'apprentissage, nous proposons un modèle de co-construction de l'apprentissage avec deux acteurs dont les rôles sont les suivants :

- Enseignant : Définition des contraintes d'apprentissage pour guider les choix des

apprenants.

- Apprenant : Construction du scénario en choisissant à chaque étape d'apprentissage, des objectifs à atteindre.

Problématique 3 : Accompagnement de l'apprenant lors de l'apprentissage

La problématique de ce chapitre porte sur la co-construction du scénario par l'apprenant durant l'apprentissage pour rendre plus efficace le processus d'apprentissage ou d'acquisition des connaissances

Dans cette problématique, nous nous intéressons à la question de recherche suivante qui figure en cinquième position de nos différentes questions de recherche citées au Chapitre 1.1 :

Question de recherche N° 5 (QR5)

Peut-on mettre en place un modèle permettant à chaque apprenant de co-construire son scénario durant l'apprentissage ?

La suite du chapitre est organisée en 6 sections dont la première fixe les hypothèses de travail, donne l'objectif à atteindre et définit la notion de co-construction. La seconde section présente les fondements de notre modèle. La troisième section s'intéresse au modèle de co-construction du scénario durant l'apprentissage en présentant le processus d'apprentissage et la prise de décision dans les choix de co-construction. La quatrième section présente les modes d'évaluation de la qualité du scénario co-construit. La cinquième section décrit les différentes stratégies de progression dans l'apprentissage. La sixième section donne les règles permettant de garantir la qualité de l'apprentissage.

2.2.2 Hypothèses, objectif et définition

Nous faisons l'hypothèse que nous ne disposons pas a priori des profils d'apprenants. Cette hypothèse découle du contexte de notre travail où nous ne disposons pas de données pour le profilage des apprenants.

De plus, nous présumons qu'à défaut d'être forcément capable de choisir le scénario le plus adapté pour un apprenant, lui donner le choix l'implique en le rendant davantage acteur de sa formation que lorsque s'enchaîne une acquisition des connaissances de manière linéaire et prédéfinie par l'enseignant. Cette approche force l'apprenant à prendre des décisions et éventuellement à les réévaluer s'il se rend compte qu'il a été trop ambitieux soit dans son niveau d'exigence par rapport à une activité, soit dans son choix d'une activité pour laquelle il ne maîtrise pas encore l'ensemble des compétences requises. Cela pourrait se réaliser par un système de tableau de bord pour la visualisation des informations montrant le respect des contraintes fixées par le système ou par l'apprenant à des moments donnés.

L'objectif du modèle est de fournir aux apprenants un environnement propice pour apprendre à leur convenance dans le respect des règles et contraintes de l'apprentissage. Cela leur permettra de rendre plus efficace le processus d'apprentissage ou d'acquisition des connaissances. Ainsi, le scénario d'apprentissage à suivre par un apprenant doit être construit par lui. Pour éviter que l'apprenant ne fasse des choix illogiques (par exemple, vouloir acquérir une compétence avant d'en maîtriser les prérequis), nous optons pour une co-construction entre l'apprenant et l'enseignant.

Définition de la co-construction

La co-construction est le fait de donner la décision à l'apprenant de construire son scénario dans le respect des contraintes imposées par l'enseignant pour éviter que l'apprenant ne fasse des choix illogiques.

Ainsi chaque étape du scénario à construire est déterminée parmi un ensemble possible d'étapes définies par l'enseignant à partir des règles et contraintes d'apprentissage liées au cours (unité d'enseignement) à apprendre.

2.2.3 Fondements

Divers travaux sur la métacognition et l'auto-régulation montrent que l'implication de l'apprenant (par exemple en le laissant choisir ses objectifs d'apprentissage ou compétences à acquérir) peut conduire à un apprentissage profond et à une augmentation de la motivation [Harley et al., 2018], comparativement à une méthode linéaire et passive prédéfinie par l'enseignant. Ainsi, pour permettre à chaque apprenant de choisir les objectifs d'apprentissage à atteindre, dans l'ordre voulu en respectant les contraintes d'apprentissage, le modèle de co-construction se fonde sur le modèle multi-scénario (voir Chapitre 2.1).

Le modèle se base sur les états de connaissance de la structure de connaissance pour permettre à chaque apprenant de se situer dans son apprentissage et de progresser. Un état de connaissance est un ensemble d'objectifs d'apprentissage qui obéit à des règles d'apprentissage puisqu'en plus des ressources (source de connaissances : savoir) et des activités (pour le savoir-faire), il prend en compte la contrainte temporelle et la qualité des productions (rendus d'apprentissage).

2.2.4 Co-construction du scénario d'apprentissage

2.2.4.1 Processus d'apprentissage

Le processus d'apprentissage (Figure 2.2.1) consiste à positionner l'apprenant à l'état de connaissance initial et à le guider jusqu'à ce qu'il atteigne l'état de connaissance final.

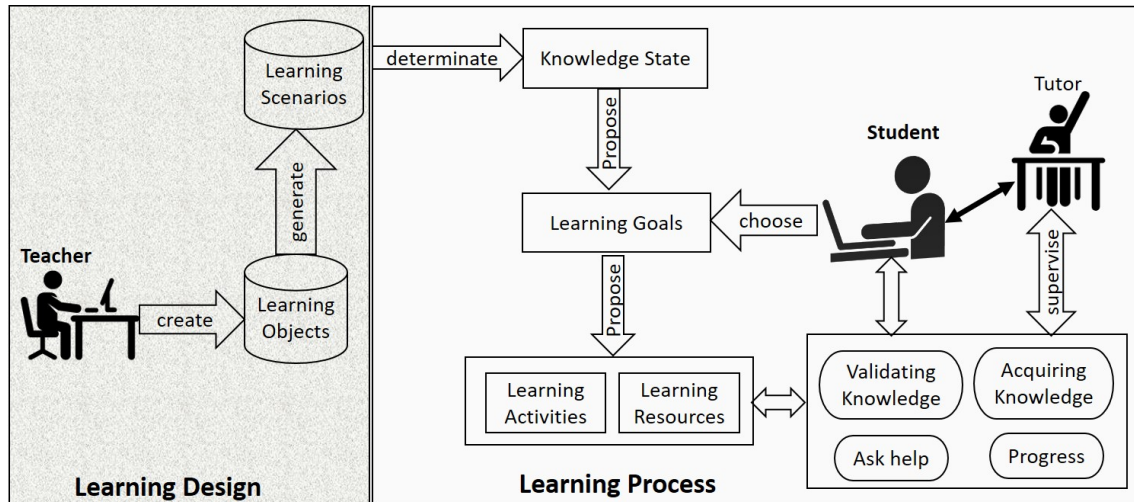


Figure 2.2.1 – Processus d'apprentissage

Les contraintes d'apprentissage définies par l'enseignant lors de la conception des objets d'apprentissage constituent le guidage implicite qui contribue à la co-construction. L'apprentissage est supervisé par un tuteur humain en qualité de facilitateur de l'apprentissage. Les rôles de l'enseignant et du tuteur ne sont pas détaillés dans ce chapitre.

2.2.4.2 Prise de décision dans la co-construction

Durant l'apprentissage, le système détermine l'état de connaissance de l'apprenant et lui propose un ensemble d'objectifs à réaliser. Pour l'objectif choisi, le système propose un ensemble de ressources et d'activités qui permettront d'atteindre l'objectif choisi. Après acquisition et validation de la connaissance, le système détermine son nouvel état de connaissance. En cas d'incapacité de résolution d'une activité, l'apprenant peut l'abandonner et en choisir une autre que le système lui proposera. En cas d'incapacité à atteindre l'objectif en cours, l'apprenant peut le changer et en choisir un autre en se basant sur les objectifs d'apprentissage que le système lui proposera. Nous représentons la prise de décision par la Figure 2.2.2.

2.2.5 Qualité du scénario co-construit

Le modèle intègre des modes d'évaluation de connaissance pour progresser dans l'apprentissage. Le choix du mode dépend du challenge que l'apprenant se fixe à chaque instant. Puisque l'apprenant est situé dans l'apprentissage par son état de connaissance, supposons un état à N objectifs $\{O_1, O_2, \dots, O_N\}$. Nous avons vu dans les concepts initiaux de la modélisation multi-scénario que chaque O_i dispose d'un ensemble d'activités $\{A_i^1, A_i^2, \dots, A_i^{N_i}\}$ pour valider la connaissance acquise (voir Figure 2.1.2). Chaque activité A_i^j dispose d'un pourcentage P_i^j de participation à l'atteinte de l'objectif O_i . Lorsqu'un apprenant choisit de réaliser l'activité A_i^j , nous conservons la valeur V_i^j obtenue pour déterminer l'atteinte de l'objectif. La validation de chaque objectif (O_i) est

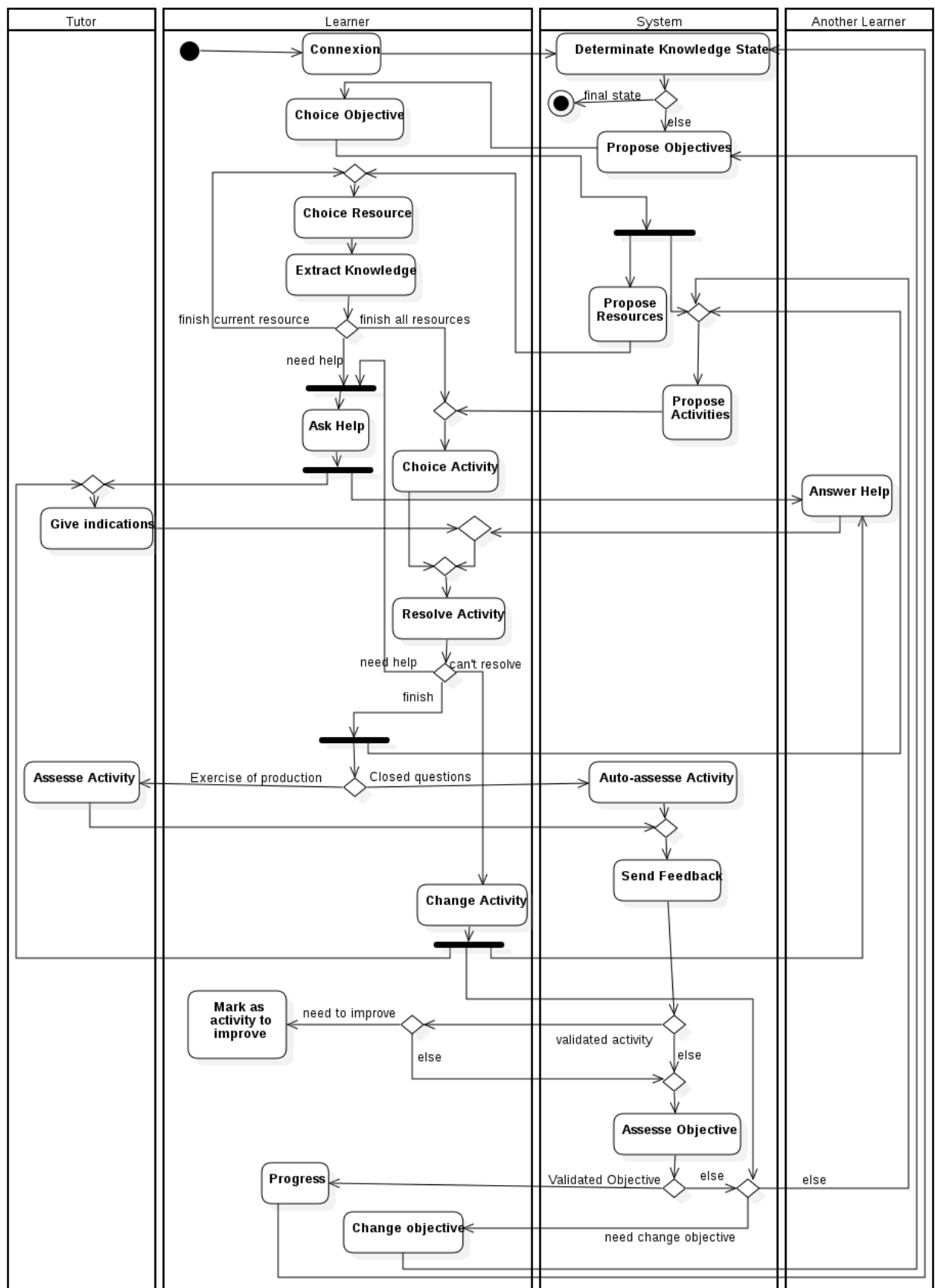


Figure 2.2.2 – Digramme d'activités de l'apprentissage

contrainte par un seuil (S_i). Pour valider son état à N objectifs, l'apprenant dispose de trois modes d'évaluation.

2.2.5.1 Mode d'évaluation par compensation souple

Dans ce mode de validation, nous permettons à un apprenant de progresser à un état de connaissance supérieur même si tous les objectifs de l'état courant n'ont pas été validés.

Condition de validation d'un état de connaissance en évaluation par compensation souple

L'état de connaissance est validé sous la condition suivante :

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N_i} P_i^j V_i^j \geq \sum_{i=1}^N S_i$$

Dans ce cas, les objectifs non validés sont obtenus par compensation des autres. Bien que l'apprenant progresse, nous disposons de ses performances sur chaque objectif fait (validé ou non). A un stade plus avancé de l'apprentissage, si l'apprenant n'arrive plus à progresser, nous lui présenterons les objectifs qu'il faut améliorer pour progresser. Le score de l'objectif dépend du score obtenu aux différentes activités d'apprentissage. Ainsi, améliorer le score d'un objectif revient à améliorer le score des activités qu'il indexe.

Ainsi l'apprenant peut progresser avec peu d'efforts réalisés pour l'atteinte de certains objectifs. Il est possible qu'il progresse sans maîtriser certains objectifs puisqu'il les obtient par compensation.

2.2.5.2 Mode d'évaluation par compensation contraignante

Avec le mode précédent, un apprenant peut valider un état alors qu'il existe au moins un objectif dont la satisfaction est très faible voire nulle. Pour éviter ce cas de figure, nous mettons en place ce mode de compensation où l'apprenant doit faire un minimum d'efforts pour chaque objectif.

Condition de validation d'un état de connaissance en évaluation par compensation contraignante

La validation de l'état de connaissance est conditionnée par la règle

suivante :

$$\prod_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N_i} P_i^j V_i^j \geq \prod_{i=1}^N S_i$$

Ainsi, l'apprenant pour progresser doit réaliser tous les objectifs (ce qui n'était pas forcément le cas dans le mode précédent) et obtenir un score non nul satisfaisant. Dans ce mode, l'apprenant peut également compenser les objectifs non validés.

2.2.5.3 Mode d'évaluation stricte

Ce mode permet aux apprenants challengers d'avoir une maîtrise attestée de tous les objectifs d'un état de connaissance avant de progresser.

Condition de validation d'un état de connaissance en évaluation stricte

L'état de connaissance est validé sous la contrainte suivante : $\forall i, 1 \leq i \leq N, \sum_{j=1}^{N_i} P_i^j V_i^j \geq S_i$

La qualité du scénario construit est meilleure si le mode strict est utilisé tout au long de l'apprentissage.

2.2.6 Progression dans l'apprentissage

Progresser dans l'apprentissage revient à passer de l'état de connaissance courant à l'un des états de connaissance supérieurs. Pour y parvenir, il existe deux états de progression dont l'une est séquentielle et l'autre rapide. Par ailleurs, l'apprenant peut se trouver dans un état bloqué lorsqu'il n'arrive pas à progresser.

2.2.6.1 Progression séquentielle

Définition

Une progression est dite séquentielle lorsque l'apprenant passe d'un état de connaissance courant à un état de connaissance qui lui est immédiatement supérieur (section 2.1.6).

Ce passage se fait en maîtrisant (validant) un seul objectif supplémentaire n'appartenant pas à l'état courant.

2.2.6.2 Progression rapide

Définition

Une progression est dite rapide lorsqu'un apprenant choisit d'utiliser un lien augmenté (section 2.1.7.2) pour progresser dans un état de connaissance supérieur qui est un état de connaissance augmenté (section 2.1.7.1).

Par le lien augmenté, l'apprenant avance plus rapidement car il accède à un état de connaissance supérieur en sautant des états intermédiaires. Cela se traduit concrètement par la décision de faire des activités à objectifs multiples sans toutefois avoir la maîtrise des différents objectifs visés par l'activité. Cette possibilité est autorisée pour prendre en compte des apprenants disposant des préacquis.

2.2.6.3 La progression bloquée (non-progression)

Définition

Nous définissons la progression bloquée comme l'incapacité d'un apprenant de passer de l'état de connaissance courant à un état de connaissance supérieur au bout du temps imparti.

Cette incapacité est due au fait que l'apprenant n'arrive pas à capitaliser un score au sein de l'objectif tel que soit supérieur ou égal au seuil de validation préalablement fixé. Notre modèle ayant pour but d'accompagner l'apprenant à progresser et atteindre ses objectifs d'apprentissage, il nous faut anticiper l'échec de l'apprenant en lui prodiguant des conseils.

2.2.6.4 Les stratégies pour garantir la progression

Chaque objectif (O_i) dispose des durées minimale (T_i^{Min}) et maximale (T_i^{Max}) de réalisation recommandées par l'enseignant pour atteindre le seuil de satisfaction (S_i) (voir Figure 2.1.2). Pour garantir la progression de l'apprenant, des rétroactions (feedbacks) lui sont envoyées en guise de conseils et orientations. Les rétroactions tiennent compte du temps effectué (T_i) et du score obtenu (V_i) à l'objectif (O_i). Les suggestions sont présentées au Tableau 2.2.1. Pour encourager l'apprenant à poursuivre l'objectif en cours en fonction de son évolution, des bonus temporels lui sont accordés.

$$\text{Bonus de temps} = \frac{T_i^{Max} - T_i^{Min}}{2}$$

2.2.7 Garantie de l'apprentissage

En se basant sur le proverbe italien "*Qui va lentement, va sûrement, et qui va sûrement va loin*", on est tenté de ne conseiller aux apprenants que la progression séquentielle. Cette progression permet d'assimiler progressivement la connaissance. Or dans notre modèle, la connaissance est acquise par validation des objectifs d'apprentissage. Avec cette progression, un apprenant aura des connaissances propres à chaque objectif maîtrisé. Toutefois, nous pouvons nous demander si un tel apprentissage à progression séquentielle est approprié vu que l'apprenant ne passe par aucun lien augmenté (possibilité de réalisation d'aucune activité à objectifs multiples) ? Or ce sont des activités qui permettent à l'apprenant de mettre en pratique les différentes connaissances issues de chaque objectif pour résoudre un problème plus général donc accéder à des connaissances supérieures induites de celles apprises de chaque objectif. Pour permettre à l'apprenant de mieux apprendre en accédant à des connaissances non explicites, le modèle devra le contraindre à réaliser les activités à objectifs multiples. Pour y parvenir avec ceux qui optent pour un parcours séquentiel, chaque fois que l'apprenant se trouve dans un état de connaissance supérieur à un état augmenté, il faut systématiquement lui proposer les activités à objectifs multiples de cet état augmenté. La réussite de ces activités vient renforcer le niveau de compétence de l'apprenant dans les différents objectifs visés par les activités. En cas d'échec, l'apprenant est libre de progresser

Condition sur T_i	Condition sur V_i	Action
$T_i \geq 50\% \text{ de } T_i^{Min}$	$V_i \leq 10\% \text{ de } S_i$	Faites attention ! Vous avez consommé plus de 50% du temps alloué pour l'objectif pédagogique. Votre note pour cet objectif est très mauvaise car elle ne dépasse pas 10% du score requis
$T_i \geq 75\% \text{ de } T_i^{Min}$	$V_i \leq 20\% \text{ de } S_i$	Nous vous suggérons de changer d'objectif car vous avez consommé plus de 75% du temps alloué à l'objectif alors que votre note est inférieure à 20% du score requis
$T_i \geq 75\% \text{ de } T_i^{Min}$	$V_i \leq 50\% \text{ de } S_i$	Faites attention ! Vous avez consommé plus de 75% du temps alloué pour l'objectif pédagogique. Votre note pour cet objectif est insuffisante car elle ne dépasse pas 50% du score requis
$T_i \geq T_i^{Min}$	$V_i \leq 25\% \text{ de } S_i$	Nous vous suggérons de changer d'objectif pédagogique car vous avez consommé plus de 100% du temps alloué à l'objectif alors que votre note est inférieure à 25% du score requis
$T_i \geq T_i^{Min}$	$V_i < S_i$	Pour vous offrir la possibilité de valider cet objectif, nous vous offrons un bonus de temps
$T_i \geq T_i^{Min} + \text{Bonus}$	$V_i < S_i$	Malgré le bonus temporel offert, vous n'avez pas pu valider l'objectif. Nous vous accordons un dernier bonus de temps. En revanche, nous vous conseillons de changer d'objectif pédagogique si vous n'arrivez plus à progresser
$T_i \geq T_i^{Max}$	$V_i < S_i$	Votre note ne vous permet pas de valider l'objectif pédagogique. Changez votre méthode d'évaluation à la recherche d'une qui vous permettra de continuer à progresser dans votre apprentissage. Si aucune méthode ne vous le permet, changez immédiatement d'objectif.

Tableau 2.2.1 – Tableau des suggestions pour garantir la progression et anticiper l'échec

mais chaque fois, ces activités non validées lui seront notifiées comme une liste de ses points faibles. Il a la latitude de refaire chacune d'elles chaque fois qu'il le désire. Dès que l'activité est validée, elle n'est plus considérée comme un point faible de l'apprenant.

En revanche, peut-on garantir qu'un apprenant qui choisit de passer autant que possible par les liens augmentés apprend mieux ? Pour apporter un minimum de garantie à la maîtrise des différents objectifs, nous suggérons qu'un tel apprenant ait une progression par acquisition stricte de chaque objectif.

2.2.8 Synthèse

Dans ce chapitre nous avons abordé la seconde problématique de notre thèse qui est la mise en place d'un modèle permettant à chaque apprenant de co-construire son scénario durant l'apprentissage en respectant les contraintes formulées par l'enseignant. La résolution de cette problématique est organisée en six points.

Au premier point, nous avons basé notre modèle sur des hypothèses portant sur (1) la non connaissance du profil des apprenants, (2) la difficulté pour l'enseignant à garantir un scénario adapté à chaque apprenant en fonction de son évolution et, (3) la capacité de chaque apprenant à être maître de son apprentissage. L'objectif du chapitre a été de fournir à chaque apprenant un environnement propice pour apprendre à sa convenance tout en respectant les règles et contraintes de l'apprentissage. Nos hypothèses et objectifs nous ont permis d'orienter ce chapitre vers la co-construction du scénario d'une part par l'apprenant (lorsqu'il choisit ses objectifs ou réoriente ses choix) et d'autre part de façon implicite par l'enseignant (lorsque de nouveaux objectifs sont proposés en cas de succès ou lorsque du feedback est donné en fonction de son état d'avancement). Nous avons conclu le premier point de chapitre en définissant la notion de co-construction où la décision de construire un scénario revient à l'apprenant tout en évitant des choix illogiques.

Au second point, nous avons basé les fondements de la co-construction sur le modèle multi-scénarios d'apprentissage où nous situons chaque apprenant dans l'apprentissage par son état de connaissance courant.

Au troisième point, nous avons décrit le modèle de co-construction du scénario d'apprentissage d'une part par le processus d'apprentissage (Figure 2.2.1) et d'autre part, par la prise de décision dans la co-construction (Figure 2.2.2).

Au quatrième point, nous avons défini trois modes d'évaluation de l'apprentissage que chaque apprenant devra choisir pour être évalué. Le modèle permet à l'apprenant de changer à volonté le mode d'évaluation en fonction de ses ambitions. Les différents modes d'évaluation utilisés à chaque étape de la construction du scénario permettent d'évaluer la qualité du scénario co-construit. Ainsi, un scénario co-construit sera de meilleure qualité si le mode d'évaluation stricte est utilisé tout au long de l'apprentissage. A la manière de ce qu'on trouve dans les jeux vidéos, il sera possible de refaire le

parcours avec un autre niveau de difficulté.

Au cinquième point, nous avons défini deux stratégies de progression que chaque apprenant peut adopter : la stratégie de progression séquentielle et la stratégie de progression rapide. Le désir d'accompagner l'apprenant à la réussite nous a permis de définir des stratégies de conseils et suggestions (Tableau 2.2.1) pour anticiper l'échec. Notre modèle n'impose rien à l'apprenant car d'après l'hypothèse de départ, chaque apprenant est capable d'être maître de son apprentissage. Là encore, on peut imaginer refaire le parcours mais cette fois-ci avec des exercices différents, plus complexes.

Au sixième point, nous avons souligné les inconvénients des différentes stratégies de progression et avons proposé des stratégies pour atténuer ces insuffisances.

En conclusion, nous répondons favorablement à notre cinquième question de recherche (QR5) qui est celle de disposer d'un modèle permettant à chaque apprenant de co-construire son scénario d'apprentissage durant son apprentissage. Le modèle est décrit sous forme de diagramme d'activités d'UML (Figure 2.2.2) et des interactions entre les acteurs de l'apprentissage (Figure 2.2.1).

Notre modèle hérite de la limite du modèle multi-scénarios de l'apprentissage qui est l'un de ses fondements. En fait, si nous ne disposons pas des états de connaissance, le modèle ne propose aucune solution pour situer l'apprenant dans l'apprentissage et le guider dans la construction de son scénario. Une autre limite est l'hypothèse de départ où l'apprenant se connaît parfaitement et a la capacité de s'auto-réguler. Si cette hypothèse n'est pas vérifiée pour certains apprenants, nous comptons sur l'existence des outils (par exemple un tableau de bord) pour les aider dans cette prise de conscience de ses compétences.

Les points forts de notre modèle résident dans le fait que l'apprenant est au centre de l'apprentissage. Il décide à chaque instant des objectifs à atteindre tout en fixant le niveau de satisfaction. Le modèle garantit que malgré la liberté donnée à l'apprenant, le scénario construit garantit les règles et contraintes d'apprentissage. Les stratégies de progression et les modes d'évaluation de l'apprentissage définis dans le modèle offrent à chaque apprenant des outils conceptuels d'apprentissage pouvant conduire à l'apprentissage profond.

Troisième partie

Implémentation

Chapitre 3.1

Les plates-formes d'apprentissage en ligne

3.1.1 Introduction

Pour permettre aux apprenants et à l'équipe pédagogique d'utiliser les modèles définis à la partie 2, leur implémentation est nécessaire. Nos modèles s'appuient sur des concepts (objet pédagogique, apprenant, enseignant, tuteur, ...) et normes (LOM, SCORM, IMS CP, QTI, LTI, ...) existants déjà dans les plates-formes d'apprentissage. Le but de notre thèse n'étant pas de redéfinir ces normes et concepts, nous choisissons d'implémenter nos modèles en héritant des concepts et normes implémentés dans les plates-formes d'apprentissage en ligne dont certaines sont libres et d'autres non. Les plates-formes non libres présentent un important inconvénient : ce sont d'une part des plates-formes propriétaires et d'autre part des plates-formes payantes dont l'accès au code source est difficile. Par contre, les plates-formes libres ont un code source disponible et donnent la possibilité à tout utilisateur de le modifier à volonté à condition de respecter les licences publiques (les licences copyleft telles que la Licence Publique Générale GNU¹ ou les Licences Creative Commons²) de ladite plate-forme. Afin de pouvoir accéder au code, nous optons pour des environnements utilisables par plusieurs acteurs de l'enseignement et de l'apprentissage dont le code est libre pour implémenter nos modèles.

Il existe plusieurs plates-formes d'apprentissage libres dont les concepts et normes d'apprentissage sont implémentés à des degrés différents. L'objectif de ce chapitre est de déterminer une plate-forme dont les concepts et normes implémentés faciliteront la mise en œuvre opérationnelle de nos différents modèles.

Problématique

La problématique de ce chapitre porte sur l'étude des plates-formes d'apprentissage en ligne.

1. <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>

2. <https://creativecommons.org/>

La question de recherche orientant cette étude se formalise en les termes suivants :

Question de Recherche

Quelle est la plate-forme d'apprentissage libre la plus appropriée pour implémenter d'une part le modèle multi-scénarios d'un cours (Chapitre 2.1) et d'autre part le modèle de co-construction du scénario d'apprentissage par l'apprenant (Chapitre 2.2) ?

Nous organisons ce chapitre en 3 sections dont la première présentera nos besoins technologiques pour l'implémentation des différents modèles. La seconde section portera sur l'étude de quelques plate-formes d'apprentissage en ligne. La troisième section portera sur le choix de la plate-forme à utiliser pour l'implémentation de nos modèles.

3.1.2 Les besoins pour l'implémentation des modèles

Dans la revue de la littérature, nous avons vu qu'aucun modèle pédagogique existant n'intègre d'une part la conception multi-scénarios en se basant sur les objectifs d'apprentissage et d'autre part la co-construction du scénario par les apprenants en respectant les contraintes formulées par l'enseignant. Pour implémenter les concepts de nos différents modèles dans une plate-forme existante, il faut choisir celle qui répond le mieux aux besoins de nos modèles. Pour faire le choix, il est impératif de lister les critères qui permettront de faire une étude comparative des plates-formes pour déterminer celle la plus appropriée pour nos modèles.

Les besoins pour l'implémentation de nos modèles se traduisent par les critères suivants :

1. **Prise en compte des activités à objectifs ou compétences multiples** telles que les études de cas [Marfisi-Schottman et al., 2013] pour évaluer la capacité des apprenants à réaliser des activités visant plusieurs compétences à la fois.
2. **Prise en charge des contraintes temporelles** pour le respect du temps d'apprentissage.
3. **Définition des seuils de satisfaction des activités d'apprentissage** pour le respect des conditions de satisfaction de l'apprentissage.
4. **Décomposition de l'apprentissage en unités d'apprentissage** (partie, chapitre, ...) pour être le plus proche des pratiques enseignantes.
5. **Pédagogie centrée sur l'apprenant** pour permettre à l'apprenant de prendre un certain contrôle de son apprentissage.
6. **Structuration de l'apprentissage par objectif ou compétence** pour garantir que tous les objectifs annoncés possèdent des ressources pour l'acquisition de la

connaissance et des activités pour les évaluer.

7. **Définition des relations de précedence entre les objectifs ou compétences** pour éviter d'imposer un ordre d'apprentissage entre 2 objectifs ou compétences alors qu'il n'existe aucune relation de précedence entre eux.
8. **Indexation des activités par les objectifs ou compétences** pour définir la participation des activités à l'atteinte des objectifs ou compétences.
9. **Intégration des espaces de connaissance** pour situer l'état de connaissance de chaque apprenant durant l'apprentissage.
10. **Différenciation du rôle de l'enseignant de celui du tuteur** pour prendre en compte d'une part la conception du cours par l'enseignant et d'autre part, l'accompagnement des apprenants par le tuteur.
11. **Accessibilité aux ressources et activités d'apprentissage en fonction des apprenants et des critères de performance** pour personnaliser l'apprentissage.

3.1.3 Quelques plates-formes d'apprentissage en ligne

Les plates-formes d'apprentissage en ligne sont une sous-catégorie des Environnements Numériques d'Apprentissage (ENA) où les applications utilisées sont basées sur le web. L'un de leurs avantages réside dans le fait qu'ils sont en général multi-systèmes d'exploitation ; il peut exister certains modules du serveur qui ne sont pas compatibles avec tous les systèmes d'exploitation. Dans cette section du document, l'objectif est de sélectionner un ensemble de plates-formes d'apprentissage en ligne nous permettant de faire notre étude comparative en vue de déterminer celle la plus appropriée pour l'implémentation de nos modèles. Vu la centaine de plates-formes d'apprentissage en ligne existantes, il serait irréaliste de faire notre étude en les considérant toutes. Nous choisissons les plates-formes répondant aux critères suivants :

- **Libre** pour la disponibilité du code source et la possibilité d'intégrer notre code.
- **Intégration des outils collaboratifs** tels que le forum pour des discussions sur les demandes d'aide des apprenants et d'autres sujets initiés par l'équipe pédagogique ; la messagerie pour la communication entre les acteurs de l'apprentissage.
- **Possibilité d'ajout des extensions (plugins)** pour garantir l'extension de la plate-forme par l'ajout de notre système.
- **Respect des normes telles que LOM (Learning Object Metadata), SCORM (Sharable Content Object Reference Model), QTI (IMS Ques-**

tion and Test Interoperability) pour faciliter une éventuelle implémentation du modèle dans d'autres plates-formes ; ce qui facilitera le transfert des objets d'apprentissage entre les plates-formes.

- **Plate-forme multi-systèmes d'exploitation** pour garantir l'utilisation de la plate-forme sans contrainte de système d'exploitation.

Sur près de 200 plates-formes d'apprentissage en ligne répertoriées dans le Wikipédia³, nous avons retenu par ordre alphabétique les 5 suivantes qui répondent à l'ensemble des critères attendus :

1. **Chamilo** (<https://www.chamilo.org/>) est une plate-forme d'apprentissage en ligne développée par l'association belge à but non lucratif Chamilo.
2. **Claroline** (<https://www.claroline.net/>) est une plate-forme d'apprentissage en ligne développée par l'Université Catholique de Louvain⁴ en Belgique.
3. **Dokeos** (<https://www.dokeos.com/>) est une plate-forme d'apprentissage en ligne développée par Thomas De Praetere. Elle est dérivée de Claroline.
4. **Moodle** (<https://www.moodle.org/>) est l'acronyme de Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment. C'est une plate-forme d'apprentissage en ligne développée par Moodle HQ qui est une entreprise australienne et financée par des partenaires Moodle et des programmeurs de logiciels libres.
5. **Sakai** (<https://www.sakailms.org/>) est une plate-forme d'apprentissage en ligne développée par quatre universités américaines : Indiana University, Massachusetts Institute of Technology, Stanford University & University of Michigan.

3. https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_de_plateformes_pédagogiques_sous_licence_libre

4. <https://uclouvain.be>

		Plates-formes d'apprentissage en ligne				
		Chamilo	Claroline	Dokeos	Moodle	Sakai
Caractéristiques techniques	Création	2010	2002	2004	2001	2004
	Licence	General Public License (GNU/GPL)	General Public License (GNU/GPL)	General Public License (GNU/GPL)	General Public License (GNU/GPL)	Educational Community License (ECL)
	Système d'exploitation	Unix, Linux, BSD, Windows, Mac OS	Unix, Linux, Windows, Mac OS	Unix, Linux, Windows, Mac OS	Unix, Linux, BSD, Windows, Mac OS, NetWare	Unix, Linux, BSD, Windows, Mac OS, NetWare
	Technologie	Apache/Ningx, PHP, MySQL	Apache, PHP, MySQL, Composer, Node.js, npm	Apache, PHP, MySQL	Apache/Ningx, PHP, MySQL/PostgreSQL/Oracle/MariaDB	Java, MySQL, MariaDB, Oracle
	Langues supportées	4	35	34	100	20
	LOM	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	SCORM	SCORM 1.2	SCORM 1.2	SCORM 1.2	SCORM 1.2 et 2004	SCORM 1.2
	IMS QTI	QTI 1.2 et 2.0	QTI 2.0	QTI 1.2 et 2.0	QTI 1.2 et 2.0	QTI 1.2
	IMS LTI	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
	Forum	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	Chat	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	Wiki	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Tableau 3.1.1 – Caractéristiques techniques des plates-formes d'apprentissage en ligne sélectionnées

Caractéristique	Valeur
Pays	230
Langues de traduction	100
Plugins	1 576
Sites inscrits	92 744
Cours	17 986 103
Utilisateurs	147 467 462
Inscriptions aux cours	706 151 367
Message du forum	319 832 397
Ressources	158 008 636
Questions de type quiz	1 434 934 188

Tableau 3.1.2 – Statistiques de la plate-forme Moodle (sources : <https://moodle.net/stats/>, <https://moodle.org/plugins/> et https://docs.moodle.org/3x/fr/Paquetages_de_langue consultées le 25/02/2019)

3.1.4 Choix de la plate-forme pour l'implémentation des modèles

Sur le plan technique, nous avons retenu cinq plates-formes d'apprentissage en ligne qui peuvent convenir. Sur le plan expérimental, un nouveau critère est ajouté, celui de la disponibilité d'une plate-forme déployée dans une université à laquelle nous avons accès pour faciliter grandement la mise en œuvre et les expérimentations qui doivent suivre pour valider l'approche que nous proposons dans le cadre de ce travail. Il se trouve que MOODLE est déployée à l'Université Assane Seck de Ziguinchor⁵ et fait partie de notre sélection. Bien que la plate-forme MOODLE ait donc été choisie, nous envisageons également une implémentation sur l'une des autres plates-formes identifiées dans la sélection qui précède pour prouver l'indépendance de notre modèle aux plates-formes.

La plate-forme de l'Université Assane Seck de Ziguinchor (UASZ) est accessible à l'adresse <http://foad.uasz.gouv.sn/>. Elle est basée sur la version 3.5.4+ de Moodle publiée en mai 2018 qui est une version récente sachant qu'en date du 25 février 2019, la dernière version est la 3.6.2 publiée au mois de décembre 2018.

Moodle est une plate-forme en évolution constante bénéficiant d'une grande communauté de développeurs et d'utilisateurs (Tableau 3.1.2).

5. <https://www.uasz.sn/>

Moodle dispose d'applications mobiles pour Android dans le Google Play Store⁶ et pour iOS dans l'Apple Store⁷.

3.1.5 Synthèse

Ce chapitre nous a permis de passer en revue les différentes plates-formes d'apprentissage en ligne en vue de déterminer celle la plus appropriée pour implémenter d'une part le modèle multi-scénarios d'un cours (Chapitre 2.1) et d'autre part le modèle de co-construction du scénario d'apprentissage par l'apprenant en respectant les contraintes formulées par l'enseignant (Chapitre 2.2). Ce chapitre est organisé en 3 sections.

Dans la première section, nous avons énuméré onze besoins pour l'implémentation de nos différents modèles conçus à la Troisième partie 2. Ces besoins sont des éléments nécessaires pour l'implémentation et le fonctionnement de nos modèles.

Dans la seconde section, nous avons sélectionné cinq plates-formes d'apprentissage en ligne disposant des caractéristiques favorables pour l'implémentation et le fonctionnement de nos modèles. Ces plates-formes ont été choisies sur la base de (1) la disponibilité de leur code source, (2) l'intégration des outils collaboratifs pour permettre aux apprenants d'avoir un aspect social dans l'apprentissage, (3) la possibilité d'ajout des extensions pour nous permettre d'ajouter nos codes sans modifier les codes existants, (4) le respect des normes telles que LOM, SCORM et QTI pour une adaptation facile dans d'autres plates-formes et (5) la possibilité d'utiliser la plate-forme sur plusieurs systèmes d'exploitation.

Dans la troisième section, nous avons déterminé Moodle comme la plate-forme adéquate pour nos modèles. Le choix de Moodle est basé d'une part sur les différents critères définis précédemment et d'autre part sur sa disponibilité dans l'université avec laquelle nous devons tester nos modèles.

En conclusion, nous optons d'implémenter nos modèles sous forme de plugin intégrable dans Moodle. Notre plugin nommé **EGbKST** (**E**ducational **G**oals based **K**nowledge **S**pace **T**heory) est un module d'activités dans la catégorisation des modules de Moodle.

6. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.moodle.moodlemobile>

7. <https://itunes.apple.com/app/moodle-mobile/id633359593?mt=8>

Chapitre 3.2

Plugin EGbKST : outils technologiques d'accompagnement des acteurs de l'apprentissage

3.2.1 Introduction

Dans la partie 2, nous avons conçu des modèles permettant d'aborder les deux premières problématiques de notre travail à savoir l'accompagnement d'une part des enseignants dans la production multi-scénarios de leurs cours et d'autre part, des apprenants dans la co-construction de leur scénario d'apprentissage dans le but d'avoir un apprentissage profond et de rendre plus efficace le processus d'apprentissage. Ainsi, au Chapitre 2.1, nous avons conçu un modèle permettant à l'enseignant de concevoir plusieurs scénarios d'apprentissage. Ce chapitre nous a permis de répondre favorablement à notre première question de recherche (QR1) portant sur la possibilité de concevoir un modèle permettant aux enseignants de produire plusieurs scénarios d'apprentissage adaptable aux spécificités de chaque apprenant. Au Chapitre 2.2, nous avons conçu un modèle permettant à l'apprenant de co-construire son scénario d'apprentissage en respectant les contraintes formulées par l'enseignant. Ce chapitre nous a permis de répondre favorablement à notre cinquième question de recherche (QR5) qui est celle de disposer d'un modèle permettant à chaque apprenant de co-construire son scénario durant l'apprentissage.

Les synthèses faites au Chapitre 2.1 et Chapitre 2.2 présentent des modèles permettant de rendre plus efficaces les processus de production pédagogique et d'apprentissage. Ces modèles sont inexploitable par les enseignants et apprenants car ils ne comprennent pas forcément le langage du modèle. Il est donc question d'implémenter les différents modèles conçus pour en produire des outils technologiques leur facilitant l'utilisation des modèles. Dans ce chapitre, nous reviendrons sur les deux premières problématiques traitées à la Partie 2 pour nous intéresser aux aspects technologiques de chaque problématique. L'accompagnement du tuteur n'est pas pris en compte par les deux premières problématiques. Or le tuteur a également besoin des outils technologiques pour suivre les apprenants dans un environnement où chacun co-construit son scénario.

Problématique

La problématique de ce chapitre porte sur la conception des outils technologiques pour accompagner (1) les enseignants dans la production multi-scénarios d'un cours, (2) les apprenants dans la co-construction de leur scénario d'apprentissage et (3) les tuteurs dans le suivi de plusieurs apprenants dans un environnement multi-scénarios

Dans cette problématique, nous nous intéressons aux questions de recherche ci-dessous pour orienter les développements mais évidemment, nous ne serons en mesure d'y répondre qu'après les expérimentations qui seront décrites dans la Partie 4.

Question de recherche N° 3

Les outils à développer sont-ils facilement utilisables par les enseignants ?

Question de recherche N° 4

Est-il possible de développer des outils permettant aux tuteurs de suivre efficacement plusieurs apprenants sachant qu'ils peuvent avoir des scénarios différents ?

Question de recherche N° 6

Peut-on développer un système d'apprentissage compréhensible et acceptable par les apprenants où la co-construction du scénario est à leur charge ?

Le modèle est conçu indépendamment de toute plate-forme. A la synthèse du Chapitre 3.1, nous avons opté pour une implémentation de notre modèle sous forme de plugin intégrable dans la plate-forme MOODLE (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment).

La suite du chapitre est organisée en 6 sections. Afin de présenter la différence entre le nouveau système pédagogique et le système initial ou classique, nous présentons à la première section le système pédagogique initial. Cette présentation permettra de comprendre les évolutions faites lors de la présentation du nouveau système. La seconde section présente une vue générale du nouveau système en mettant en exergue les quatre rôles pris en charge dans le nouveau système : enseignant, apprenant, tuteur et gestionnaire. La troisième section présente les outils technologiques mis à la disposition de l'enseignant pour concevoir un cours multi-scénarios. La quatrième section revient sur les aspects administratifs d'un enseignement et présente les outils nécessaires au gestionnaire pour l'administration de l'enseignement. La cinquième section présente les outils indispensables à l'apprenant pour la co-construction de son scénario d'apprentissage en respectant les contraintes formulées par l'enseignant. La sixième section présente les outils dont le tuteur a besoin pour suivre plusieurs apprenants dans un environnement

Titre	Description
Informations générales	Cette section permet de situer le cours dans la formation et contient les informations sur les auteurs
Objectifs généraux	Les différents objectifs généraux du cours
Consignes de travail	Les consignes de travail avant, pendant et après l'apprentissage
Activités préliminaires	Cette section contient les prérequis au cours, un test d'entrée, les mots-clés, le sommaire du cours, la bibliographie, la webographie et un outil de choix d'équipe pour le travail collaboratif
Communication	Les différents outils de communication à utiliser durant l'apprentissage
Séquence 1	Le cours est divisé en séquences (partie, chapitre, titre, section, ...). Chacune contient un titre, une durée, un ensemble d'objectifs spécifiques, un ensemble de ressources et un ensemble d'exercices
...	
Séquence N	

Tableau 3.2.1 – Structuration de l'apprentissage dans le modèle pédagogique initial

multi-scénarios.

3.2.2 Présentation du système pédagogique initial ou classique

Afin de montrer la différence entre le système obtenu et le système initial, nous allons d'abord présenter dans cette section le système pédagogique initial. Le système pédagogique initial utilise la plate-forme MOODLE avec un modèle pédagogique organisé en séquences d'apprentissage (Tableau 3.2.1).

Chaque séquence d'apprentissage est caractérisée par :

- un titre ;
- une durée d'apprentissage ;
- un ensemble d'objectifs d'apprentissage spécifiques (et non généraux) ;
- un ensemble de ressources d'apprentissage pour l'acquisition de la connaissance ;
- un ensemble d'exercices pour évaluer la connaissance acquise.

3.2.2.1 Conception du cours

La conception d'un cours consiste à :

1. saisir les informations générales ;
2. saisir les objectifs généraux ;

3. saisir les consignes de travail ;
4. saisir les prérequis du cours ;
5. insérer un test d'entrée pour vérifier la maîtrise des prérequis, cette évaluation diagnostique ne conditionne pas l'accès au cours ;
6. saisir les mots-clés du cours ;
7. importer le fichier des références bibliographiques ;
8. ajouter si nécessaire un outil de choix d'équipe pour le travail collaboratif ;
9. créer autant de séquences d'apprentissage que nécessaire ; pour chaque séquence d'apprentissage :
 - saisir le titre ;
 - saisir la durée d'apprentissage ;
 - saisir les objectifs d'apprentissage de la séquence ;
 - ajouter les ressources d'apprentissage (fichier, lien, vidéo, page web, ...) nécessaires pour acquérir la connaissance visée par les objectifs de la séquence ;
 - ajouter les exercices (exercices de production ou questions fermées) pour évaluer l'atteinte des objectifs de la séquence d'apprentissage.

Nous remarquons que le modèle initial ne permet pas de s'assurer que les objectifs annoncés disposent systématiquement des ressources pour l'acquisition de la connaissance et/ou des exercices pour l'évaluation.

3.2.2.2 Apprentissage et tutorat

En général, trois jours avant l'ouverture du cours, les apprenants ont accès au cours mais les séquences d'apprentissage ne sont pas visibles. Le tuteur donne l'accès à chaque séquence d'apprentissage en fonction de sa durée et de l'évolution générale des apprenants. Les apprenants disposent des outils de communication pour communiquer avec leurs pairs et les tuteurs. L'apprentissage est basé sur le mode asynchrone pour réduire les contraintes temporelles et les difficultés technologiques (lenteur ou absence temporaire de la connexion, indisponibilité des apprenants ou des tuteurs à une tranche horaire précise, ...). Les interactions (consignes, questions, discussions, ...) se font via les différents forums. Néanmoins, chaque semaine, le tuteur doit organiser une séance synchrone d'au plus une heure de temps pour faire le point d'avancement avec les apprenants et donner les actions à faire durant la semaine. A la fin d'une séquence, le tuteur ouvre la séquence suivante mais les apprenants gardent l'accès aux séquences déjà faites. En règle générale, le tuteur n'accompagne les apprenants que dans la séquence courante.

Dans ce modèle initial, l'apprenant doit consulter toutes les ressources d'apprentissage avant de commencer les exercices car il n'a aucun moyen de connaître les ressources concernant les exercices exploités. L'évaluation en fin de séquence ne permet pas d'anticiper l'échec des apprenants car la séquence contient plusieurs objectifs et sa durée est en général de l'ordre de 2 semaines. De plus, l'ordre des connaissances à acquérir dépend de l'enseignant lors de la conception des séquences d'apprentissage alors que nous avons vu au Chapitre 2.1 que chaque apprenant pourrait décider de l'ordre des connaissances à acquérir.

Les apprenants en avance sur le rythme d'apprentissage sont obligés de se conformer au rythme imposé par le tuteur. Or très souvent, l'agenda des apprenants professionnels ne leur permet pas de disposer d'horaires réguliers pour leur apprentissage.

En conclusion, le modèle pédagogique initial utilisé présente des faiblesses que nous avons corrigées par les différents modèles conçus à la partie 2. Dans les sections suivantes, nous allons présenter l'implémentation des outils de l'enseignant pour la conception multi-scénarios d'un cours et les outils de l'apprenant pour la co-construction du scénario conformément aux modèles conçus dans la Partie 2. Nous présenterons aussi les outils du tuteur pour le suivi pédagogique des apprenants dans un environnement multi-scénarios et des outils pour la gestion administrative d'un cours. Du système initial, nous conserverons les cinq premières sections (Tableau 3.2.1) car elles permettent à un apprenant de situer le cours dans sa formation et de disposer des outils de communication et de test de niveau.

3.2.3 Vue générale du nouveau système pédagogique

Dans le nouveau système développé, nous avons finalement opté pour conserver les cinq premières sections (Tableau 3.2.1) pour permettre aux apprenants d'avoir accès aux informations générales, les objectifs généraux, les consignes de travail, les activités préliminaires avant de débiter l'apprentissage et les outils de communication.

Le nouveau système pédagogique est conçu sous forme de plugin intégrable dans MOODLE. Il est appelé **EGbKST (Educational Goal-based Knowledge Space Theory)** et distingue quatre rôles différents (Figure 3.2.1) qui en fonction des droits d'accès dans Moodle donne quatre interfaces différentes :

1. **Enseignant** pour la conception multi-scénarios du cours
2. **Apprenant** pour la co-construction du scénario durant l'apprentissage
3. **Tuteur** pour le suivi des apprenants dans un environnement multi-scénarios
4. **Gestionnaire** pour la gestion administrative du cours

Les traits de couleur verte représentent les interactions entre les acteurs via le plugin EGbKST ; les traces de ces interactions sont archivées dans le système. Les traits de couleur noire représentent les communications entre les acteurs via des outils externes à notre plugin.

L'interface principale du plugin (Figure 3.2.2) présente sous forme de menus déroulants les différentes fonctionnalités liées aux quatre rôles :

- La fonctionnalité **Modifier** est réservée au rôle **Enseignant**.
- La fonctionnalité **Sessions d'apprentissage** est réservée au rôle **Gestionnaire**.
- La fonctionnalité **Tutorat** est réservée au rôle **Tuteur**.

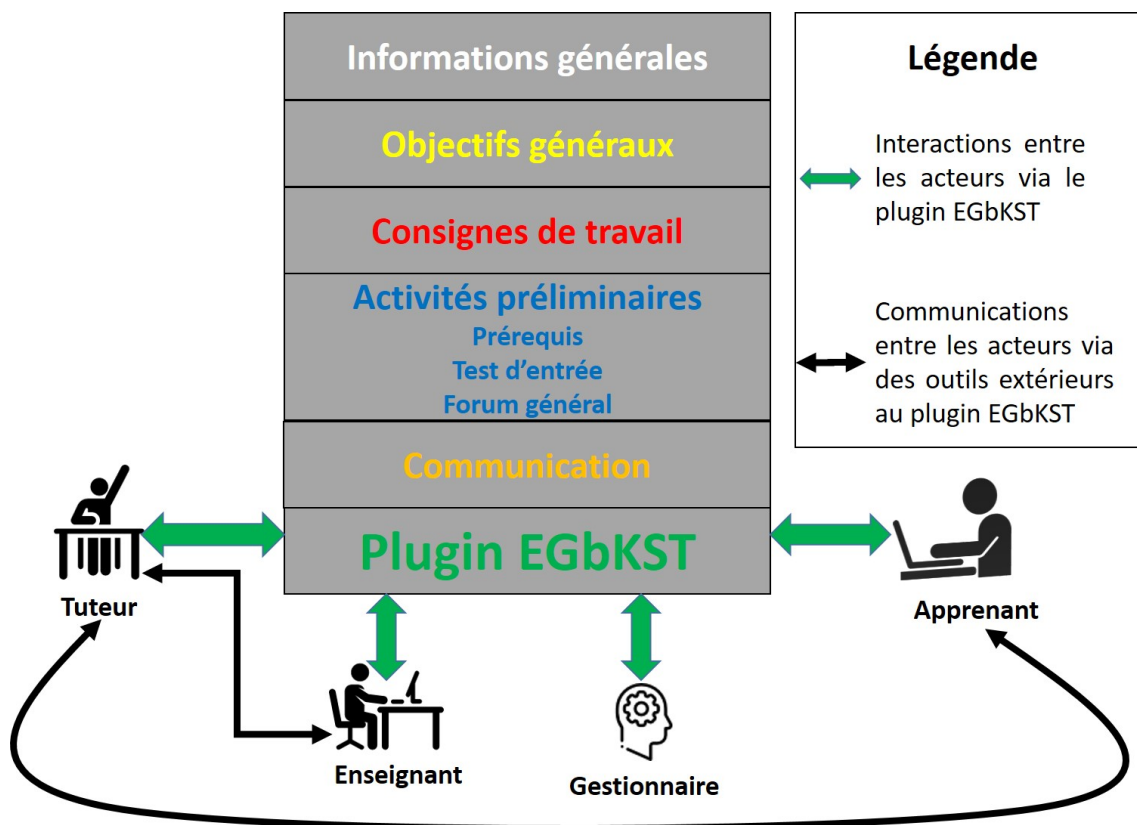


Figure 3.2.1 – Vue générale du nouveau système pédagogique

Informations Générales		ORGANISATION PÉDAGOGIQUE				
<div> <div>Début</div> <div> <div>Modifier</div> <div>Sessions d'apprentissage</div> <div>Tutorat</div> <div>Apprendre</div> </div> </div>						
	Nom complet	Durée Minimal	Durée Maximal	# Objectifs	# Ressources	# Activités
1	U1 De l'information au système informatique	2 jours 2 heures 24 minutes	3 jours	8	12	13
2	U2 Système d'exploitation : Microsoft Windows	3 jours 12 heures	5 jours	8	12	25
3	U3 Traitement de texte : Microsoft Word	2 jours 19 heures 12 minutes	4 jours	10	20	14
4	U4 Présentation Assistée par Ordinateur : Microsoft Powerpoint	1 jour 9 heures 36 minutes	2 jours	4	10	4

Figure 3.2.2 – Interface principale du plugin EGbKST

— La fonctionnalité **Apprendre** est réservée au rôle **Apprenant**.

L'exemple de la Figure 3.2.2 correspond à un acteur qui possède plusieurs rôles. Au cas où l'acteur ne possède qu'un seul rôle, la fonctionnalité est représentée par un bouton de commande.

Dans la suite, nous décrivons pour chaque rôle les outils conçus. La visibilité des outils dépend du ou des rôles dont chaque acteur dispose. Par exemple, si un acteur est à la fois enseignant et tuteur, il disposera les outils du rôle Enseignant et les outils du rôle Tuteur. Si par contre, il ne dispose que du rôle d'Enseignant, il n'aura pas accès aux outils du Tuteur.

3.2.4 Outils de l'enseignant pour la conception multi-scénarios

L'outil de scénarisation du cours est conçu de telle sorte que l'enseignant puisse soit tout faire via le plugin (scénarisation pas à pas), soit le faire avec des outils extérieurs (type tableur par exemple) et importer les résultats dans le système (scénarisation par importation). Afin de faciliter la prise en main du système, nous avons proposé une démarche méthodologique pour la scénarisation d'un cours.

3.2.4.1 Scénarisation d'un cours pas à pas

Pour concevoir son cours, l'enseignant dispose des interfaces et procède ainsi :

1. Ajout des métadonnées telles que les objectifs généraux, les prérequis, les références bibliographiques, les mots-clés et les auteurs
2. Ajout des unités d'apprentissage (son existence n'est pas primordiale pour le modèle mais permet à l'enseignant de se retrouver dans l'organisation de son cours en partie, chapitre ou autres) (Figure 3.2.3).
3. Ajout des objectifs d'apprentissage (Figure 3.2.4).
4. Établissement des liens de précedence entre les objectifs d'apprentissage (Figure 3.2.5)

UNITÉ PÉDAGOGIQUE						
Action :						
Nom : U1						
Nom complet : Principes fondamentaux de l'analyse économique						
Durée Minimal : 2 jours 2 heures 24 minutes						
Durée Maximal : 3 jours						
N° Ordre : 1						
# Objectifs : 6						
# Relations de Précédence : 0						
# Ressources : 6						
# Activités : 8						

OBJECTIF PÉDAGOGIQUE						
Ajouter un objectif pédagogique						
Code	Nom complet	Seuil de Validation	Durée Minimal	Durée Maximal	# Ressources	# Activités
O101	Définir quelques notions de base de l'économie	50 %	8 heures 24 minutes	12 heures	1	3
O102	Reconnaître le but et l'objet de l'économie	60 %	8 heures 24 minutes	12 heures	1	2
O103	Délimiter le champ d'action de la science économique	50 %	8 heures 24 minutes	12 heures	1	3

Figure 3.2.3 – Interface d’affichage d’une unité pédagogique

5. Ajout des ressources d’apprentissage par objectif (Figure 3.2.6). Les ressources sont de type **Fichier** ou **Page web**. Les vidéos sont généralement embarquées comme des page web pour éviter de surcharger la plate-forme d’apprentissage.
6. Ajout des activités d’apprentissage avec précision des objectifs visés (Figure 3.2.7). Les activités sont de type **Devoir** pour les exercices de production ou de type **Test** pour les question fermées (vrai/faux, appariement, à trou, choix unique et choix multiples). Les activités peuvent être de type "sommatives" ou "formatives". L’évaluation d’une activité peut être faite par le tuteur ou par les pairs pour les exercices de production. Les activités basées sur les questions fermées sont automatiquement évaluées par le système.
7. Génération de la structure de connaissance et des parcours d’apprentissage (Figure 3.2.8).

3.2.4.2 Scénarisation d’un cours par importation de l’organisation pédagogique

Pour faciliter l’édition du cours, nous avons également conçu un classeur Excel permettant aux enseignants d’y saisir dans chaque feuille les informations suivantes :

- les objectifs généraux
- les prérequis

Ajouter : Objectifs Pédagogiques de

Code*	<input type="text"/>
Nom complet*	<input type="text"/>
Seuil de Validation*	<div>Vous devez remplir ce champ.</div> <input type="text"/>
Durée Minimal*	<input type="text"/> heures ▼
Durée Maximal*	<input type="text"/> heures ▼

Ce formulaire comprend des champs requis, marqués *.

Figure 3.2.4 – Interface d'ajout d'un objectif pédagogique

RELATION DE PRÉCÉDENCE ENTRE LES OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES		
Ajouter Relation de précedence entre les objectifs pédagogiques		
Predecesseur	Successeur	
Supprimer O101 ==> Définir la notion d'information	O102 ==> Décrire les types d'utilisation de l'information	
Supprimer O101 ==> Définir la notion d'information	O103 ==> Citer les étapes de traitement de l'information	
Supprimer O101 ==> Définir la notion d'information	O104 ==> Définir un système d'information et le structurer	
Supprimer O102 ==> Décrire les types d'utilisation de l'information	O401 ==> Mémoriser les bonnes règles d'une présentation	
Supprimer O103 ==> Citer les étapes de traitement de l'information	O401 ==> Mémoriser les bonnes règles d'une présentation	
Supprimer O104 ==> Définir un système d'information et le structurer	O105 ==> Décrire un système informatique	
Supprimer O105 ==> Décrire un système informatique	O106 ==> Distinguer et comparer les différentes mémoires	
Supprimer O105 ==> Décrire un système informatique	O107 ==> Définir et classier les unités périphériques	
Supprimer O105 ==> Décrire un système informatique	O108 ==> Définir et classier les logiciels	
Supprimer O107 ==> Définir et classier les unités périphériques	O201 ==> Se connecter un ordinateur sous Microsoft Windows 8 ou 10	
Supprimer O108 ==> Définir et classier les logiciels	O201 ==> Se connecter un ordinateur sous Microsoft Windows 8 ou 10	
Supprimer O108 ==> Définir et classier les logiciels	O401 ==> Mémoriser les bonnes règles d'une présentation	

Figure 3.2.5 – Interface d'affichage des relations de précédences entre les objectifs pédagogiques

Ajouter : Ressource Pédagogique de : O206 ==> modulariser un programme

Type

Nom *

Ce formulaire comprend des champs requis, marqués * .

Figure 3.2.6 – Interface d'ajout d'une ressource d'apprentissage

Ajouter : Activité de : O206 ==> modulariser un programme

Type *

Type d'évaluation *

Evaluateur *

Nom *

Seuil de Validation *

Figure 3.2.7 – Interface d'ajout d'une activité d'apprentissage

Action			
PARCOURS D'APPRENTISSAGE			
# Objectifs	# Relations de Précédence	# Etats de Connaissance	# Parcours d'Apprentissage
27	35	2189	516673878336

Figure 3.2.8 – Interface d'affichage des parcours d'apprentissage

- les références bibliographiques
- les mots-clés
- les enseignants, auteurs du cours
- l'organisation du cours comportant (1) les unités d'apprentissage avec une durée maximale, (2) pour chaque unité, les objectifs d'apprentissage caractérisés par un seuil de validation et une durée maximale, (3) pour chaque objectif, le nombre de ressources d'apprentissage par catégorie (Page web, Fichier, URL, package SCORM ou Livre)
- les relations de précédence entre les objectifs d'apprentissage
- les activités d'apprentissage caractérisées par un seuil de validation, un type d'activité (auto-corrigée ou non), un type d'évaluation (formative ou sommative), un type d'évaluateur (Tuteur ou Pairs) et un pourcentage de participation à l'atteinte de chaque objectif d'apprentissage.
Le système dans son état actuel ne tient compte que des évaluations sommatives et une évaluation par le tuteur. Les autres options seront intégrées prochainement.

Dans le classeur, une feuille intitulé *Paramètre* permet à l'utilisateur de (1) renseigner le pourcentage de calcul de la durée minimale qui servira à calculer la durée minimale sur la base de la durée maximale saisie dans l'organisation du cours; (2) un préfixe pour codifier les unités et objectifs d'apprentissage; (3) les statistiques des objets pédagogiques (unité, objectif, ressource et activité) du cours; (4) une vérification de la bonne répartition des heures d'une unité d'apprentissage aux objectifs qui y sont associés.

Un dossier contenant les classeurs remplis est disponible à l'adresse <https://drive.google.com/open?id=1wH0m0jp17niUjHN2uRwbsXI0VVPa0YTx>.

Le contenu de la feuille du classeur (représentant l'organisation pédagogique du cours) est ensuite exporté en fichier CSV (Comma-Separated Values) et enfin importé dans le système (Figure 3.2.9). Cette importation permet de créer le cours dans le plugin EGbKST. Il reste à l'enseignant d'une part à ajouter le contenu des ressources et des activités d'apprentissage; d'autre part, à générer la structure de connaissance et les parcours d'apprentissage.

3.2.5 Outils du gestionnaire pour la gestion administrative du cours

Dans notre plugin, la gestion administrative du cours consiste à créer et clôturer une session d'apprentissage.

Une session d'apprentissage contient (Figure 3.2.10) :

Figure 3.2.9 – Interface d’importation du fichier CSV de la structuration pédagogique

- Un **nom** pour l’identification.
- Une **date et heure de début** de l’apprentissage. Bien que le cours soit ouvert, l’apprentissage ne peut débuter avant la date et l’heure prévues.
- Une **échelle (barème) de notation** des notes partielles à chaque étape d’apprentissage et de la note finale. Les évaluations des activités, de l’atteinte des objectifs et de la progression des apprenants est faite sur la base des pourcentages fixés lors de la conception du cours ; or en général, les notes et moyennes des apprenants sont données en fonction d’une valeur maximale de référence (Exemple : notation sur 20).
- Une **option d’activation du respect du temps d’apprentissage**. En cas d’activation de cette option, les apprenants recevront des notifications pour le respect du temps d’apprentissage.
- Un **tuteur** pour le suivi des apprenants. Il doit être sélectionné dans la liste des tuteurs affectés au cours.
- Des **apprenants** inscrits à la session. Ils sont sélectionnées dans la liste des apprenants inscrits au cours.

Le tuteur possède également des privilèges de clôture d’une session d’apprentissage. S’il la clôture par inadvertance, seul le gestionnaire peut la rouvrir. Plusieurs sessions d’apprentissage d’un même cours peuvent se dérouler en parallèle.

Ajouter : Session d'apprentissage

Nom*

Heure Début* ☐ Activer

Echelle*

Minuteur* ☒ Activer pour imposer le respect du temps d'apprentissage

Tuteur*

Apprenants*

Elisabeth A (elisabeth.a@hotmail.fr)

Yakouba A (yakouba.a@gmail.com)

Awading N (awading.n@univ-zig.sn)

Lamarana A (lamarana.a@gmail.com)

Ce formulaire comprend des champs requis, marqués *.

Figure 3.2.10 – Interface d'ajout d'une session d'apprentissage

3.2.6 Outils de l'apprenant pour la co-construction du scénario durant l'apprentissage

Pour que l'apprentissage ait lieu, il faut que le gestionnaire crée une session d'apprentissage puis, qu'il inscrive le tuteur et les apprenants. Pour l'apprentissage, chaque apprenant dispose d'une interface dynamique d'apprentissage et d'un tableau de bord de visualisation des résultats d'apprentissage.

Au début de l'apprentissage, chaque apprenant doit choisir un mode d'évaluation (Figure 3.2.11) qui lui sera appliqué pour sa progression. Ce mode peut être changé à tout moment durant l'apprentissage.

3.2.6.1 Interface dynamique d'apprentissage

L'apprentissage est organisé en blocs (espaces d'affichage) dynamiques dont le contenu et la visibilité dépendent de chaque apprenant et de son état de connaissance. Les blocs sont définis comme suit :

1. Bloc **Statistiques** présente les statistiques de réalisation de l'apprentissage : durée d'apprentissage, nombre d'objectifs soumis, nombre d'objectifs validés, nombre d'activités soumises et nombre d'activités validées (Figure 3.2.12).

CHOIX DU MODE D'ÉVALUATION

☐ **Evaluation stricte**
 ==> Je veux traiter tous les objectifs d'apprentissage et avoir au moins la moyenne sur chacun d'eux (Ce mode conditionne votre progression pédagogique par la validation de chaque objectif d'apprentissage)

☐ **Evaluation par compensation contraignante**
 ==> Je veux traiter tous les objectifs d'apprentissage et avoir la moyenne globalement : pas forcément sur chacun d'eux (Dans ce mode, chaque objectif doit être fait en cas de non validation, vous pouvez progresser dans votre apprentissage à condition qu'il y ait une compensation entre les objectifs)

☐ **Evaluation par compensation souple**
 ==> Je ne veux pas forcément traiter tous les objectifs d'apprentissage du moment où j'ai globalement la moyenne (Ce mode vous permet de progresser par compensation même si certains objectifs ne sont pas réalisés)

DURANT L'APPRENTISSAGE, VOUS AVEZ À TOUT MOMENT LA POSSIBILITÉ DE CHANGER DE MODE D'ÉVALUATION

Figure 3.2.11 – Interface du choix du mode d'évaluation au début de l'apprentissage

2. Bloc **Objectif pédagogique courant**. Ce bloc permet de choisir l'objectif courant (Figure 3.2.13(a)). Quand l'objectif est choisi, ce bloc contient les statistiques sur l'objectif : temps mis, note, nombre d'activités soumises et nombre d'activités validées (Figure 3.2.13(b)). Au fur et à mesure que l'apprenant acquiert et valide la connaissance, le pourcentage d'atteinte de l'objectif s'accroît. Dès que l'objectif est atteint, l'outil de soumission de l'objectif apparaît afin de permettre à l'apprenant de soumettre cet objectif et d'en choisir un autre. Ce bloc contient également l'outil permettant à l'apprenant de changer d'objectif courant en cas de difficultés.
3. Bloc **Ressources Pédagogiques** contient les ressources (lien, fichier, son et vidéo) à consulter pour acquérir les compétences de l'objectif courant (Figure 3.2.13).
4. Bloc **Activité Pédagogique courante**. Ce bloc présente une liste d'activités à faire (Figure 3.2.15(a)). L'apprenant en choisit une en fonction des métadonnées (seuil de validation, nombre d'objectifs visés) de l'activité. Lorsque une activité est choisie comme activité courante, ce bloc présente ses métadonnées (Figure 3.2.15(b)). Ce bloc contient des outils pour (1) la demande d'aide, (2) l'ouverture de l'activité pour traitement, (3) la soumission de l'activité pour évaluation et (4) le changement d'activité courante.
5. Bloc **Communication** contient d'une part la messagerie et d'autre part, le Forum EGbKST qui contient toutes les demandes d'aide lors de l'apprentissage (Figure 3.2.16).
6. Bloc **Mode d'évaluation** précise le mode initialement choisi puis le mode actuel. Ce bloc contient la note partielle et la note finale. La note partielle représente le score relativement à l'état de connaissance courant alors que la note finale représente la note relativement à l'état final. Ce bloc permet d'évaluer l'état de connaissance courant et lorsqu'il est validé, l'outil de progression apparaît et

STATISTIQUES					
	Durée	Début	Fin	# Objectifs	# Activités
Planification	2 semaines	27/08/2018, 08:00:00	10/09/2018, 08:00:00	30	38
Réalisation	1 Semaine 3 jours 2 heures 26 minutes 6 secondes	27/08/2018, 08:54:00	6/09/2018, 11:20:06	27 / 30	20 / 32

Figure 3.2.12 – Interface du bloc des statistiques

permet de passer à un état de connaissance supérieur (Figure 3.2.17).

7. Bloc **Activités Pédagogiques à faire** présente les différentes activités que l'apprenant doit faire en fonction de son état de connaissance (Figure 3.2.18(a)).
8. Bloc **Activités Pédagogiques soumises** contient les activités réalisées, soumises et en attente d'évaluation (Figure 3.2.18(c)).
9. Bloc **Activités Pédagogiques validées** contient les activités soumises, évaluées et validées (Figure 3.2.18(d)).
10. Bloc **Activités Pédagogiques non validées** contient les activités soumises, évaluées et non validées (Figure 3.2.18(e)).
11. Bloc **Activités Pédagogiques annulées** contient les activités que l'apprenant a noté comme activités difficiles ou impossibles à réaliser pour lui dans son état de connaissances actuel (Figure 3.2.18(f)). Ces activités peuvent bien sûr être resélectionnées par la suite lorsque l'apprenant pense être capable de les traiter.
12. Bloc **Activités Pédagogiques à améliorer** contient les activités validées dont l'apprenant souhaite améliorer le score. Toute activité validée peut être améliorée tant que le pourcentage de validation est inférieur à 100% et que la session d'apprentissage n'est pas encore clôturée (Figure 3.2.18(b)).

Au début de l'apprentissage, l'apprenant choisit un objectif à atteindre (Figure 3.2.13(b)). Dès qu'il l'atteint, le système lui propose de choisir un nouvel objectif à atteindre parmi un ensemble (Figure 3.2.13(a)) déterminé par le processus d'apprentissage (Figure 2.2.1) et la prise de décision lors de la co-construction (Figure 2.2.2). L'apprentissage se termine lorsque l'apprenant a atteint tous les objectifs. L'agencement des choix constitue le scénario que construit l'apprenant. Le système dispose de la fonctionnalité de changement d'objectif pour permettre à l'apprenant d'abandonner un objectif au profit d'un autre. Pour progresser dans son apprentissage, l'apprenant choisit au début de son apprentissage le mode d'évaluation (Figure 3.2.11) pour exprimer le degré de challenge voulu. A tout instant, il peut changer de mode soit pour rehausser le challenge soit pour le diminuer (Commande Changer Mode d'évaluation de la Figure 3.2.17). Les efforts réalisés et le mode choisi lui permettent d'avoir à disposition l'outil de validation de l'état de connaissance (Commande Progresser de la

CHOIX D'OBJECTIF PÉFAGOGIQUE

- Définir et classier les logiciels
 - ===> Seuil de Validation = 60 %
 - ===> Temps maximal recommandé = 8 heures 24 minutes
 - ===> Ressources Pédagogiques = 1
 - ===> Activités Pédagogiques = 2
- Distinguer et comparer les différentes mémoires
 - ===> Seuil de Validation = 75 %
 - ===> Temps maximal recommandé = 8 heures 24 minutes
 - ===> Ressources Pédagogiques = 1
 - ===> Activités Pédagogiques = 3
- Décrire les types d'utilisation de l'information
 - ===> Seuil de Validation = 50 %
 - ===> Temps maximal recommandé = 2 heures 31 minutes 12 secondes
 - ===> Ressources Pédagogiques = 1
 - ===> Activités Pédagogiques = 2

Choix
Annuler

(a) Choix d'objectif courant

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> Changement OBJECTIF PÉDAGOGIQUE COURANT : DÉFINIR LA NOTION D'INFORMATION </div>				
	Début	Durée	Seuil de Validation	# Activités
Planification		2 heures 31 minutes 12 secondes	50	3
Réalisation	11/10/2018, 09:16:17	24 minutes 48 secondes	13.335	0 / 1

(b) Présentation de l'objectif courant

Figure 3.2.13 – Interface du bloc Objectif Pédagogique courant

RESSOURCES PÉDAGOGIQUES

0101 : Données -> Information -> Connaissance -> Sagesse
Aide

0101 : Notes de cours
Aide

Figure 3.2.14 – Interface du bloc des ressources pédagogiques

ACTIVITÉ PÉDAGOGIQUE COURANTE

- ☐ Exercice 07
 ===> Objectifs Pédagogiques = 2
 ==> Seuil de Validation = 70 %
 ==> !!! ATTENTION !!! : Cette activité pédagogique est à objectifs multiples avec 1 non validé(s) ou acquis

- ☐ Exercice 08
 ===> Objectifs Pédagogiques = 2
 ==> Seuil de Validation = 60 %
 ==> !!! ATTENTION !!! : Cette activité pédagogique est à objectifs multiples avec 1 non validé(s) ou acquis

- ☐ Exercice 11
 ===> Objectifs Pédagogiques = 4
 ==> Seuil de Validation = 50 %
 ==> !!! ATTENTION !!! : Cette activité pédagogique est à objectifs multiples avec 2 non validé(s) ou acquis

- ☒ Exercice 05
 ===> Objectifs Pédagogiques = 0
 ==> Seuil de Validation = 75 %
 ==> Note = 0 / 100

- ☐ Exercice 06
 ===> Objectifs Pédagogiques = 0
 ==> Seuil de Validation = 50 %
 ==> Note = 0 / 100

Choix
Annuler

(a) Choix d'activité courante

Aide
Changement
ACTIVITÉ PÉDAGOGIQUE COURANTE

Objectifs Pédagogiques	
Nom : Exercice 04	
Seuil de Validation : 50 %	50 % : Définir la notion d'information
Type : Devoir	50 % : Décrire les types d'utilisation de l'information
Evaluateur : Tuteur	
Type d'évaluation : Sommative	
Note 0 ==> En cours	
Ouvrir	

(b) Présentation de l'activité courante

Figure 3.2.15 – Interface du bloc Activité Pédagogique courante



Figure 3.2.16 – Interface du bloc Communication

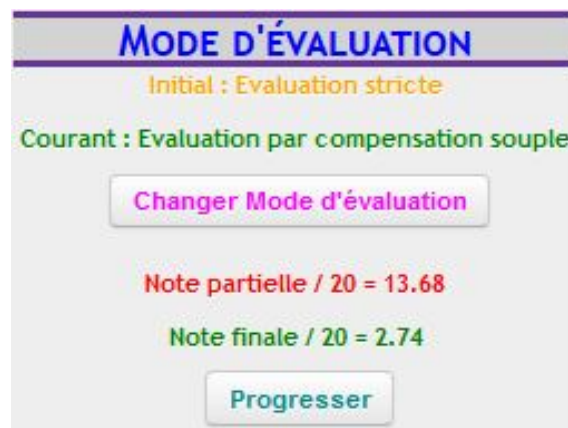


Figure 3.2.17 – Interface du bloc Mode d'évaluation

Figure 3.2.17). Cet outil sert à la progression dans l'apprentissage et n'est visible que si l'apprenant peut progresser.

Lorsque la session d'apprentissage est clôturée, l'apprenant accède toujours à l'interface d'apprentissage mais ne dispose plus des outils d'apprentissage.

3.2.6.2 Tableau de bord de visualisation des résultats d'apprentissage

Cette interface est accessible à partir de l'interface d'apprentissage pour permettre à chaque apprenant de se situer et d'avoir un regard réflexif sur son apprentissage. C'est une interface de type tableau de bord composée des onglets :

1. Onglet **Statistiques de la collaboration** (Figure 3.2.19). Durant l'apprentissage, les apprenants utilisent les forums pour poser les questions ; ces questions sont visibles par le tuteur et les autres apprenants qui doivent apporter les éléments de réponse. Cet onglet présente ainsi les statistiques de la collaboration d'un apprenant durant son apprentissage. Les statistiques sont organisées selon les types d'objets d'apprentissage (ressource, activité, objectif).
2. Onglet **Parcours d'apprentissage** (Figure 3.2.20). Au début de l'apprentissage, le parcours d'apprentissage d'un apprenant n'est pas connu. Cet onglet analyse ses traces d'apprentissage pour présenter dans l'ordre chronologique le scénario d'apprentissage construit par un apprenant.
3. Onglet **Ordre de résolution des activités pédagogiques** (Figure 3.2.21)

ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUE À FAIRE		
Nom	Seuil de Validation	Taux de participation
Exercice 05	75	40
Exercice 06	50	80
Exercice 07	70	50
Exercice 08	60	30
Exercice 11	50	40

(a) Bloc des activités à faire

VŒUX D'AMÉLIORATION D'ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES		
Nom	Seuil de Validation	Note
Exercice 02	50	30
Exercice 04	50	10
Exercice 12	60	0
Exercice 16	50	10
Exercice 19	80	40.48
Exercice 22	70	0
Exercice 30	70	20
Exercice 35	50	58.4

(b) Bloc des activités à améliorer

ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES SOUMISES		
Nom	Seuil de Validation	Note
Exercice 06	50	0

(c) Bloc des activités soumises

ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES VALIDÉES		
Nom	Seuil de Validation	Note
 Exercice 04	50	95

(d) Bloc des activités validées

ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES NON VALIDÉES		
Nom	Seuil de Validation	Note
 Exercice 01	70	26.67

(e) Bloc des activités non validées

ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES ANNULÉES		
Nom	Seuil de Validation	Taux de participation
Exercice 05	75	40

(f) Bloc des activités annulées

Figure 3.2.18 – Les différentes interfaces présentant l'état des différentes activités en fonction de l'état de connaissance d'un apprenant

STATISTIQUES DU FORUM DE DISCUSSIONS				
(3)	Discussions	Réponses des tuteurs	Réponses des apprenants	Réponses pour les autres apprenants
Ressource Pédagogique	2	0	2	0
Activité pédagogique	19	19	19	0
Objectif Pédagogique	2	0	2	0

Figure 3.2.19 – Onglet des Statistiques de collaboration d'un apprenant

PARCOURS D'APPRENTISSAGE										
(30)	Etat de connaissance	Début	Fin	Objectif Pédagogique	Note / 20	Décision	Mode d'évaluation	Etat de connaissance suivant	Etat de connaissance - Note / 20	Apprentissage - Note / 20
	1	27/08/2018, 08:54:55	28/08/2018, 00:03:22	O101	11.33	Validé	Evaluation stricte	2	11.33	0.38
	2	28/08/2018, 00:04:38	28/08/2018, 19:34:59	O104	17.40	Validé	Evaluation stricte	4	14.37	0.96
	4	28/08/2018, 19:36:11	29/08/2018, 10:07:40	O105	17.90	Validé	Evaluation par compensation contraignante	7	15.54	1.55
	7	29/08/2018, 10:09:04	29/08/2018, 10:09:17	O106	19.12	Validé	Evaluation par compensation contraignante	12	16.44	2.19
	12	29/08/2018, 10:10:05	29/08/2018, 10:35:51	O108	2.71	Invalidé	Evaluation par compensation contraignante	16	13.69	2.28
	16	29/08/2018, 10:36:44	29/08/2018, 10:42:18	O103	20.00	Validé	Evaluation par compensation contraignante	26	14.74	2.95
	26	29/08/2018, 10:45:17	29/08/2018, 10:46:54	O102	10.44	Validé	Evaluation par compensation contraignante	44	14.13	3.30
	44	29/08/2018, 10:47:13	29/08/2018, 18:29:00	O401	11.68	Validé	Evaluation par compensation contraignante	54	13.82	3.69
	54	29/08/2018, 18:43:26	29/08/2018, 19:22:02	O107	18.66	Validé	Evaluation par compensation contraignante	68	14.36	4.31
	68	29/08/2018, 19:24:29	29/08/2018, 19:27:45	O201	13.57	Validé	Evaluation par compensation contraignante	87	14.28	4.76
	87	29/08/2018, 19:29:12	29/08/2018, 19:38:27	O202	17.40	Validé	Evaluation par compensation contraignante	127	14.57	5.34
	127	31/08/2018, 12:58:30	31/08/2018, 12:58:45	O203	19.84	Validé	Evaluation par compensation contraignante	174	15.01	6.00
	174	31/08/2018, 12:59:21	31/08/2018, 13:21:00	O204	11.45	Invalidé	Evaluation par compensation contraignante	235	14.73	6.38

Figure 3.2.20 – Onglet du Parcours d'apprentissage (scénario) réalisé par un apprenant

présente dans l'ordre chronologique les activités réalisées (validées ou non). Il est possible d'améliorer le score de chaque activité à condition que le score soit de moins de 100% et que la session d'apprentissage ne soit pas encore clôturée.

4. Onglet **Traces d'apprentissage** (Figure 3.2.22). Cet onglet permet de disposer de toutes les traces d'apprentissage d'un apprenant que l'on peut analyser pour déduire des comportements. Cet onglet ne contient que les traces venant du plugin EgbKST. On peut également disposer des traces provenant de la plate-forme MOODLE.

3.2.7 Outils du tuteur pour le suivi pédagogique : vers une approche tableau de bord

L'apprentissage doit être encadré et suivi par un tuteur dont le rôle est d'accompagner les apprenants [Gounon and Leroux, 2009]. Le tutorat peut être assuré par un tuteur humain [Quintin, 2008] ou un tuteur artificiel intelligent [Bradáč and Kostolányová, 2017]. Dans un contexte d'apprentissage où tous les apprenants disposent d'un scénario imposé par l'enseignant ou le tuteur, le tutorat consiste à suivre le scénario d'encadrement ou d'accompagnement défini à cet effet. [Gounon and Leroux, 2009] souligne la

ORDRE DE RÉSOLUTION DES ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES								
(38)	Activité pédagogique	Seuil de Validation	Mode d'évaluation	Début	Fin	Note	Note / 20	Décision Objectifs Pédagogiques
	Améliorer Exercice 01	70	summative	27/08/2018, 08:56:50	27/08/2018, 08:56:57	73.33	14.67	Validé 50 % : O101 ==> Définir la notion d'information
	Exercice 02	50	summative	27/08/2018, 09:11:48	10/09/2018, 13:54:05	30.00	6.00	Annulé 50 % : O101 ==> Définir la notion d'information
	Exercice 04	50	summative	27/08/2018, 10:52:56	27/08/2018, 11:57:58	10.00	2.00	Invalide 50 % : O101 ==> Définir la notion d'information 50 % : O102 ==> Décrire les types d'utilisation de l'information
	Améliorer Exercice 06	50	summative	28/08/2018, 00:10:18	24/09/2018, 14:06:32	60.00	12.00	Validé 100 % : O104 ==> Définir un système d'information et le structurer
	Améliorer Exercice 08	60	summative	28/08/2018, 00:39:34	28/08/2018, 10:56:49	90.00	18.00	Validé 30 % : O104 ==> Définir un système d'information et le structurer 30 % : O105 ==> Décrire un système informatique
	Améliorer Exercice 07	80	summative	28/08/2018, 19:56:20	24/09/2018, 12:46:53	83.33	16.67	Validé 75 % : O105 ==> Décrire un système informatique
	Exercice 12	60	summative	29/08/2018, 10:13:41	10/09/2018, 12:58:41	0.00	0.00	Annulé 100 % : O108 ==> Définir et classer les logiciels
	Améliorer Exercice 13	70	summative	29/08/2018, 10:16:48	24/09/2018, 13:34:37	82.14	16.43	Validé 30 % : O107 ==> Définir et classer les unités périphériques 20 % : O108 ==> Définir et classer les logiciels 100 % : O201 ==> Se connecter un ordinateur sous Microsoft Windows 8 ou 10
	Exercice 05	50	summative	29/08/2018, 10:40:26	29/08/2018, 10:41:46	100.00	20.00	Validé 100 % : O103 ==> Citer les étapes de traitement de l'information
	Améliorer Exercice 03	50	summative	29/08/2018, 10:46:41	29/08/2018, 10:46:43	94.44	18.89	Validé 50 % : O102 ==> Décrire les types d'utilisation de l'information

Figure 3.2.21 – Onglet des activités résolues par ordre chronologique

TRACES D'APPRENTISSAGE					
(552)	Ordre	Date	Action	Note	Objet d'apprentissage Donnée
	1	27/08/2018, 08:56:50	Choix	0	Activité pédagogique Exercice 01
	2	27/08/2018, 08:56:54	Soumission	0	Activité pédagogique Exercice 01
	3	27/08/2018, 08:56:57	Evaluation	0	Activité pédagogique Exercice 01
	4	27/08/2018, 08:56:57	Validation	73.33	Activité pédagogique Exercice 01
	5	27/08/2018, 09:11:48	Choix	0	Activité pédagogique Exercice 02
	6	27/08/2018, 09:11:52	Soumission	0	Activité pédagogique Exercice 02
	7	27/08/2018, 10:52:56	Choix	0	Activité pédagogique Exercice 04
	8	27/08/2018, 10:53:00	Soumission	0	Activité pédagogique Exercice 04
	9	27/08/2018, 11:38:13	Aide		Ressource Pédagogique 0101 : Notes de cours
	10	27/08/2018, 11:53:40	Evaluation	0	Activité pédagogique Exercice 02

Figure 3.2.22 – Onglet des Traces d'apprentissage d'un apprenant

SESSION D'APPRENTISSAGE : SESSION 2017-2018 (SJ1234 ==> INFORMATIQUE 1)					
	Durée	Début	Fin	# Objectifs	# Activités
Planification	2 semaines	27/08/2018, 08:00:00	10/09/2018, 08:00:00	30	38
Réalisation	6 semaines 6 jours 21 heures 40 minutes 7 secondes	27/08/2018, 11:46:34			

Requêtes en attente	Apprenants	Activités Pédagogiques à corriger	Activités pédagogiques annulées	Activités Pédagogiques non validées	Activités Pédagogiques courantes
Activités Pédagogiques validées	Statistiques de la collaboration	Statistiques d'apprentissage	Statistiques Objectifs	Statistiques Activités	Traces d'apprentissage

ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES ANNULÉES (10)					
Date	Apprenant	Objectif Pédagogique	Activité pédagogique	Note	Seuil de Validation
6/09/2018, 15:12:46	Aliou SANE	20 % : 0106 ==> Distinguer et comparer les différentes mémoires 100 % : 0107 ==> Définir et classer les unités périphériques	Exercice 11	55.28	75
14/09/2018, 16:51:57	Serigne Abdou Khadre FALL	30 % : 0107 ==> Définir et classer les unités périphériques 20 % : 0108 ==> Définir et classer les logiciels 100 % : 0201 ==> Se connecter un ordinateur sous Microsoft Windows 8 ou 10	Exercice 13	53.57	70

Figure 3.2.23 – Interface du tuteur pour le suivi des apprenants dans un contexte multi-scénarios

difficulté à modéliser le scénario d'encadrement car c'est une activité qui se déroule dans l'interaction induisant la difficulté à spécifier à l'avance toutes les interactions. La difficulté est beaucoup plus accrue dans un contexte multi-scénarios où chaque apprenant peut disposer de son propre scénario. Ainsi, il nous semble impossible de concevoir des scénarios d'encadrement puisque nous ne pouvons pas connaître à l'avance le scénario de chaque apprenant et par conséquent, il est impossible de prévoir ses interactions.

Dans le contexte de notre travail, le tutorat est assuré par un humain. Pour lui permettre de suivre plusieurs apprenants sachant qu'ils peuvent suivre des scénarios différents, nous optons pour une approche basée sur les tableaux de bord collectifs et individuels. Ces tableaux sont basés sur des indicateurs comme nous l'avons montré dans une publication [Mbatchou et al., 2018b]. Dans le tutorat, on distingue les modalités d'interventions proactive et réactive. On parle de modalité d'intervention proactive lorsque le tuteur décide d'intervenir spontanément auprès d'un apprenant (par exemple pour le questionner sur l'avancement de son apprentissage surtout lorsqu'il ne progresse pas comme prévu) alors que dans la modalité d'intervention réactive, le tuteur réagit à une sollicitation (par exemple, une demande d'aide ou une soumission d'un exercice pour correction) de l'apprenant ([Lièvre and Depover, 2001]). La première est plus efficace que la seconde [Decamps et al., 2009] et permettra au tuteur d'anticiper sur les éventuels échecs et les abandons des apprenants.

3.2.7.1 Le tableau de bord collectif

Le tableau de bord collectif est organisé en onglets (Figure 3.2.23) dont certains permettent de prendre en compte la modalité d'intervention proactive et d'autres la modalité d'intervention réactive.

3.2.7.1.1 Prise en compte de la réactivité du tuteur

La réactivité est prise en compte par les onglets suivants :


- Onglet **Requêtes en attente** contient toutes les requêtes des apprenants en attente de réponse par le tuteur. Chaque requête est caractérisée par la date, l'heure, l'apprenant l'ayant émise, le type d'objets d'apprentissage concerné (objectif, ressource ou activité), l'objectif d'apprentissage et le sujet de la requête. Chaque requête est enregistrée dans le Forum EGbKST et rendue visible aux autres apprenants pour leur donner la possibilité d'une part de répondre à leur camarade en difficulté et d'autre part de consulter les différentes réponses pour construire leur connaissance.
- Onglet **Activités pédagogiques à corriger** permet au tuteur d'avoir rapidement accès aux activités soumises par les apprenants. Le système récupère dans les différents composants contenant les activités les solutions des apprenants en attente d'évaluation. Dans le système initial ou classique, le tuteur doit aller dans chaque composant rechercher les soumissions des apprenants.

3.2.7.1.2 Prise en compte de la proactivité du tuteur

La proactivité du tuteur est suscitée par les onglets suivants :

- Onglet **Activités pédagogiques annulées**. Toutes les activités déclarées difficilement résolubles par chaque apprenant sont répertoriées dans cet onglet. Lorsqu'un apprenant déclare une activité comme difficile, le système lui demande de donner des indications qui permettront au tuteur voire ses pairs de l'aider. Le tuteur peut ainsi contacter un apprenant en difficulté sur une activité pour lui apporter de l'aide personnalisée.
- Onglet **Activités pédagogiques non validées** permet au tuteur de connaître pour chaque apprenant les activités non validées. A partir de cet onglet, le tuteur peut consulter les réalisations des apprenants et leur accorder un suivi approprié pour la réussite de l'activité.
- Onglet **Activités pédagogiques validées** permet au tuteur de savoir pour chaque apprenant les activités réalisées avec succès et leur score. A partir des performances d'un apprenant, le tuteur peut le conseiller afin d'améliorer cette activité.
- Onglet **Activités pédagogiques courantes** permet au tuteur de savoir ce que chaque apprenant est en train de faire.
- Onglet **Apprenants** donne pour chaque apprenant, (1) la date et l'heure de début d'apprentissage, (2) la date et l'heure de fin s'il a terminé l'apprentissage, (3) la durée d'apprentissage, (4) le nombre d'objectifs atteints sur le nombre d'objectifs soumis, (5) le nombre d'activités validées sur le nombre d'activités soumises, (6) la note partielle et (7) la note finale. Cet onglet permet au tuteur de situer le niveau d'apprentissage d'un apprenants par rapport aux autres.
- Onglet **Statistiques de la collaboration** permet au tuteur d'accéder (1) au

SESSION D'APPRENTISSAGE : SESSION 2017-2018					
	Durée	Début	Fin	# Objectifs	# Activités
Planification	2 semaines	27/08/2018, 08:00:00	10/09/2018, 08:00:00	30	38
Réalisation	5 semaines 6 jours 17 heures 57 minutes 44 secondes	3/09/2018, 16:20:35		15 / 28	15 / 27



Aliou E
 / 77
 Ziguinchor / SN

Note partielle 13.11 / 20
 Note finale 12.67 / 20

Statistiques de la collaboration
 [Requêtes en attente](#)
[Activités Pédagogiques à corriger](#)
[Activités Pédagogiques non validées](#)
[Activités pédagogiques annulées](#)
[Activités Pédagogiques courantes](#)

[Activités Pédagogiques validées](#)
[Parcours d'Apprentissage](#)
[Ordre de résolution des activités pédagogiques](#)
[Traces d'apprentissage](#)
[Retour](#)

STATISTIQUES DE LA COLLABOATION (3)				
	Discussions	Réponses des tuteurs	Réponses des apprenants	Réponses pour les autres apprenants
Ressource Pédagogique	5	0	5	0
Activité pédagogique	2	2	2	0
Objectif Pédagogique	9	0	7	0

Figure 3.2.24 – Interface du tableau de bord individuel

nombre de discussions, (2) au nombre de discussions non répondues par le tuteur, (3) au nombre de réponses et (4) au nombre des réponses des apprenants.

3.2.7.2 Le tableau de bord individuel

Afin de suivre individuellement un apprenant, le tuteur dispose également de tableaux de bord individuels pour chaque apprenant. Chaque tableau de bord individuel (Figure 3.2.24) contient les onglets cités dans le tableau de bord collectif. Mais dans chaque onglet du tableau de bord individuel, les données contenues ne concernent qu'un seul apprenant.

Le tableau de bord individuel comporte de plus :

- Un onglet **Parcours d'apprentissage** pour afficher une vue chronologique et détaillée du parcours d'apprentissage d'un apprenant. Pour chaque étape du parcours; les données suivantes sont affichées : l'objectif choisi, la date du choix, le mode d'évaluation, la décision de l'atteinte ou non de l'objectif, la date d'atteinte de l'objectif, l'évaluation de l'état de connaissance, l'état de connaissance suivant, ...
- Un onglet **Chronologie des activités pédagogiques** présentant les activités pédagogiques dans l'ordre chronologique de réalisation avec le score obtenu.

3.2.8 Synthèse

Ce chapitre nous a permis d'aborder la problématique de la conception des outils technologiques pour accompagner les différents acteurs de l'apprentissage. Cette problématique s'est déclinée en trois questions de recherche (QR3, QR4 et QR6) dont la résolution est organisée en six sections.

Dans la section 1, nous avons présenté le système pédagogique initial utilisé. Cette présentation nous a permis de confirmer les points faibles qui ont justifié la conception du modèle multi-scénarios d'un cours (Chapitre 2.1). L'objectif de cette présentation est de permettre au lecteur de voir la différence apportée par le nouveau système pédagogique. En revanche, le système pédagogique initial possédait des aspects positifs que nous avons conservés dans le nouveau système. Il s'agit notamment des outils permettant aux apprenants de situer un cours dans la formation et les outils de communication et de test de niveau avant l'apprentissage.

Dans la section 2, nous avons présenté une vue générale du nouveau système pédagogique avec les différents liens d'interactions d'une part entre les acteurs et d'autre part, entre les acteurs et le système. Les acteurs du système sont organisés autour de quatre rôles dont l'enseignant, l'apprenant, le tuteur et le gestionnaire. Le nouveau système intègre et organise les éléments que nous avons jugés intéressants dans le système initial. Une telle organisation nous permet d'espérer que le système sera compréhensible et utilisable par les différents acteurs pour répondre favorablement à nos trois questions de recherche.

Dans la section 3, nous avons présenté les différents outils développés pour permettre aux enseignants de concevoir un cours multi-scénarios. L'enseignant dispose des interfaces de conception multi-scénarios via le système. Pour lui permettre de concevoir le cours sans toutefois utiliser en permanence le système, des outils externes ont été développés. Les données de conception multi-scénarios produites par les outils externes doivent être importées dans le système. Ces différents outils internes et externes sont conçus dans l'espoir de répondre favorablement à la QR3 concernant l'utilisabilité du système par les enseignants.

Dans la section 4, nous avons pris en compte la gestion administrative d'un cours qui n'est en général pas du ressort de l'enseignant, ni du tuteur. Puisque dans le LMS MOODLE, ce rôle est attribué au gestionnaire du cours, nous avons donc implémenté des outils pour lui permettre de créer et de clôturer les sessions d'apprentissage. Le gestionnaire du cours dispose d'une vue générale de l'apprentissage et ne peut aucunement intervenir dans l'apprentissage via notre système.

Dans la section 5, nous avons présenté les outils technologiques permettant à l'apprenant de co-construire son scénario à sa guise dans le respect des contraintes d'apprentissage. Ainsi, il choisit son mode d'évaluation pour exprimer le degré de challenge attendu durant l'apprentissage. Il a la liberté de choisir à chaque instant l'objectif à atteindre et l'activité à faire. L'apprenant dispose des outils lui permettant d'envoyer des demandes d'aide à ses pairs et au tuteur. A tout instant, il peut changer son mode d'évaluation, son objectif courant et son activité courante. Notre système place l'apprenant au cœur du dispositif de formation et le laisse libre arbitre de son apprentissage dans le but de répondre à notre QR6 portant la compréhension et l'acceptation du modèle par les apprenants.

Dans la section 6, nous avons présenté les outils permettant au tuteur de suivre

plusieurs apprenants dans un contexte d'apprentissage multi-scénarios. Nous avons vu que pour assurer le tutorat d'un cours, le tuteur doit suivre le scénario d'encadrement ou de formation conçu à cet effet. Or la conception d'un scénario d'encadrement n'est pas évidente car on ne peut prévoir à l'avance toutes les interactions durant l'apprentissage. Il paraît alors utopique d'envisager la conception d'un ou de plusieurs scénarios d'encadrement fixes sans toutefois connaître à l'avance le scénario d'apprentissage qu'un apprenant suivra. Pour permettre donc au tuteur de faire son travail, nous avons opté pour une approche basée sur les tableaux de bord avec des indicateurs. Les tableaux de bord conçus prennent en compte les 2 modalités d'intervention (réactive et proactive) du tutorat. Nous avons conçu un tableau de bord collectif et un tableau de bord individuel pour chaque apprenant. Durant l'apprentissage, le tuteur à travers ses tableaux de bord pourra suivre plusieurs apprenants même s'ils ont des scénarios différents. Ainsi, nous espérons répondre favorablement à notre QR4 portant sur l'efficacité des tableaux de bord.

Les points forts de notre système résident dans le fait qu'il permet à l'enseignant de se concentrer sur la production du contenu en se focalisant sur un seul objectif à la fois. L'agencement des contenus est réalisé par le système. Cela offre une facilité de réutilisation du contenu dans un autre cours. Le système garantit que tous les objectifs annoncés disposent du contenu et sont évalués alors que ce n'était pas le cas dans le système initial si l'enseignant n'y prenait pas garde. La répartition de la durée d'apprentissage par objectif permet à l'enseignant de mieux estimer la charge de travail des apprenants.

La place centrale de l'apprenant dans le système est un gage que tout est fait dans le système pour s'assurer de l'efficacité du processus d'apprentissage et de susciter un apprentissage plus profond chez les apprenants. Les aspects collaboratifs durant l'apprentissage sont pris en compte pour garder le caractère social de l'activité d'apprentissage.

Le tuteur peut suivre particulièrement un apprenant via le tableau de bord individuel et le situer par rapport aux autres via le tableau de bord collectif. Ainsi un apprenant en difficulté est facilement repérable.

Notre système respecte les standards tels que LOM (Learning Object Metadata) et SCORM (Sharable Content Object Reference Model) car nous n'utilisons que des composants de MOODLE qui respectent déjà ces standards.

Le point faible de notre système réside dans la non prise en compte des différents composants de MOODLE. Par exemple, pour une ressource d'apprentissage, MOODLE dispose par défaut 7 composants (Livre, Page, Fichier, URL, Etiquette, Dossier, Paquetage IMS Content); or dans notre système, nous n'en considérons que 2 (Page et Fichier). Cela peut constituer un frein pour un enseignant qui est habitué à utiliser un composant qui n'est pas pris en compte dans notre plugin. Il en est de même pour les composants permettant d'implémenter les activités d'apprentissage mais d'un autre côté, cela permet d'avoir un modèle simple non dépendant d'une plate-forme et donc plus facilement transposable à une autre plate-forme.

Quatrième partie

Expérimentation

Chapitre 4.1

Acceptabilité des modèles auprès des acteurs de l'apprentissage

4.1.1 Introduction

Nous avons conçu 2 modèles à destination des 2 principaux acteurs de l'apprentissage qui sont les enseignants et les apprenants.

Pour les enseignants, nous avons présenté au Chapitre 2.1, le modèle de conception multi-scénarios d'un cours. Ce chapitre nous a permis de répondre favorablement à notre première question de recherche (QR1) montrant la conception d'un modèle permettant aux enseignants de produire plusieurs scénarios d'apprentissage adaptables aux spécificités de chaque apprenant.

Pour les apprenants, nous avons présenté au Chapitre 2.2, le modèle de co-construction du scénario d'apprentissage. Ce chapitre nous a permis de répondre favorablement à notre cinquième question de recherche (QR5) en concevant un tel modèle qui donne l'opportunité à chaque apprenant de (co)construire son scénario durant l'apprentissage en fonction de ses caractéristiques (rythme de travail, styles cognitifs, facteurs affectifs, connaissances antérieures, ...).

A la synthèse de ces chapitres, bien que nous pensons avoir conçu les modèles appropriés pour l'enseignant et l'apprenant, nous espérons que ces acteurs accepteront nos modèles.

Problématique

La problématique de ce chapitre consiste à évaluer l'acceptabilité du modèle multi-scénario de l'apprentissage (Chapitre 2.1) auprès des enseignants et du modèle de co-construction du scénario d'apprentissage (Chapitre 2.2) auprès des apprenants.

Dans cette problématique, nous nous intéressons à 2 questions de recherche suivantes.

La première question s'adresse aux enseignants et elle correspond à la seconde question de recherche (QR2) de cette thèse que nous reformulons ainsi :

Question de recherche N° 2

Les enseignants sont-ils disposés à accepter et utiliser un modèle multi-scénarios de l'apprentissage ?

La seconde question s'adresse aux apprenants et elle correspond à la sixième question de recherche (QR6) de cette thèse que nous reformulons ainsi :

Question de recherche N° 6

Un modèle de co-construction du scénario d'apprentissage est-il compréhensible et acceptable par les apprenants ?

Le chapitre est organisé en trois sections dont la première présente l'université d'expérimentation. Les deux autres portent sur l'évaluation de l'acceptabilité du modèle auprès d'une part des enseignants et d'autre part, des apprenants. Chaque section portant sur l'évaluation de l'acceptabilité contient (1) la méthodologie de l'évaluation ; (2) les résultats obtenus suivis d'une discussion ; (3) une conclusion.

4.1.2 Présentation de l'université de l'expérimentation

Durant cette thèse, nous avons la possibilité d'expérimenter notre approche auprès de trois universités. La première est l'Université Assane Seck de Ziguinchor¹ où je suis enseignant-chercheur au Département d'Informatique. La seconde université est l'Université Savoie Mont Blanc où mon directeur de thèse est enseignant-chercheur à l'Institut Universitaire de Technologie de Chambéry². La troisième université est la Sorbonne Université³ (ex Université Pierre Marie Curie) où mon encadrant de thèse est enseignant-chercheur à la Faculté des Sciences et Ingénierie.

A l'Université Assane Seck de Ziguinchor (UASZ), je suis parallèlement Directeur de la Formation Ouverte et A Distance. Nous avons choisi cette université pour l'expérimentation car j'ai le contrôle non seulement des serveurs mais je peux apporter des modifications sur le modèle pédagogique en Formation A Distance. De par ma position administrative, il est plus facile de convaincre les enseignants à adopter une nouvelle approche pédagogique. L'UASZ créée en 2006 est située au sud du Sénégal. Elle dispose de près de 3500 étudiants répartis dans 21 filières et près de 120 enseignants-chercheurs répartis dans 16 départements (spécialités). L'enseignement se déroule en formation initiale et continue couvrant les 3 cycles d'enseignement (Licence – Master – Doctorat).

1. <https://uaszn.sn/>

2. <http://www.iut-chy.univ-savoie.fr/>

3. <https://www.sorbonne-universite.fr/>

4.1.3 Acceptabilité du modèle multi-scénarios de l'apprentissage auprès des enseignants

4.1.3.1 Méthodologie

4.1.3.1.1 Protocole expérimental

Pour répondre à la seconde question de recherche (QR2), un sondage anonyme⁴ (voir Annexe C) portant sur les aspects suivants a été organisé auprès des enseignants de l'UASZ :

- **Profil de l'enseignant** : chaque enquêté précise son université (pour prendre en compte les collègues qui ont soit changé d'université entre temps, soit des collègues des autres universités qui ont eu accès au sondage), UFR (Unité de Formation et de Recherche), département, ancienneté dans l'enseignement, civilité et tranche d'âge.
- **Productions pédagogiques** : nous leur avons proposé un questionnaire leur permettant d'évaluer la qualité de leurs cours en 3 volets : (1) structuration, (2) contenu et évaluation en fonction des objectifs du cours et (3) agencement des notions du cours.
- **Prédispositions à personnaliser le suivi des apprenants** : notre modèle est basé sur la personnalisation de l'apprentissage et de ce fait, nous avons voulu savoir si les enseignants sont prêts à personnaliser le suivi des apprenants.
- **Résistance au changement d'approche pédagogique** : l'idée est de savoir si les enseignants sont disposés à adopter notre modèle pour leurs cours.

Les questions du sondage sont sous forme affirmative avec des réponses sur une échelle de Likert à 4 points allant de "pas du tout d'accord" à "tout à fait d'accord". En règle générale, [Likert, 1932] recommande une échelle à 5 points avec un point central neutre. Dans le sondage, nous avons volontairement enlevé cette neutralité "Ni en désaccord ni d'accord" car chaque personne enquêtée possède une expérience dans l'enseignement et par conséquent, nous voulons avoir une position en accord ou en désaccord avec nos affirmations.

Le sondage a été envoyé à tous les enseignants et tuteurs⁵ de l'UASZ ainsi qu'à quelques autres enseignants d'autres universités sénégalaises, ce qui représente un total de près de 125 personnes. 64 réponses⁶ ont été reçues (voir Annexe D).

4.1.3.1.2 Protocole de collecte des données

Le questionnaire a été réalisé avec l'outil Google Forms et est accessible en ligne à l'adresse <https://goo.gl/forms/OCQMpcLSn7o3whmJ3>. Le sondage a été envoyé aux enseignants par courrier électronique. Le recueil des données d'enquête est également

4. <https://goo.gl/forms/ne1Uua4UeYPW3Ee02>

5. Personne chargée du suivi pédagogique dans le dispositif de formation en ligne

6. Dépouillement en date du 24/11/2017

fait en ligne avec l'outil Google Forms. Les données ont ensuite été enregistrées dans un fichier CSV (Comma-Separated Values) et exportées pour analyse.

4.1.3.1.3 Protocole d'analyse des données

Pour répondre notre troisième question de recherche "Les enseignants sont-ils disposés à accepter et utiliser un modèle multi-scénarios de l'apprentissage?", nous avons défini trois indicateurs (1) la qualité des productions pédagogiques; (2) le degré de prédispositions à personnaliser le suivi des apprenants; (3) la résistance aux changements d'approche pédagogique.

La qualité des productions pédagogiques permet d'une part de déterminer la structuration pédagogique des cours la plus utilisée et d'autre part, d'évaluer la qualité des cours conçus.

La structuration pédagogique la plus utilisée est basée sur les réponses obtenues à la question suivante du sondage "*Comment organisez-vous et présentez-vous vos cours aux apprenants ?*" (voir Annexe C, Section : Evaluation du modèle pédagogique, Question 8). Nous avons proposé une liste de types de structuration les plus utilisés (Partie, Chapitre, Titre et Autre) où l'enseignant pouvait choisir plus d'un type et aussi ajouter des types qui ne figuraient pas dans la liste. Pour chaque type, nous avons calculé le pourcentage d'enseignants qui l'utilisent. Ainsi nous déterminons le pourcentage d'utilisation de chaque type de structuration pédagogique. La structuration la plus utilisée est celle ayant le plus grand pourcentage.

La qualité des cours conçus est évaluée sur la base de 2 sous-indicateurs : (1) le pourcentage de cours où les ressources et activités pédagogiques sont clairement identifiables par les apprenants en fonction des objectifs pédagogiques annoncés; (2) la satisfaction du scénario pédagogique des cours conçus. Pour chaque sous-indicateur, la question a été posée sous la forme affirmative avec des réponses sur une échelle de Likert à 4 points allant de "*Pas du tout d'accord*" à "*Tout à fait d'accord*". Dans le sondage (voir Annexe C, Section : Evaluation du modèle pédagogique, Questions 9, 10 et 11), nous avons volontairement enlevé l'option de neutralité "*Ni en désaccord ni d'accord*" pour des raisons évoquées au protocole expérimental (Section 4.1.3.1.1). Pour prendre en compte les cours dont les objectifs ne sont pas annoncés, nous avons ajouter dans les réponses possibles des questions 9 et 10, l'option "*Les objectifs ne sont pas annoncés*". Pour chaque option de réponses, nous calculons le pourcentage des enseignants l'ayant choisi.

La valeur du premier indicateur est obtenue en faisant la moyenne des pourcentages des réponses positives ("*Plutôt d'accord*" et "*Tout à fait d'accord*") pour la disponibilité des ressources et des activités dans les cours. Le second indicateur est la représentativité (nombre) des réponses négatives ("*Pas du tout d'accord*" et "*Plutôt pas d'accord*") de la satisfaction des scénarios conçus exprimée en pourcentage.

Le degré de prédispositions à personnaliser le suivi des apprenants est calculé sur la base de 2 sous-indicateurs dont le premier est le pourcentage d'enseignants disposés à suivre personnellement un apprenant qu'il soit en avance ou en retard sur le rythme d'apprentissage. Le second sous-indicateur est le pourcentage des enseignants disposés à encadrer les apprenants en dehors des séances programmées d'enseignement.

Pour calculer le premier sous-indicateur portant sur le suivi des apprenants, nous avons posé 2 questions (voir Annexe C, Section : Évaluation du modèle pédagogique, Questions 12 et 13) sous forme affirmative avec des réponses sur une échelle de Likert à 4 points allant de "*Pas du tout d'accord*" à "*Tout à fait d'accord*". La neutralité n'a pas été prise en compte pour les raisons citées précédemment. La valeur du sous-indicateur est le pourcentage d'enseignants ayant répondu favorablement ("*Plutôt d'accord*" et "*Tout à fait d'accord*") au suivi des apprenants tant en avance qu'en retard sur leur apprentissage.

Pour calculer le second sous-indicateur, nous avons posé une question (voir Annexe C, Section : Évaluation du modèle pédagogique, Question 14) pour évaluer le temps que les enseignants accordent aux apprenants en dehors des séances programmées d'enseignement. L'évaluation du temps est faite de façon qualitative dont les réponses possibles étaient : *Très insignifiant*, *Plutôt insignifiant*, *Plutôt satisfaisant*, *Très satisfaisant*, *Pas de requête reçue*, *Requête autorisée en présentiel ou séance synchrone*. Pour chaque réponse positive (*Plutôt satisfaisant* et *Très satisfaisant*) relative au temps supplémentaire accordé aux apprenants, nous calculons le pourcentage des enseignants l'ayant choisie. La valeur du sous-indicateur est la moyenne des pourcentages des réponses positives.

La résistance aux changements d'approche pédagogique est calculée sur la base de 2 sous-indicateurs dont le premier est le pourcentage des enseignants prêts à changer de structuration pédagogique pour adopter une structuration par objectif pédagogique. Le second sous-indicateur est le pourcentage des enseignants prêts à changer de mode d'évaluation de leurs enseignements pour adopter une évaluation par objectif pédagogique.

Changement de structuration pédagogique Pour calculer le premier sous-indicateur portant sur le changement de structuration pédagogique, nous avons posé 3 questions (voir Annexe C, Section Proposition de changement de méthode pédagogique, Questions 16, 17 et 18) sous forme affirmative avec des réponses sur une échelle de Likert à 4 points allant de "*Pas du tout d'accord*" à "*Tout à fait d'accord*". La neutralité n'a pas été prise en compte pour les mêmes raisons que précédemment. La valeur du sous-indicateur est la moyenne des pourcentages des réponses positives ("*Plutôt d'accord*" et "*Tout à fait d'accord*") des enseignants qui pensent que : (1) une structuration pédagogique par objectif facilitera l'enseignement et garantira que tous les objectifs du cours seront traités ; (2) le classement des exercices par objectif facilitera leur résolution par les apprenants ; (3) la pondération des exercices par objectifs permettra à l'enseignant d'évaluer la charge de travail des apprenants.

Adoption des évaluations par objectifs pédagogiques Le second sous-indicateur portant sur l'adoption des évaluations par objectifs pédagogiques est déterminé sur la base d'une question (voir Annexe C, Section Proposition de changement de

méthode pédagogique, Question 19) sous forme affirmative avec des réponses sur une échelle de Likert à 4 points allant de "*Pas du tout d'accord*" à "*Tout à fait d'accord*". La neutralité n'a pas été prise en compte pour les mêmes raisons que précédemment. La valeur du sous-indicateur est obtenue en calculant le pourcentage des enseignants en accord ("*Plutôt d'accord*" et "*Tout à fait d'accord*")) avec le fait que l'évaluation sera continue et par conséquent plus objective si elle se fait par objectif et non à la fin d'un chapitre par exemple.

4.1.3.2 Résultats et discussion

4.1.3.2.1 Statistiques descriptives des participants

Les participants sont d'origine multiples, provenant de 14 départements sur 16 que compte l'université d'expérimentation (Figure 4.1.1). En plus d'eux certaines personnes ressources (Ingénieur techno-pédagogique, Ingénieur Pédagogique Multimédia) au fonctionnement du dispositif de formation en ligne ont répondu au sondage. Ils ont été intégrés au sondage car ce sont des enseignants à la base. Nous observons une forte représentativité des enseignants des départements du Droit des Affaires et de l'Economie-Gestion. Pour le département d'Economie-Gestion, cela se justifie par le fait qu'il avait en charge la filière (Management Informatisé des Organisations) pilote du projet de Formation A Distance. La prédominance du département du Droit des Affaires se justifie par le fait que ce département dispose d'une formation entièrement en ligne.

L'âge des participants varie entre moins de 25 ans et plus de 60 ans (Figure 4.1.2) avec une moyenne de 39,25 et un écart-type de 7,99. On observe une prédominance dans la tranche 36-40 ans car d'une part l'âge moyen des enseignants lors du recrutement est de 30 ans et d'autre part, l'Université Assane Seck de Ziguinchor est à sa douzième année de fonctionnement.

L'expérience d'enseignement des répondants varie de moins de 2 ans à plus de 30 ans (Figure 4.1.3) avec une moyenne de 10,26 et un écart-type de 6,64. La dominance de l'ancienneté entre 6 et 10 ans se justifie car chaque année, l'université recrute en moyenne plus d'une dizaine d'enseignants par année. Le fait qu'on ait une ancienneté de plus de 25 ans se justifie par le recrutement des enseignants déjà en fonction dans les autres universités notamment les enseignants de rang A pour l'encadrement des travaux de recherche. Notons qu'en Sénégal, les enseignants sont soit de rang A pour les Professeurs et Maîtres de Conférences ; soit de rang B pour les Assistants et Maîtres-assistants.

4.1.3.2.2 Évaluation du modèle pédagogique en vigueur

Structuration pédagogique des cours Pour déterminer la structuration pédagogique des cours, nous avons donné la possibilité de choisir plusieurs options (Partie, Chapitre, Titre et Autre). Certains enseignants notamment les juristes organisent leur cours par titre pour être proche de l'organisation des textes juridiques. Lorsque l'enquête choisit l'option Autre, il doit préciser la structuration qu'il utilise. La Figure 4.1.4 présente la représentativité de la structuration pédagogique des cours. Il en ressort que majoritairement, les enseignants structurent leurs cours en chapitre (78,1%) et souvent en partie (29,7%), titre (21,9%) et autres (7,9%). Cette représentativité se justifie par le fait que les enseignants structurent leurs cours de la même façon qu'ils ont été enseignés.

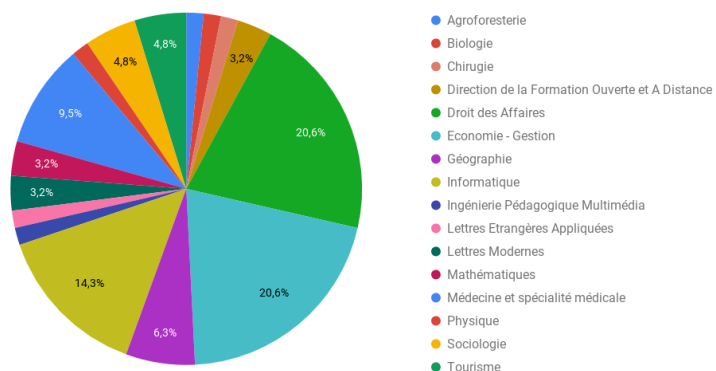


Figure 4.1.1 – Représentation des enseignants par département

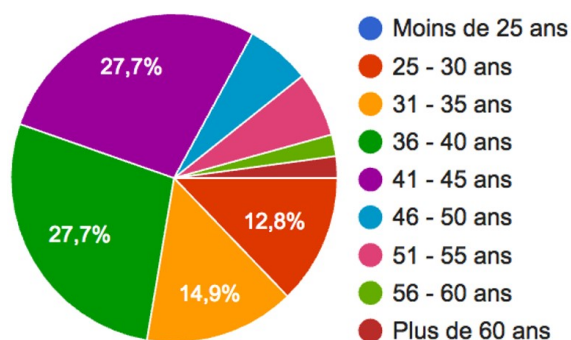


Figure 4.1.2 – Représentation des enseignants par tranche d'âges

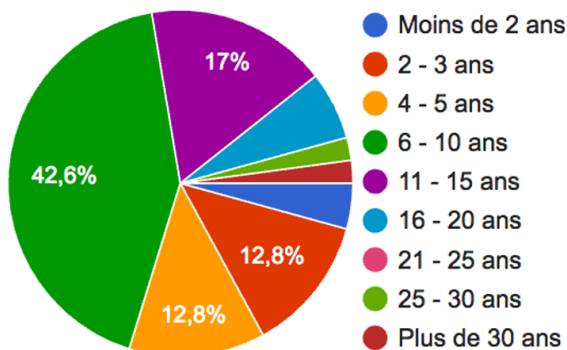


Figure 4.1.3 – Représentation des enseignants par ancienneté

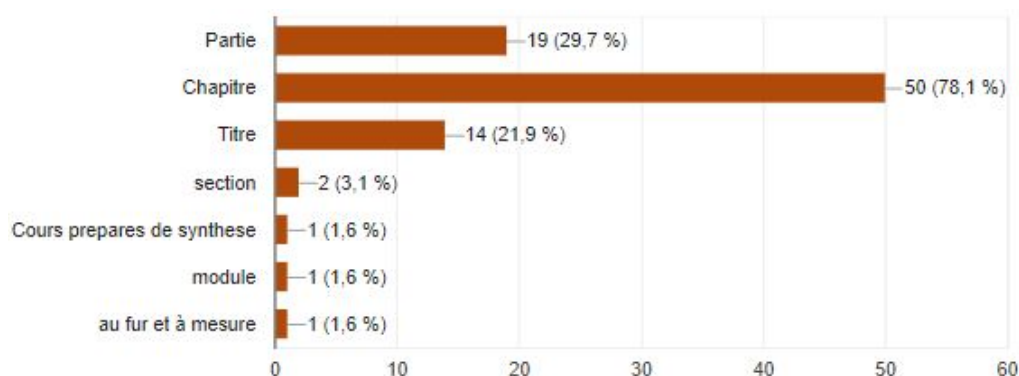


Figure 4.1.4 – Représentation de la structuration pédagogique des cours

Qualité des productions pédagogiques 3 enseignants estiment que certains objectifs pédagogiques ne disposent pas de ressources pédagogiques clairement identifiables par les apprenants pour acquérir la connaissance. Il en est de même pour les exercices pédagogiques servant à évaluer la connaissance acquise où nous dénombrons 13 enseignants. Pire, 3 enseignants disent ne pas annoncer les objectifs pédagogiques dans leurs cours. Ce constat nous permet de justifier dans notre modèle, l'association à chaque objectif d'apprentissage, des ressources et des exercices pour mieux structurer l'enseignement et faciliter l'apprentissage.

A la question N°11 du sondage "*Pensez-vous qu'il puisse exister un autre agencement des notions du cours qui puisse être meilleur que ce que vous proposez ?*", nous demandons aux enseignants de remettre en cause leur scénario pédagogique. Quelle que soit leur ancienneté d'enseignement, 55 (85,9%) enseignants estiment qu'ils ne disposent pas forcément du meilleur scénario pédagogique de leur cours. Une telle affirmation est un élément important à notre orientation conceptuelle selon laquelle, le meilleur scénario dépend de l'apprenant puisqu'il est le principal bénéficiaire de l'enseignement/apprentissage.

4.1.3.2.3 Prédispositions à personnaliser le suivi des apprenants

Pour accompagner les apprenants dans le choix de leur scénario, 56 (87,5%) enseignants sont disposés à suivre les apprenants ayant un retard dans leur apprentissage. En plus, 40 (62,5%) désirent suivre de façon particulière les apprenants en avance sur le rythme d'apprentissage et 41 (64,1%) sont disposés à accorder du temps supplémentaire aux apprenants en dehors des séances programmées.

En espérant que les enseignants restent prédisposés à personnaliser le suivi des apprenants, cela conforte notre position puisque nous désirons adapter l'apprentissage en tenant compte du rythme de chaque apprenant.

4.1.3.2.4 Résistance aux changements d'approche pédagogique

Étonnamment, la résistance aux changements d'approche pédagogique que nous redoutions est dissipée par le sondage puisque 55 (85,9%) des enseignants trouvent qu'il

est mieux d'organiser l'enseignement ou l'apprentissage par objectif pédagogique et non par chapitre ou partie comme d'habitude. 61 (95,3%) enseignants estiment qu'il faut classer les exercices par objectifs pour faciliter leur résolution. Près de 81,3% trouvent qu'il est mieux d'évaluer l'apprenant par objectif et non par période qui correspond généralement à la fin d'un chapitre, d'une partie voire d'un semestre ; cette évaluation par objectif garantit une évaluation continue de l'enseignement.

4.1.3.3 Conclusion

L'évaluation de l'acceptabilité du modèle auprès des enseignants montre que :

- Le modèle pédagogique en vigueur présente des insuffisances (impossible de garantir que les objectifs pédagogiques annoncés en début d'un cours disposent des ressources et exercices) compromettant la qualité de leurs productions pédagogiques.
- L'agencement des notions (scénario pédagogique) n'est pas le meilleur malgré l'ancienneté des enseignants.
- Les enseignants sont prédisposés à personnaliser le suivi des apprenants surtout lorsqu'ils sont en retard par rapport au rythme d'enseignement/apprentissage.
- Les pourcentages obtenus lors du calcul de l'indicateur sur la résistance de changement d'approche pédagogique nous permettent d'être optimistes sur l'ouverture des enseignants pour un changement d'approche pédagogique et notamment à la nôtre.

Nous pouvons donc répondre favorablement à notre seconde question de recherche (QR2) : les enseignants sont disposés à accepter et utiliser notre modèle pour produire leurs cours.

4.1.4 Acceptabilité du modèle de co-construction du scénario auprès des apprenants

4.1.4.1 Méthodologie

4.1.4.1.1 Protocole expérimental

Afin de répondre à notre sixième question de recherche (QR6), nous avons organisé un sondage⁷ auprès des étudiants. Les questions du sondage sont sous forme affirmative avec des réponses sur une échelle de Likert à 4 points allant de "pas du tout d'accord" à "tout à fait d'accord". Dans le sondage (voir Annexe E), nous avons volontairement enlevé l'option de neutralité "Ni en désaccord ni d'accord" car chaque personne enquêtée possède une expérience dans l'apprentissage et par conséquent, nous voulons avoir

7. <https://goo.gl/forms/EgiVdEgE1z8mfFQr1>

une position en accord ou en désaccord avec nos affirmations. Le sondage a permis de recueillir l'opinion des étudiants sur les aspects suivants :

- **Caractéristiques de l'apprenant** : chaque enquêtée précise son université, UFR, filière, niveau d'études, civilité et tranche d'âges.
- **Modèle pédagogique en vigueur** : la question est de savoir s'ils trouvent que (1) les cours mis à leur disposition disposent d'objectifs pédagogiques clairement définis et identifiables, (2) pour les objectifs annoncés, ont-ils des ressources d'apprentissage pour acquérir la connaissance et des activités pour évaluer l'atteinte de chaque objectif ? (3) l'apprentissage peut-il se faire dans un ordre différent de celui de l'enseignant ?
- **Intérêt pour un modèle pédagogique basé sur les objectifs** : la question est de savoir s'ils pensent qu'un tel modèle facilitera leur apprentissage et leur réussite.

Le questionnaire a été envoyé par courrier électronique à tous les étudiants de notre université de test qui sont à peu près 3 500.

4.1.4.1.2 Protocole de collecte de données

L'évaluation de l'acceptabilité du modèle est faite avec l'outil Google Forms et est accessible en ligne à l'adresse <https://goo.gl/forms/bEgs4hpVL5pxli8k1>. La soumission du sondage aux apprenants est faite par adresse électronique. Le recueil des données d'enquête est également faite en ligne avec l'outil Google Forms. Les données sont enregistrées dans un fichier CSV (Comma-Separated Values).

4.1.4.1.3 Protocole d'analyse des données

Pour répondre notre sixième question de recherche "Un modèle de co-construction du scénario d'apprentissage est-il compréhensible et acceptable par les apprenants ?", nous avons défini deux indicateurs (1) la qualité des productions pédagogiques ; (2) l'intérêt d'un modèle pédagogique basé sur les objectifs d'apprentissage.

La qualité des productions pédagogiques permet d'une part de déterminer la structuration pédagogique des cours la plus utilisée et d'autre part, d'évaluer la qualité des cours reçus. Nous avons tenu à réévaluer cet indicateur avec les apprenants pour déterminer si les enseignants n'ont pas introduit des biais lors de l'évaluation de la qualité de leurs productions. Il nous a semblé logique de penser par exemple, qu'un enseignant aurait pensé avoir clairement identifié du contenu et des exercices pour chaque objectif alors que les apprenants aient pensé le contraire.

La structuration pédagogique la plus utilisée est basée sur les choix faits par les apprenants à la question suivante du sondage "*Jusqu'à présent, les cours sont organisés*

et présentés par : " (voir Annexe E, Section : Evaluation du modèle pédagogique en vigueur, Question 7). Nous avons proposé une liste de types de structuration les plus utilisés (Partie, Chapitre, Titre et Autre) où l'enseignant pouvait choisir plus d'un type et aussi ajouter des types qui ne figuraient pas dans la liste. Pour chaque type, nous avons calculé le pourcentage de cours qui l'utilisent. Ainsi nous déterminons le pourcentage d'utilisation de chaque type de structuration pédagogique. La structuration la plus utilisée est celle ayant le plus grand pourcentage.

La qualité des cours reçus est évaluée sur la base de 2 sous-indicateurs : (1) le pourcentage de cours où les ressources et activités pédagogiques sont clairement identifiés ou identifiables par les apprenants en fonction des objectifs pédagogiques annoncés; (2) la satisfaction du scénario pédagogique des cours conçus. Pour chaque sous-indicateur, la question a été posée sous la forme affirmative avec des réponses sur une échelle de Likert à 4 points allant de "*Pas du tout d'accord*" à "*Tout à fait d'accord*". Dans le sondage (voir Annexe E, Section : Evaluation du modèle pédagogique en vigueur, Questions 8, 9 et 10), nous avons volontairement enlevé l'option de neutralité "*Ni en désaccord ni d'accord*" pour des raisons évoquées au protocole expérimental (Section 4.1.4.1.1). Pour prendre en compte les cours dont les objectifs ne sont pas annoncés, nous avons ajouter dans les réponses possibles des questions 8 et 9, l'option "*Objectif non annoncé*". Pour chaque option de réponses, nous calculons le pourcentage des apprenants l'ayant choisi.

La valeur du premier indicateur est obtenue est faisant la moyenne des pourcentages des réponses positives ("*Plutôt d'accord*" et "*Tout à fait d'accord*") pour la disponibilité des ressources et des activités dans les cours. Le second indicateur est la représentativité (nombre) des réponses négatives ("*Pas du tout d'accord*" et "*Plutôt pas d'accord*") de la satisfaction des scénarios conçus exprimée en pourcentage.

L'intérêt d'un modèle pédagogique basé sur les objectifs d'apprentissage est calculée sur la base de 2 sous-indicateurs dont le premier est le pourcentage des apprenants estimant qu'une structuration pédagogique par objectif facilitera l'apprentissage. Le second sous-indicateur est le pourcentage des apprenants estimant qu'une structuration pédagogique par objectif leur permettra d'améliorer leur résultats.

Facilitation de l'apprentissage basé sur les objectifs Pour calculer le premier sous-indicateur portant sur le sentiment que la structuration pédagogique par objectif facilitera l'apprentissage, nous avons posé 3 questions (voir Annexe E, Section : Vos souhaits d'amélioration, Questions 18, 19 et 20) sous forme affirmative avec des réponses sur une échelle de Likert à 4 points allant de "*Pas du tout d'accord*" à "*Tout à fait d'accord*". La neutralité n'a pas été prise en compte pour les mêmes raisons que précédemment. La valeur du sous-indicateur est la moyenne des pourcentages des réponses positives ("*Plutôt d'accord*" et "*Tout à fait d'accord*") des apprenants qui pensent que : (1) l'annonce des objectifs au début du cours facilitera leur apprentissage; (2) la présentation du cours par objectif facilitera leur apprentissage; (3) ils réussiront mieux les exercices s'ils sont classés par objectif.

Amélioration des résultats d'apprentissage Le second sous-indicateur portant sur le sentiment d'amélioration des résultats si l'apprentissage est structuré par objectif est déterminé sur la base de trois questions (voir Annexe E, Section : Vos souhaits d'amélioration, Question 21, 22 et 25) sous forme affirmative avec des réponses sur une échelle de Likert à 4 points allant de "*Pas du tout d'accord*" à "*Tout à fait d'accord*". La neutralité n'a pas été prise en compte pour les mêmes raisons que précédemment. La valeur du sous-indicateur est obtenue en calculant le pourcentage des apprenants en accord ("*Plutôt d'accord*" et "*Tout à fait d'accord*") avec le fait que (1) ils obtiendraient de meilleurs résultats s'ils étaient évalués sur chaque objectif; (2) ils réussiraient mieux les exercices s'ils savaient les objectifs qu'ils visent; (3) ils apprendraient mieux s'il avaient la possibilité de choisir leur parcours d'apprentissage pouvant être différent de celui imposé par l'équipe pédagogique.

4.1.4.2 Résultats et discussion

4.1.4.2.1 Statistiques descriptives des participants

Sur près de 3 500 étudiants, nous n'avons reçu que 85 réponses⁸. Cela se justifie car très peu d'étudiants sont sensibilisés et formés à suivre les cours en ligne. Nous estimons à près de 250, le nombre d'étudiants ayant accès à la plateforme de formation en ligne. Les 85 participants d'origine multiples proviennent de 14 filières (Figure 4.1.5). On observe une forte représentativité des étudiants de la filière géographie au détriment de la filière Droit des Affaires pour laquelle il existe une formation entièrement en ligne. Cela se justifie parce qu'un enseignant de la filière géographie a mis en ligne un cours de cartographie et il fait de la formation hybride.

L'âge des participants varie entre 18 ans et 45 ans avec une moyenne de 21,60 et un écart-type de 6,46 (Figure 4.1.6).

Tous les niveaux d'études sont représentés (Figure 4.1.7).

4.1.4.2.2 Évaluation du modèle pédagogique en vigueur

Qualité des productions pédagogiques Le sondage fait ressortir que les enseignements sont organisés majoritairement en chapitre (81,4%) et souvent en partie (32,6%), titre (19,8%) et autres (6%).

23 (26,7%) participants estiment que certains objectifs pédagogiques ne disposent pas de ressources pédagogiques clairement identifiables par les apprenants pour acquérir la connaissance. 3 (3,5%) participants estiment que dans certains cours, les objectifs ne sont pas annoncés. Le constat est plus alarmant pour les exercices où 41 (47,7%) apprenants estiment que des objectifs pédagogiques ne sont pas évalués. Ce sentiment des apprenants est en contradiction avec celui des enseignants qui estiment avoir des ressources et exercices identifiables par rapport aux objectifs du cours. Vu que l'apprenant doit être au centre de l'apprentissage, il est question de prendre en compte ses préoccupations. Ce constat justifie notre approche d'associer à chaque

8. Dépouillement en date du 24/11/2017

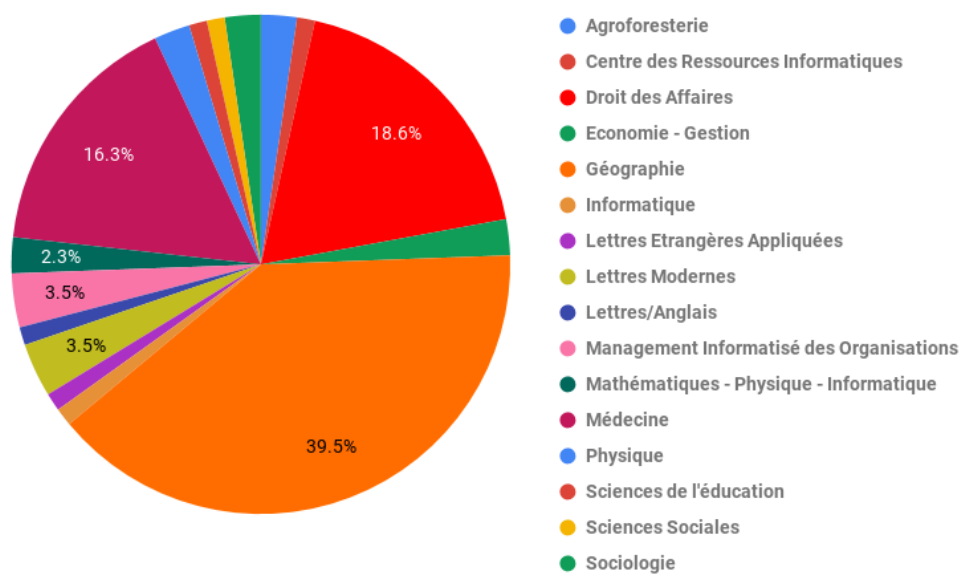


Figure 4.1.5 – Représentation des apprenants par filière

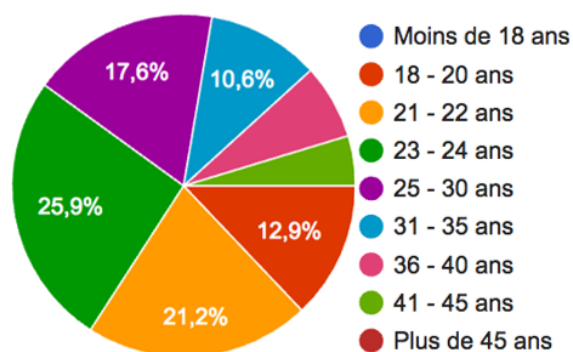


Figure 4.1.6 – Représentation des apprenants par tranche d'âges

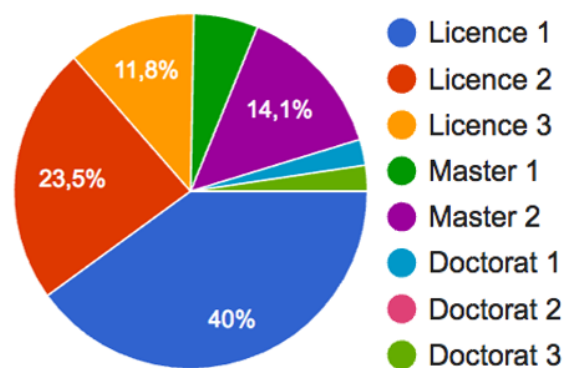


Figure 4.1.7 – Représentation des apprenants par niveau d'études

objectif pédagogique des ressources et des exercices pour mieux structurer et faciliter l'apprentissage.

61 (70,9%) participants estiment que le cours pourrait mieux être appris avec un scénario différent de celui imposé par l'enseignant. Ce sentiment est partagé par les enseignants qui le confirment à 86%.

75 (87,2%) apprenants en avance sur le rythme imposé par l'enseignant souhaitent avancer à leur rythme alors que 79 (91,8%) apprenants en retard souhaitent un temps supplémentaire pour se rattraper.

Nous concluons que le modèle pédagogique en vigueur contient des insuffisances décelées par les apprenants et leur souhait conforte notre approche de laisser chaque apprenant co-construire son scénario en respectant les contraintes formulées par l'enseignant.

Intérêts d'un modèle pédagogique basé sur les objectifs d'apprentissage 84 (97,6%) apprenants estiment que l'annonce des objectifs pédagogiques au début du cours facilitera leur apprentissage. 70 (81,3%) apprenants estiment que l'acquisition des connaissances serait plus facile si elles étaient organisées et présentées par objectif et non par chapitre. 74 (86%) estiment qu'ils réussiraient mieux les exercices s'ils sont classés par objectifs et non donnés à la fin du chapitre ou du cours. 79 (91,8%) apprenants estiment qu'ils pourraient obtenir de meilleurs résultats s'ils étaient évalués par objectif. Ces résultats nous permettent de conclure que l'apprentissage pourrait être plus facile s'il est structuré par les objectifs pédagogiques.

83 (96,5%) apprenants estiment qu'ils réussiraient les exercices s'ils savent les objectifs pédagogiques que visent ces exercices. 70 (81,3%) apprenants estiment qu'ils apprendraient mieux s'ils ont la possibilité de choisir leur parcours d'apprentissage pouvant être différent de celui imposé par l'équipe pédagogique. Ces vœux des apprenants pour une amélioration de leurs résultats d'apprentissage nous permettent de conclure qu'une structuration de la pédagogie par les objectifs donne un fort espoir dans l'amélioration de l'apprentissage.

Nous en concluons en répondant positivement à notre sixième question de recherche (QR6) : notre approche est a priori en accord avec les attentes des apprenants.

4.1.4.3 Conclusion

L'évaluation de l'acceptabilité du modèle auprès des apprenants montre que :

- L'évaluation du modèle pédagogique en vigueur a révélé les insuffisances identifiables par les apprenants et confirmé notre analyse préalable. Ces insuffisances concernent l'absence des ressources et des activités pédagogiques pour l'atteinte de certains objectifs pédagogiques. Cela nous a permis de justifier notre choix d'indexer les ressources et activités par rapport aux objectifs. Cette évaluation a également permis aux apprenants d'exprimer leur sentiment de désaccord du scénario pédagogique imposé par l'enseignant. En majorité, ils

estiment qu'il existe un scénario meilleur que celui suivi lors de l'apprentissage ou l'enseignement.

Nous avons conclu que les apprenants ne sauront être d'accord sur le meilleur scénario car un tel scénario est celui qui leur est le plus approprié. Ainsi, il faut donner la possibilité à chaque apprenant de choisir ou construire son scénario et surtout de le construire au fur et à mesure de sa progression dans l'apprentissage. En effet, un scénario entier initialement approprié peut ensuite se révéler inapproprié durant l'apprentissage, nous justifions donc notre approche basée sur la co-construction du scénario par l'apprenant.

- L'évaluation de l'intérêt de notre modèle auprès des apprenants a été satisfaisante puisqu'ils estiment en majorité que l'acquisition des connaissances serait plus facile si elles sont organisées et présentées par objectif et non par chapitre comme cela fait généralement. De plus, la quasi-totalité des apprenants estiment qu'ils pourraient obtenir de meilleurs résultats s'ils étaient évalués par objectif comme le préconise notre modèle.

Nous pouvons donc répondre favorablement à notre sixième question de recherche (QR6) : un modèle de co-construction du scénario d'apprentissage est compréhensible et acceptable par les apprenants.

4.1.5 Synthèse

Ayant conçu deux modèles dont le premier à destination des enseignants (voir Chapitre 2.1) et le second pour les apprenants (voir Chapitre 2.2), l'objectif de ce chapitre a été d'évaluer l'acceptabilité de ces modèles par les bénéficiaires. Pour y parvenir, nous avons choisi parmi les trois universités que nous avons la possibilité de tester nos modèles, celle qui nous accorderait plus de facilité en terme d'accès au serveur et de modification de modèle pédagogique. Ainsi, nous avons retenu l'Université Assane Seck de Ziguinchor.

Nous avons commencé par évaluer l'acceptabilité du modèle auprès des enseignants car ce sont eux qui conçoivent les cours. Dans la méthodologie d'évaluation, nous avons défini un protocole expérimental autour d'un sondage pour évaluer trois aspects du dispositif de formation : (1) la qualité des productions pédagogiques (cours) des enseignants; (2) les prédispositions des enseignants à personnaliser le suivi des apprenants et (3) la résistance des enseignants au changement d'approche pédagogique. Le sondage s'est déroulé en ligne via l'outil Google Forms et les données collectées sont enregistrées dans un fichier CSV pour analyse. Le protocole d'analyse est défini autour de trois indicateurs correspondant aux trois aspects du sondage. Après analyse des données collectées, nous nous sommes rendus compte que les enseignants remettent eux-mêmes en cause la qualité des cours qu'ils ont produits. Cette remise en cause concerne tant les éléments du cours (contenu, exercice) que leur agencement (scénario pédagogique). Ce constat nous a permis de conclure que notre modèle multi-scénario leur pourra être d'une grande aide pour améliorer leurs cours. Pour que notre modèle soit adopté, il a fallu évaluer leurs prédispositions à

personnaliser le suivi des apprenants et leur résistance au changement d'approche pédagogique. Les résultats du sondage ont montré une bonne prédisposition des enseignants à suivre les apprenants en avance ou en retard sur le rythme d'apprentissage ou d'enseignement. Surtout, ils sont prêts à accorder du temps supplémentaire aux apprenants en dehors des séances programmées d'enseignement. Leur prédisposition à changer d'approche pédagogique et surtout pour adopter un modèle basé sur les objectifs nous ont permis a priori de conclure positivement à notre seconde question de recherche.

Ayant l'aval des enseignants à adopter un modèle pédagogique structuré par les objectifs, nous avons ensuite évalué l'acceptabilité d'un tel modèle auprès des apprenants. La méthodologie d'évaluation est basée sur un sondage dont le protocole expérimental permet d'évaluer d'une part le modèle pédagogique en vigueur et d'autre part, l'intérêt pour un modèle pédagogique basé sur les objectifs. Le protocole de collecte des données est similaire à celui du sondage auprès des enseignants. Nous avons défini un protocole d'analyse des données autour de deux indicateurs : (1) la qualité des productions pédagogiques (cours) reçues et (2) l'intérêt d'un modèle basé sur les objectifs pédagogiques. Les résultats montrent que les apprenants et les enseignants ne sont pas d'accord sur la qualité des éléments du cours (ressource et exercice) car les enseignants estiment que les ressources et exercices, les objectifs pédagogiques visés sont clairement identifiables alors que les apprenants ne sont pas tout à fait d'accord. Mais en revanche, ils sont tous d'accord qu'il existe un scénario pédagogique meilleur (plus approprié) que celui imposé. Puisqu'un scénario peut être plus approprié pour un apprenant et pas pour un autre, nous avons évalué l'intérêt des apprenants à choisir eux-mêmes leur scénario. Cette évaluation a montré que la grande majorité des apprenants aimeraient avoir la possibilité de choisir leur scénario en vue d'améliorer leurs résultats d'apprentissage. Ces résultats nous ont a priori permis de conclure positivement à notre sixième question de recherche.

Chapitre 4.2

Expérimentation de la conception multi-scénario d'un cours

4.2.1 Introduction

Nous avons conçu le modèle multi-scénario de l'apprentissage (voir Chapitre 2.1) destiné aux enseignants pour la conception de plusieurs scénarios de leur cours. A la Section 4.1.3 du Chapitre 4.1, nous avons évalué l'acceptabilité du modèle auprès des enseignants. A l'issue de cette évaluation, nous avons répondu favorablement à notre seconde question de recherche montrant l'acceptabilité du modèle. Le modèle décrit sous forme de diagramme de classes UML (Figure 2.1.1) et des algorithmes (Algorithmes 1 et 2) est implémenté au Chapitre 3.2. Lors de cette implémentation, notre challenge a été de produire des outils technologiques permettant aux enseignants de concevoir facilement leur cours. L'accent a été mis sur la convivialité des interfaces et la prise en compte des pratiques des enseignants. A la synthèse du Chapitre 3.2, bien que nous pensons avoir conçu un outil approprié pour l'enseignant, nous nous sommes réservés de répondre favorablement à la troisième question de recherche car nous estimons qu'une réponse finale ne peut être apportée qu'après expérimentation par les enseignants.

Problématique 1 : Accompagnement de l'enseignant dans la conception du cours

La problématique de ce chapitre consiste à expérimenter le modèle multi-scénario de l'apprentissage (Chapitre 2.1) et les outils technologiques (Chapitre 3.2) conçus pour la production multi-scénarios d'un cours.

Dans cette problématique, nous nous intéressons à la troisième question de recherche (QR3) de cette thèse formulée ainsi :

Question de recherche N° 3

Les outils développés sont-ils facilement utilisables par les enseignants ?

L'objectif de l'expérimentation décrite dans ce chapitre est d'évaluer la compréhension et la facilité d'utilisation du système par les enseignants. Le chapitre est organisé en trois sections dont la première présente la méthodologie de l'expérimentation. La seconde section présente les résultats obtenus et une discussion. La troisième section présente une conclusion que nous pouvons déduire de l'expérimentation.

4.2.2 Méthodologie

4.2.2.1 Protocole expérimental

Pour évaluer l'utilisabilité du système par les enseignants, nous avons réalisé du 20 au 22 novembre 2017, une expérimentation de production de cours selon le modèle décrit au Chapitre 2.1. Les participants au nombre de 16 proviennent de 3 institutions d'enseignement supérieur (Université Assane Seck de Ziguinchor, Université Catholique d'Afrique de l'Ouest et l'Institut Supérieur de Management) et sont répartis en 8 spécialités (Economie, Géographie, Gestion, Informatique, Langues Etrangères Appliquées, Lettres Modernes, Management et Sciences juridiques). Cette pluralité de spécialités permet d'avoir une bonne ouverture par domaine et ainsi confronter le modèle à différents domaines d'application. Le but de cette expérimentation était de répondre à notre troisième question de recherche (QR3) et de montrer que notre approche théorique est généralisable à plusieurs domaines d'application.

L'expérimentation s'est déroulée en quatre phases.

Phase 1 : Sondage d'acceptabilité du modèle

Durant cette phase, nous avons soumis aux participants de l'expérimentation, le sondage¹ qui nous a permis d'étudier précédemment l'acceptabilité du modèle par les enseignants de façon générale (voir Annexe C). Ce sondage nous a permis d'avoir l'avis² des participants avant l'expérimentation.

Phase 2 : Interprétation des résultats du sondage

La seconde phase a consisté d'une part à interpréter le résultat du sondage et à critiquer le modèle classique en fonction du résultat du sondage. D'autre part, il y a eu un exposé sur la nécessité d'améliorer le modèle pédagogique en offrant la possibilité de disposer de plusieurs scénarios dans un cours pour prendre en compte les particularités des apprenants. Les concepts de notre modèle ont été présentés aux participants afin qu'ils comprennent les fondements et l'utilité de chaque concept.

Phase 3 : Évaluation de l'utilisabilité du système

La troisième phase de l'expérimentation consistait à (re)produire son propre cours selon le modèle. La structuration pédagogique a été faite avec un classeur Excel (voir sa

1. <https://goo.gl/forms/ne1Uua4UeYPW3Ee02>

2. Le résultat du sondage est inclus dans ceux présentés précédemment (voir Annexe D)

description à la section 3.2.4.2) conçu à cet effet. C'est une phase très interactive de l'expérimentation entre tous les participants. A chaque étape, nous prenons le soin d'expliquer aux participants les données nécessaires et les résultats attendus. Il existe un manuel d'utilisation du système mais vu que la formation était en présentiel, nous avons trouvé bon de leur expliquer chaque étape du processus sachant qu'ils ont le manuel à leur disposition. Les productions des participants sont présentées à toute l'assistance pour vérification et amélioration (par exemple le seuil de validation de chaque objectif doit être atteint si l'apprenant valide les activités avec un score proche du seuil de validation de l'activité. En fait, il est question d'améliorer les seuils pour respecter la contrainte $\sum_{j=1}^{N_i} P_i^j S_i^j \geq S_i$ définie à la section 2.1.4.6).

L'expérimentation a été focalisée plus sur la partie pédagogique (production du cours) que sur la partie technologique (médiatisation du cours via le plugin EGbKST).

Phase 4 : Évaluation de la satisfaction des enseignants

La quatrième phase de l'expérimentation est un sondage a posteriori³ visant à recueillir l'appréciation du modèle et les difficultés rencontrées. Le questionnaire contient d'une part 6 affirmations sur une échelle de Likert à 4 points allant de "pas du tout d'accord" à "tout à fait d'accord" et d'autre part, 2 questions ouvertes :

1. L'organisation du cours par objectifs spécifiques me semble plus pertinente que l'organisation par partie, chapitre, titre et sous-titre
2. J'organiserai mes cours par objectifs spécifiques et non par chapitre ou partie comme précédemment
3. La définition des relations de précédence ou prérequis entre les objectifs spécifiques est importante pour la structuration du cours
4. Répertorier les ressources pédagogiques (activités d'apprentissage) en fonction des objectifs spécifiques aidera mieux l'apprenant
5. Indexer les activités pédagogiques (activités évaluables) en fonction des objectifs spécifiques contribuera à une meilleure évaluation des apprenants
6. La conception du cours multi-scénarios selon la théorie des espaces de connaissances (notre modèle) est difficile
7. Que souhaitez-vous pour un accompagnement afin de produire votre cours selon la théorie des espaces de connaissances (notre modèle) ?
8. Commentaires et/ou suggestions pour l'appropriation de la conception multi-scénarios

Les 4 premières affirmations proviennent du sondage fait avant l'expérimentation. L'objectif est de (1) mesurer l'écart d'acceptabilité du modèle a priori et a posteriori de l'expérimentation, (2) évaluer l'utilisabilité du modèle et, (3) évaluer la satisfaction des enseignants.

3. <https://goo.gl/forms/NsCXca8xsElqfXh72>

4.2.2.2 Protocole de collecte des données

Les phases 1 et 2 correspondent à l'étude réalisée à la section 4.1.3; de ce fait, le protocole de collecte des données est similaire à celui présenté à la section 4.1.3.1.2.

La phase 3 s'est déroulée de façon interactive entre tous les participants avec des séries de questions/réponses, des réalisations, des critiques et des suggestions.

Durant la phase 4, les données sont collectées avec l'outil Google Forms. Les données sont enregistrées dans un fichier CSV (Comma-Separated Values).

4.2.2.3 Protocole d'analyse des données

Les données des phases 1 et 2 sont analysées selon le protocole décrit à la section 4.1.3.1.3.

Pour évaluer l'utilisabilité du modèle auprès des enseignants, nous nous basons sur les appréciations, remarques et suggestions faites durant l'expérimentation.

Les données collectées à la phase 4 nous permettent de calculer le pourcentage d'accord des enseignants par rapport aux affirmations contenues dans le questionnaire. Ces résultats a posteriori sont comparés à ceux a priori pour mesurer l'évolution du degré d'accord ou de désaccord des enseignants.

4.2.3 Résultats et discussion

Les résultats de la phase 1 sont inclus dans ceux présentés dans la section 4.1.3.2. Lors de l'interprétation des résultats du sondage à la phase 2, les participants ont estimé que l'organisation pédagogique n'était pas aussi important du moment où toute la connaissance répondant au syllabus du cours y figure. Lorsque la question d'une organisation par objectif pédagogique a été abordée, certains enseignants estimaient que c'est la responsabilité des apprenants à identifier pour chaque objectif annoncé, le contenu de l'apprentissage et les exercices. Ces enseignants estimaient qu'une structuration par objectif obligerait l'enseignant à mettre à la disposition des apprenants toutes les ressources au détriment d'un aspect recherche que doit faire les apprenants. Ils ont été rassurés lorsque des réponses à leurs craintes ont été apportées. En fait, l'aspect recherche peut être donné comme ressource en indiquant les références documentaires ou comme exercice en décrivant les résultats attendus. En ce qui concerne la question du suivi des apprenants en dehors des séances programmées d'enseignement, la grande majorité étaient d'accord surtout que c'est une pratique à l'Université Assane Seck de Ziguinchor. Quant aux enseignants des deux autres universités, la question de rémunération a été agitée surtout que le Directeur de l'Université Catholique de l'Afrique de l'Ouest faisait partie des participants. Des inquiétudes ont été signalées sur la pondération des exercices par objectif. Lorsqu'ils ont compris que cela contribuait à évaluer la charge de travail des apprenants, ils étaient d'accord mais reste la crainte de mal estimer les pondérations. Finalement, les participants étaient d'accord avec les

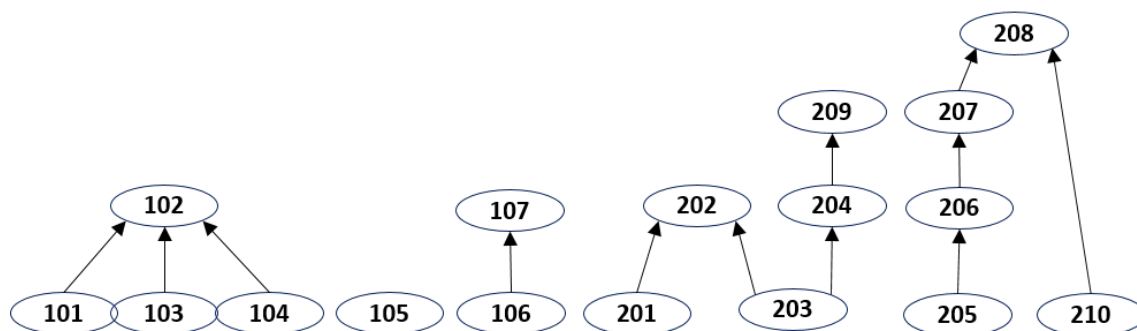


Figure 4.2.1 – Graphe de précedence des objectifs pédagogiques de l'Unité d'Enseignement Droit Constitutionnel 2

statistiques obtenues. Cela montre que même dans un cas particulier où des enseignants proviennent de plusieurs universités, les constats sur les productions pédagogiques sont similaires.

A la phase 3, sur le plan pédagogique, le modèle a permis de déceler dans les productions pédagogiques des enseignants, l'existence de notions enseignées dont les savoirs "prérequis" sont enseignés plus tard. Ces imperfections ont été corrigées grâce aux relations de précedence établies entre les objectifs montrant de fait l'intérêt de la méthodologie proposée.

Le graphe de précedence des objectifs des cours a également montré que plusieurs cours sont constitués de plusieurs objectifs pédagogiques sans ou avec peu de prérequis. Par exemple parmi les 16 cours en expérimentation, c'est le cas du cours de l'unité d'enseignement "Droit constitutionnel 2" enseignée en première année de la licence de la filière Droit des Affaires. L'enseignement est structuré en 2 leçons dont la première comporte 7 objectifs pédagogiques et la seconde 11 (Tableau 4.2.1). Après établissement des relations de précedence entre les différents objectifs, on obtient le graphe (Figure 4.2.1) illustrant le faible nombre de précédences entre les objectifs.

Les enseignants se sont rendus compte qu'ils imposaient un scénario pédagogique alors qu'en réalité, il y a plusieurs autres scénarios tout aussi valables que celui proposé ou imposé. Dans l'exemple ci-dessus (Figure 4.2.1), on se rend compte que sur les 18 objectifs du cours, 9 n'ont pas de prérequis. Un apprenant peut débuter son apprentissage par la fin du cours (d'après le scénario de l'enseignant) sans aucun risque.

Le sondage après expérimentation de la phase 4 a été répondu par 14 participants au lieu de 16. Les résultats confirment à 100% que notre approche est bien appréciée par les enseignants pour mieux structurer les enseignements et organiser les évaluations. Nous estimons que ce pourcentage est dû à notre accompagnement tout au long de l'expérimentation. Cela laisse quand même présager que notre système a des chances raisonnables de pouvoir être utilisé. En revanche, 6 (42,8%) participants estiment que l'utilisation du modèle est difficile. Pour remédier à cette difficulté, ils préconisent un temps d'accompagnement plus important que celui accordé durant l'expérimentation. Leur principale difficulté est l'identification et l'indexation des ressources et activités

Leçon 1	L'organisation constitutionnelle du pouvoir démocratique
Objectif 101	Distinguer les théories de la souveraineté
Objectif 102	Décrire les conséquences institutionnelles des théories démocratiques de la souveraineté
Objectif 103	Décrire les effets pervers de la souveraineté nationale
Objectif 104	Interpréter l'utopie de la souveraineté populaire
Objectif 105	Expliquer l'amalgame des théories démocratiques de la souveraineté
Objectif 106	Reconnaître les principaux modes de scrutin
Objectif 107	Expliquer les incidences politiques des principaux modes de scrutin
Leçon 2	L'exercice du pouvoir politique
Objectif 201	Distinguer les théories de la séparation des pouvoirs
Objectif 202	Expliquer les objectifs de la séparation des pouvoirs
Objectif 203	Déterminer les principes fondamentaux de la séparation des pouvoirs
Objectif 204	Identifier les limites de la séparation des pouvoirs
Objectif 205	Identifier les différents régimes politiques
Objectif 206	Décrire la particularité du régime parlementaire
Objectif 207	Résumer l'origine du régime parlementaire
Objectif 208	Discuter les caractéristiques du régime parlementaire
Objectif 209	Décrire la relativité de la séparation
Objectif 210	Retracer les caractéristiques du régime présidentiel
Objectif 211	Interpréter la complexité de l'application des régimes politiques en Afrique

Tableau 4.2.1 – Les objectifs d'apprentissage de l'Unité d'Enseignement de Droit Constitutionnel 2

d'apprentissage par les objectifs d'apprentissage. Nous pensons que si les enseignants ont du mal à réussir cet exercice dans leur propre production pédagogique, il sera encore plus difficile pour certains d'apprenants d'organiser leur apprentissage à partir de tels cours. En fait, il leur sera difficile en cas de non compréhension d'un objectif, de retrouver les ressources pédagogiques nécessaires pour la compréhension. Il en serait de même lors de l'évaluation des compétences acquises.

4.2.4 Conclusion

L'évaluation de l'utilisabilité du système par les enseignants nous permet de conclure que l'utilisation de notre modèle permet de :

- détecter les incohérences (connaissance enseignée avant son ou ses prérequis) contenues dans un cours ;
- se rendre compte que les activités proposées ne couvrent que très peu d'objectifs et se focalisent en général sur les études de cas. Or pour faire ce genre d'activités, il faut s'assurer que les apprenants aient acquis réellement les compétences requises. Cela se fait par des activités définies autour d'une compétence ou d'un objectif d'apprentissage ;
- garantir que chaque objectif annoncé dispose des ressources pour l'acquisition de la connaissance et des activités pour évaluer la connaissance acquise ;
- évaluer la charge de travail car pour chaque objectif dont les ressources et activités sont connues, l'enseignant peut mieux estimer la durée d'apprentissage et le score requis pour l'atteinte de l'objectif ;
- concevoir plusieurs scénarios d'apprentissage en se concentrant juste sur la définition de chaque objectif et l'établissement d'un graphe de précedence entre les objectifs.

En définitive, nous concluons à une réponse mitigée de la troisième question de recherche (QR3) car une moitié des enseignants a bien réussi à s'approprier et comprendre notre modèle et ses outils, mais qu'une part non négligeable d'entre eux ont exprimé un besoin d'accompagnement, que nous espérons pouvoir être en mesure de leur apporter.

4.2.5 Synthèse

Dans ce chapitre, nous avons expérimenté auprès des enseignants, le modèle et les outils technologiques conçus pour la conception multi-scénarios d'un cours. Cette expérimentation a consisté à évaluer l'utilisabilité du système par les enseignants. Cette expérimentation est réalisée en mode présentiel dans le but que chaque participant conçoive l'un de ses cours avec notre modèle de conception multi-scénarios. Cette

expérimentation a permis aux enseignants d'une part de déceler et corriger les incohérences contenues dans leur cours. D'autre part, à l'aide du graphe de précédences entre les objectifs, les enseignants se sont rendus compte qu'il existait plusieurs scénarios pédagogiques et que l'apprentissage peut parfois se faire dans un ordre inverse ou différent de ce qu'ils proposent. Pour nous assurer que notre modèle améliore leur processus de conception d'un cours, nous avons organisé un sondage en ligne. Ce sondage avait pour but d'évaluer l'écart de perception de notre modèle a priori et a posteriori de l'expérimentation. Ce sondage a posteriori révèle une efficacité de notre modèle pour la structuration pédagogique d'un cours et pour la production de plusieurs scénarios d'apprentissage. Cette expérimentation nous a permis de répondre partiellement à notre troisième question de recherche (QR3); en fait, les enseignants ont pour beaucoup besoin de plus de temps afin de bien comprendre le modèle et produire efficacement leur cours avec celui-ci.

En définitive, l'acceptabilité de notre modèle et le désir de disposer de plus de temps pour son utilisabilité nous permet d'être raisonnablement optimistes quant à l'impact positif de notre modèle dans la conception des cours.

Chapitre 4.3

Expérimentation de la co-construction du scénario d'apprentissage

4.3.1 Introduction

Nous avons conçu le modèle de co-construction du scénario d'apprentissage (voir Chapitre 2.2) destiné aux apprenants pour rendre plus efficace le processus d'apprentissage. A la Section 4.1.4 du Chapitre 4.1, nous avons évalué l'acceptabilité du modèle auprès des apprenants. A l'issue de cette évaluation, nous avons répondu favorablement à notre sixième question de recherche montrant l'acceptabilité du modèle. Le modèle décrit le processus d'apprentissage (Figure 2.2.1) contenant une prise de décision à chaque étape d'apprentissage par l'apprenant (Figure 2.2.2). Au Chapitre 3.2, nous avons conçu des outils technologiques pour mettre en œuvre ce système et assurer la compréhension du modèle vis à vis des apprenants. Pour en confirmer également la convivialité, nous avons ainsi organisé auprès des apprenants une expérimentation en situation dite écologique de notre système.

Problématique 3 : Accompagnement de l'apprenant lors de l'apprentissage

La problématique de ce chapitre consiste à expérimenter le modèle de co-construction du scénario d'apprentissage (Chapitre 2.2) et les outils technologiques (Chapitre 3.2) conçus pour la co-construction du scénario par les apprenants.

Dans cette problématique, nous nous intéressons à la septième question de recherche (QR7) de cette thèse formulée ainsi :

Question de recherche N° 7

Comment les apprenants utilisent-ils les possibilités de co-construction mises à leur disposition ?

L'expérience est réalisée auprès des apprenants en 3 phases : (1) évaluation de

l'acceptabilité du modèle proposé, (2) évaluation de l'utilisabilité du système et (3) évaluation de la satisfaction de l'apprentissage.

Le chapitre est organisé en quatre sections. La première section définit le contexte expérimental. La seconde section décrit la méthodologie utilisée durant l'expérience. La troisième section présente et discute des résultats obtenus. La quatrième section analyse les points faibles de l'expérimentation et propose les actions à faire pour améliorer le système.

4.3.2 Contexte expérimental

L'expérimentation de la co-construction du scénario d'apprentissage nécessite l'existence d'un cours conçu avec l'approche multi-scénarios et implémenté avec le plugin EGbKST. L'un des enseignants ayant participé à l'atelier précédent (confer Chapitre 4.2) a bien voulu continuer l'expérience avec l'unité d'enseignement d'Economie Politique Générale 1 qu'il dispense entièrement en ligne. Cette unité d'enseignement vaut 2 credits ECTS et est dispensée en première année de la filière du Droit des Affaires de l'Université Assane Seck de Ziguinchor.

Le cours comporte les éléments suivants (Tableau 4.3.1) :

- 4 unités d'apprentissage
- 29 objectifs d'apprentissage
- 21 ressources d'apprentissage de type fichier
- 10 ressources d'apprentissage de type vidéo
- 04 ressources d'apprentissage de type page web
- 21 activités d'apprentissage de type production
- 10 activités d'apprentissage de type questions fermées (vrai/faux, appariement, choix unique et choix multiples)

Unités Pédagogiques				Objectifs pédagogiques				
N°	Titre	Durée Mini-male	Durée Maxi-male	Code	Intitulé	Seuil Vali-dation (%)	Durée Mini-male	Durée Maxi-male
1	Principes fondamentaux de l'analyse économique	2 jours 2 heures 24 minutes	3 jours	O101	Définir quelques notions de base de l'économie	50	8 heures 24 minutes	12 heures
				O102	Reconnaître le but et l'objet de l'économie	60	8 heures 24 minutes	12 heures

N°	Titre	Durée Mini- male	Durée Maxi- male	Code	Intitulé	Seuil Vali- da- tion (%)	Durée Mini- male	Durée Maxi- male
				O103	Délimiter le champ d'action de la science économique	50	8 heures 24 mi- nutes	12 heures
				O104	Identifier les méthodes d'approche et de raisonnement de la science économique et les alternatives méthodologiques	50	8 heures 24 mi- nutes	12 heures
				O105	Examiner les niveaux d'analyse économique	50	8 heures 24 mi- nutes	12 heures
				O106	Comparer l'analyse sta- tique de l'analyse dyna- mique	50	8 heures 24 mi- nutes	12 heures
2	Les principales étapes de l'histoire de la pensée économique	2 jours 2 heures 24 minutes	3 jours	O201	Identifier les précur- seurs de la pensée éco- nomique	50	4 heures 12 mi- nutes	6
				O202	Montrer la diversité des écoles de pensée écono- mique	50	12 heures 36 mi- nutes	18 heures
				O203	Citer les principaux courants de la pensée économique	80	8 heures 24 mi- nutes	12 heures
				O204	Distinguer les chefs de files des courants de la pensée économique	70	8 heures 24 mi- nutes	12 heures
				O205	Classer les courants de pensée dans l'ordre chronologique	75	8 heures 24 mi- nutes	12 heures

N°	Titre	Durée Mini- male	Durée Maxi- male	Code	Intitulé	Seuil Vali- da- tion (%)	Durée Mini- male	Durée Maxi- male
				O206	Résumer le contexte et les idées essentielles des courants de pensée économique	70	8 heures 24 mi- nutes	12 heures
3	Les types de marché et le financement de l'économie	3 jours 12 heures	5 jours	O301	Identifier les différentes types ou formes de marché	60	12 heures 36 mi- nutes	18 heures
				O302	Mémoriser les hypothèses et conditions de la CPP	50	4 heures 12 mi- nutes	6 heures
				O303	Reconnaître les fonctions classiques de la monnaie	75	8 heures 24 mi- nutes	12 heures
				O304	Citer les différentes formes de la monnaie	75	8 heures 24 mi- nutes	12 heures
				O305	Déterminer le mécanisme de création et de destruction monétaire	75	12 heures 36 mi- nutes	18 heures
				O306	Analyser la composition de la masse monétaire	75	4 heures 12 mi- nutes	6 heures
				O307	Définir les notions de marché relatives au marché des capitaux	75	8 heures 24 mi- nutes	12 heures
				O308	Décrire le circuit de financement de l'économie	75	8 heures 24 mi- nutes	12 heures
				O309	Structurer le fonctionnement des marchés de capitaux	75	8 heures 24 mi- nutes	12 heures

N°	Titre	Durée Mini- male	Durée Maxi- male	Code	Intitulé	Seuil Vali- da- tion (%)	Durée Mini- male	Durée Maxi- male
				O310	Comparer les modalités de financement de l'économie	75	8 heures 24 minutes	12 heures
4	Forme et place de l'intervention de l'Etat dans l'économie	2 jours 2 heures 24 minutes	3 jours	O401	Définir quelques notions clés du concept de l'Etat	70	4 heures 12 minutes	6 heures
				O402	Distinguer le rôle régulateur de l'Etat selon la conception des classiques, de Keynes, et du courant néolibéral	50	8 heures 24 minutes	12 heures
				O403	Analyser l'évolution du rôle de l'intervention de l'Etat	50	8 heures 24 minutes	12 heures
				O404	Discuter les raisons de cette évolution	50	4 heures 12 minutes	6 heures
				O405	Classifier les objectifs de la régulation par l'Etat et ses instruments d'action.	50	4 heures 12 minutes	6 heures
				O406	Résumer les controverses entre les courants de pensée économique par rapport à l'intervention de l'Etat dans l'économie	50	12 heures 36 minutes	18 heures
				O407	Proposer une synthèse comparative de l'économie de l'offre et de la demande	60	8 heures 24 minutes	12 heures

Tableau 4.3.1: Les objectifs d'apprentissage de l'unité d'enseignement d'Economie Politique Générale 1

Les relations de précedence entre les objectifs d'apprentissage sont schématisées à la Figure 4.3.1.

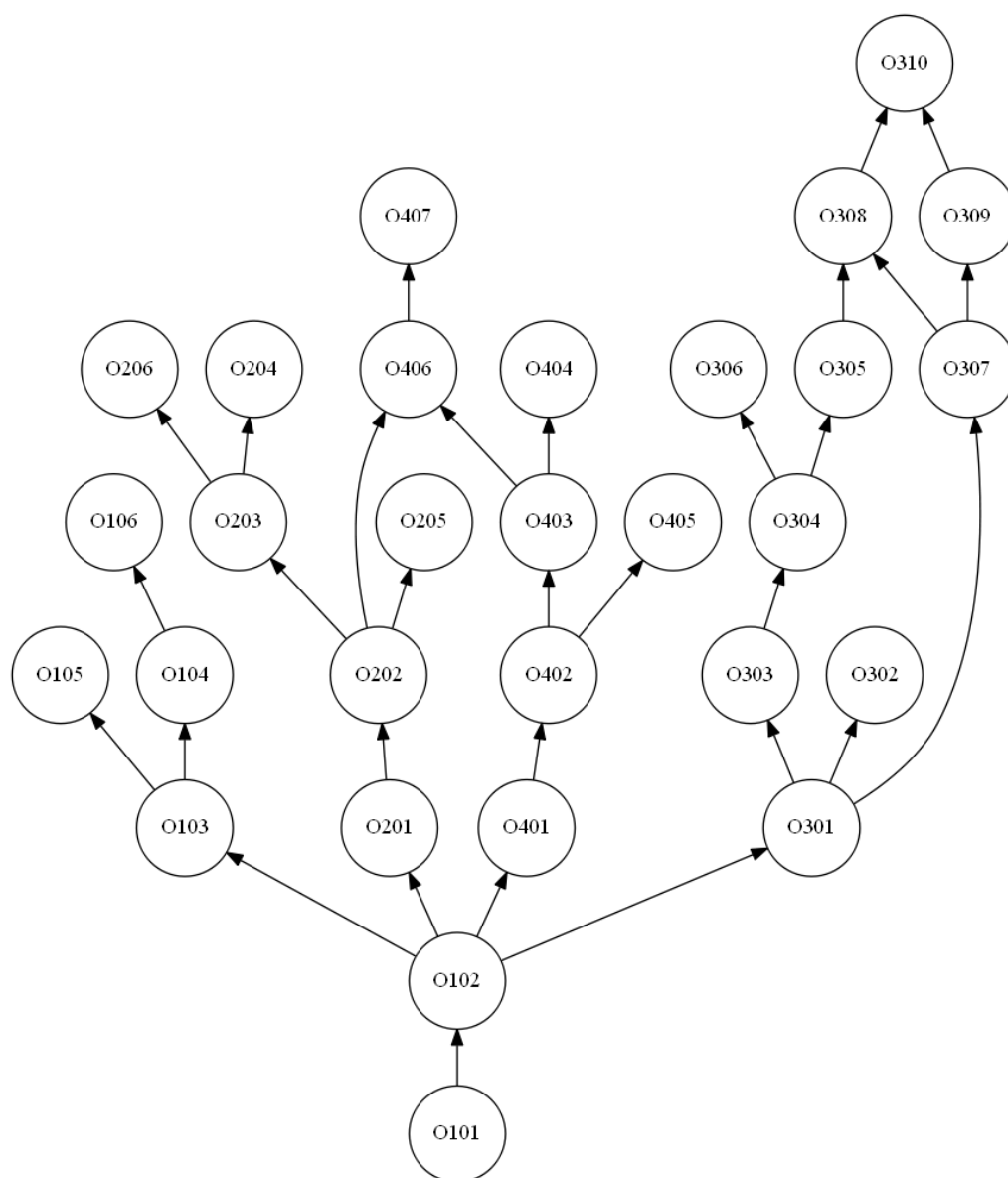


Figure 4.3.1 – Graphe de précedence des objectifs d'apprentissage de l'unité d'enseignement d'Economie Politique Générale 1

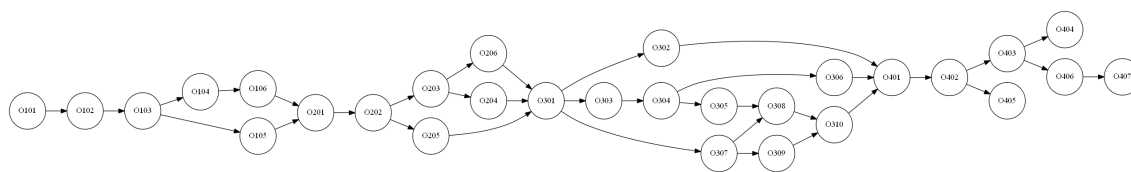


Figure 4.3.2 – Graphe modifié de précédence des objectifs d'apprentissage de l'unité d'enseignement d'Economie Politique Générale 1

A l'issue de l'interprétation du graphe de précédence entre les objectifs d'apprentissage (Figure 4.3.1), l'enseignant s'est rendu compte qu'il existait une forte indépendance entre les unités d'apprentissage 2, 3 et 4. Cela veut dire qu'un apprenant peut apprendre l'unité d'apprentissage 4 avant la 3 et la 2. L'enseignant a néanmoins émis le souhait que les apprenants respectent l'ordre d'apprentissage des unités d'apprentissage c'est à dire 1, 2, 3 et 4. Pour cela, nous avons ajouté les 8 relations de précédence suivantes :

1. O105 \rightarrow O201
2. O106 \rightarrow O201
3. O204 \rightarrow O301
4. O205 \rightarrow O301
5. O206 \rightarrow O301
6. O302 \rightarrow O401
7. O306 \rightarrow O401
8. O310 \rightarrow O401

L'ajout des nouvelles relations de précédence rend certaines relations relations transitives. Dans les propriétés des relations de précédence définies au Chapitre 2.1, nous avons vu que la transitivité n'apporte pas d'informations et surcharge le graphe de précédence des objectifs d'apprentissage. Pour éliminer cette transitivité, nous avons supprimé les 4 relations de précédence suivantes :

1. O102 \rightarrow O201
2. O102 \rightarrow O301
3. O102 \rightarrow O401
4. O202 \rightarrow O406

Les relations de précédence entre les objectifs d'apprentissage considérées et implémentées dans le système sont représentées par la Figure 4.3.2.

Après génération de la structure de connaissance (Algorithme 1), le cours dispose de 83 états de connaissance et 233 280 chemins d'apprentissage.

4.3.3 Méthodologie

4.3.3.1 Protocole expérimental

Pour évaluer ce que les apprenants font des possibilités de co-construction mises à leur disposition, nous avons réalisé du 24 mars au 08 avril 2018, un apprentissage entièrement en ligne selon le modèle décrit au Chapitre 2.2. Les participants au nombre de 11 sont des professionnels (enseignant, percepteur d'impôts, douanier, agent de l'inspection du travail, ...) en formation continue inscrits en Licence 1 de la Formation A Distance dans le filière du Droit des Affaires de l'Université Assane Seck de Ziguinchor. Leur âge varie entre 24 et plus de 50 ans avec une moyenne égale à 36,22 et un écart-type égale à 6,38.

L'expérimentation est réalisée en 3 phases.

Phase 1 : Évaluation de l'acceptabilité du modèle proposé par les apprenants

A la Section 4.1.4 du Chapitre 4.1, nous avons évalué dans un cadre général, l'acceptabilité de notre modèle de co-construction du scénario d'apprentissage par les apprenants par un sondage. Nous avons obtenu un faible taux de réponses des étudiants (voir Annexe F) soit 85 sur près de 250 attendus. Ces résultats sont à prendre avec précaution, car certaines catégories d'étudiants (motivés, technophiles, formés à l'apprentissage en ligne, ...) sont probablement surreprésentées. Ainsi, pour éviter ce biais, il semble indiqué de reprendre le sondage¹ pour n'avoir que l'opinion des étudiants inscrits (N=11) dans la formation en ligne ayant servi à l'expérimentation du système mais en contre-partie, l'échantillon devient bien plus faible.

Phase 2 : Évaluation de l'apprentissage avec notre système

Nous avons évalué l'apprentissage avec notre système lors d'une expérimentation en condition réelle sur l'unité d'enseignement "Économie politique générale 1" qui a été décrite précédemment dans le contexte expérimental. Ce cours dispose d'un scénario recommandé par l'enseignant et une durée de 2 semaines apprentissage. Durant l'apprentissage, c'est l'enseignant concepteur du cours qui a assuré le tutorat.

L'expérience est organisée en 2 étapes. L'étape 1 s'est déroulée en séance présentielle de 2 heures pendant laquelle, nous avons expliqué aux apprenants et tuteur le fonctionnement du nouveau modèle pédagogique. Des tests d'utilisation de la plate-forme ont été faits sur le cours pour leur montrer comment utiliser le nouveau système. L'étape 2 a consisté à dérouler durant 2 semaines l'apprentissage en ligne sous la supervision du tuteur.

1. <http://foad.uas-z.gouv.sn/mod/questionnaire/view.php?id=5273>

Phase 3 : Évaluation de la satisfaction de l'apprentissage des apprenants

A l'issue des 2 semaines d'apprentissage, nous avons soumis aux apprenants un sondage² pour évaluer leur satisfaction concernant le nouveau modèle pédagogique. Les questions du sondage sont sous forme affirmative avec des réponses sur une échelle de Likert à 4 points allant de "pas du tout d'accord" à "tout à fait d'accord". Elles portent essentiellement sur l'impact perçu du modèle sur la facilité de leur apprentissage et la contribution à la réussite.

4.3.3.2 Protocole de collecte des données

L'évaluation de l'acceptabilité du modèle (phase 1) est faite avec l'outil questionnaire³ de Moodle. Le sondage figurait parmi les consignes de travail et par conséquent, tout apprenant inscrit au cours avait accès au sondage. Le recueil des données du questionnaire est également fait en ligne. Les données sont enregistrées dans un fichier CSV (Comma-Separated Values) à partir de l'adresse <http://foad.uaszh.gouv.sn/mod/questionnaire/report.php?instance=247&group=0>.

Durant l'apprentissage (phase 2), les interactions faites par les apprenants dans le système sont enregistrées comme des traces d'apprentissage. Les traces sont enregistrées sous forme de texte brut et chaque ligne correspond à l'action faite par un apprenant sur un objet d'apprentissage. Une ligne est un septuplet caractérisé par :

1. **date** complète de l'action d'apprentissage ;
2. **action** d'apprentissage réalisée ;
3. **score** obtenu à la suite d'une action évaluable comme la soumission d'une activité d'apprentissage ;
4. **type d'objet d'apprentissage** concerné par l'action (ressource, activité, objectif, état de connaissance) ;
5. intitulé de l'**objet d'apprentissage** ;
6. **numéro d'identification de l'apprenant sous Moodle** ;
7. **code d'identification de l'apprenant dans le plugin EGbKST**.

Chaque ligne représente l'action faite par un apprenant sur un objet d'apprentissage.

L'évaluation de la satisfaction de l'apprentissage (phase 3) est également réalisée avec l'outil questionnaire de la plate-forme d'apprentissage Moodle à l'adresse <http://foad.uaszh.gouv.sn/mod/questionnaire/view.php?id=5274>. Cette évaluation n'est accessible aux apprenants qu'à la fin de l'apprentissage. Les données (fichier CSV) sont collectées à l'adresse <http://foad.uaszh.gouv.sn/mod/questionnaire/report.php?instance=248&group=0>.

2. <http://foad.uaszh.gouv.sn/mod/questionnaire/view.php?id=5274>

3. https://moodle.org/plugins/mod_questionnaire

4.3.3.3 Protocole d'analyse des données

Pour répondre à notre septième question de recherche (QR7) "Comment les apprenants utilisent-ils les possibilités de co-construction mises à leur disposition ?", nous avons défini 2 indicateurs :

- **La diversité des scénarios** permet de déterminer si les scénarios construits par les apprenants sont différents dans l'agencement des étapes. Pour chaque apprenant, nous extrayons des traces, les différentes étapes de progression dans l'ordre chronologique. Chaque progression est matérialisée par la soumission d'un objectif d'apprentissage. Nous déterminons ainsi les différents scénarios construits par chaque apprenant en les comparant avec le scénario de référence recommandé par l'enseignant. Pour les apprenants n'ayant pas terminé leur apprentissage, nous comparons leur séquence d'apprentissage avec la séquence correspondante dans le scénario de référence. Par exemple, pour un apprenant ayant abandonné après 5 étapes, nous ne comparons son scénario qu'avec les 5 premières étapes du scénario de référence. La diversité des scénarios est d'une part représentée par le nombre de scénarios différents et d'autre part la distance entre les différents scénarios. La distance entre 2 scénarios est calculée en se basant sur la distance de Levenshtein ou distance d'édition [Levenshtein, 1965]. Pour que le calcul de la distance soit réalisable au sens de Levenshtein, nous avons représenté chaque étape du scénario par un caractère ; ainsi un scénario est vu comme une chaîne de caractères. Lors du calcul des distances entre les différents scénarios, nous ne considérons que les séquences de longueur identique.
- **La diversité des modes d'évaluation** permet de déterminer la volonté de chaque apprenant à progresser selon le mode choisi à chaque étape de l'apprentissage. Le modèle dispose de trois modes d'évaluation : (1) évaluation par compensation souple ; (2) évaluation par compensation contraignante et (3) évaluation stricte (voir Section 2.2.5). Cet indicateur est décomposé en 2 sous-indicateurs. Le premier est le pourcentage de fois que chaque mode d'évaluation est utilisé par les apprenants pour progresser. Le second est le nombre d'apprenants par mode utilisé et le taux d'utilisation de chaque mode.

4.3.4 Résultats et discussion

4.3.4.1 Acceptabilité du modèle par les apprenants

Les résultats du sondage obtenus auprès des 11 étudiants ayant utilisé le système sont similaires à ceux obtenus dans le cadre général. La seule différence apparaît sur la disponibilité (en ligne) des ressources et activités pour les objectifs. Cette différence se justifie par le fait que la mise en ligne des cours exige la disponibilité des ressources et des activités pour chaque séquence d'apprentissage.



Figure 4.3.3 – Visualisation des 4 scénarios co-construits par les apprenants

4.3.4.2 Diversité des scénarios

Pour ce qui concerne la phase 2, afin de visualiser les différents scénarios co-construits par les apprenants dans le respect des contraintes formulées par l'enseignant, nous avons représenté chaque étape du scénario de chaque apprenant par une couleur différente. Pour éviter une multiplicité de couleurs, la couleur grise correspond aux étapes identiques dans les différents scénarios. La comparaison des différents scénarios nous permet de déduire que les apprenants ont construits 4 scénarios sur 11 possibles que nous nommons A, B, C et D (Figure 4.3.3). Après dénombrement des scénarios par apprenant, le scénario A est construit par 72,7% des apprenants (Figure 4.3.4). Après vérification, nous nous sommes rendus compte que le scénario A correspond à celui recommandé par l'enseignant. Nous pensons que ce fort taux de préférence pour ce scénario est lié à un biais du système car les objectifs proposés pour le choix sont numérotés. Il nous semble donc normal que les apprenants aient choisi l'ordre naturel (croissant) des objectifs quand ils n'avaient pas de préférences fortes.

La distance entre les scénarios montre que le scénario B (respectivement D) est le plus éloigné (respectivement proche) du scénario recommandé par l'enseignant (Figure 4.3.5). Ces résultats montrent qu'en laissant le choix aux apprenants de construire leur propre scénario, on peut trouver une diversité de scénarios logiques obéissant aux contraintes pédagogiques, et qu'une proportion non négligeable d'apprenants s'emparent de cette possibilité. Notons que la variabilité possible des scénarios était limitée par le fait que l'enseignant avait imposé de conserver l'ordre des unités d'apprentissage (chapitres). Par exemple, il n'est pas possible de passer à un objectif de la seconde unité d'apprentissage tant que tous les objectifs de la première unité d'apprentissage (O101, O102, O103, O104, O105 et O106) ne sont pas validés. Cette restriction est matérialisée lors de la conception du cours par l'enseignant en modifiant le graphe de précedence des objectifs (Figure 4.3.1) pour avoir un graphe de précedence où l'ordre des unités d'apprentissage sera respecté (Figure 4.3.2).

4.3.4.3 Diversité des modes d'évaluation

Bien que le mode strict soit le plus difficile, nous constatons que tous les apprenants l'ont choisi et l'ont utilisé à plus de 75% de fois (Figure 4.3.6). Par défaut, au début de l'apprentissage, le système est en mode strict, ce qui peut justifier que tous les apprenants soient évalués par ce mode. En revanche, le nombre de fois utilisé montre le désir de rester dans ce mode. Ce point de vue est conforté par le fait qu'en suivant manuellement les traces des apprenants, nous constatons que certains (en l'occurrence L05 et L09 de la Figure 4.3.7) reviennent sur certaines activités pour améliorer leur

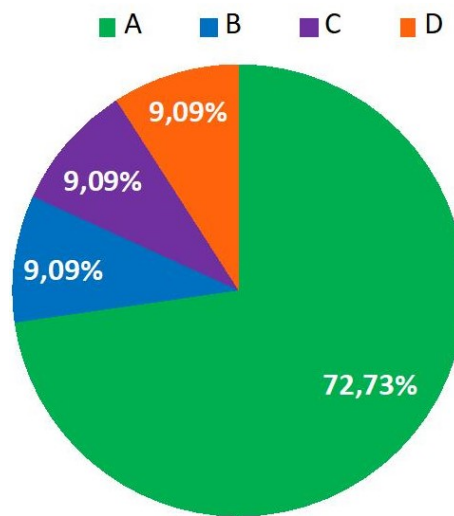


Figure 4.3.4 – Représentation des apprenants par scénario construit

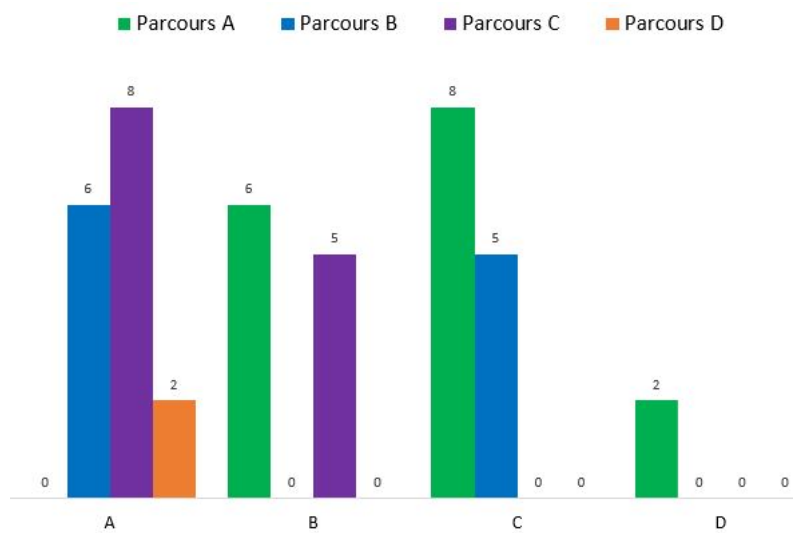


Figure 4.3.5 – Distance de Levenshtein entre les différents scénarios

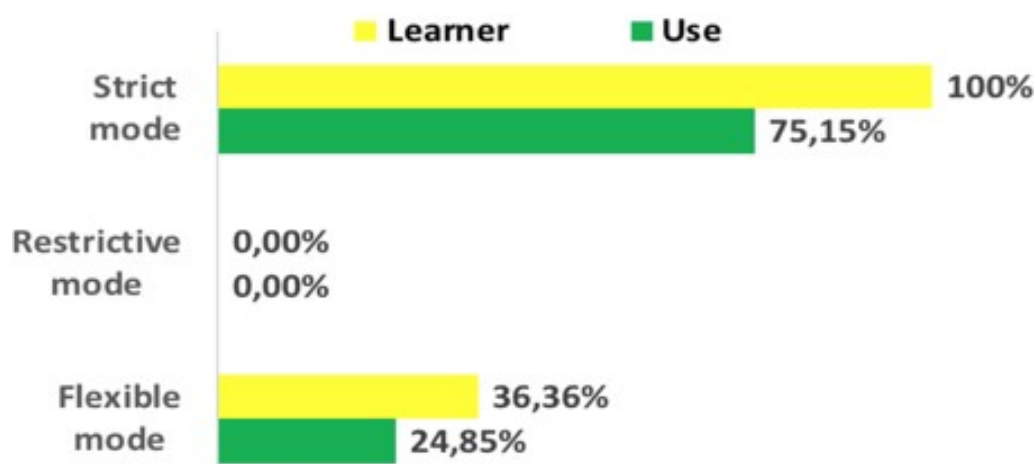


Figure 4.3.6 – Représentation d'apprenants et nombre de progressions par mode d'évaluation

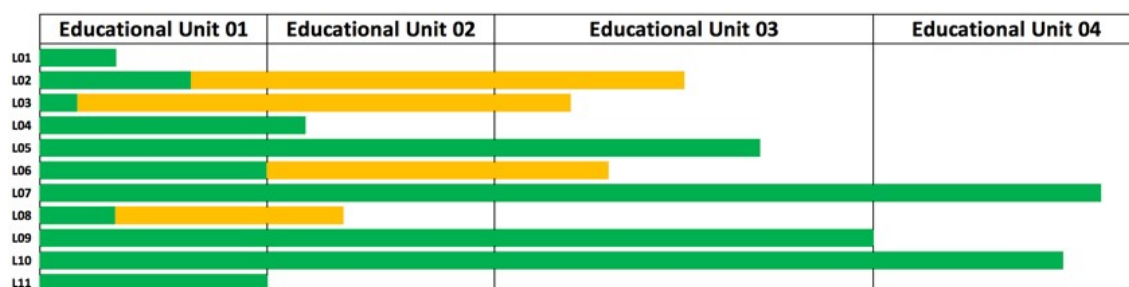


Figure 4.3.7 – Représentation du scénario de chaque apprenant par mode d'évaluation (Mode strict en vert ; Mode souple en orange)

score dans le but de rester dans ce mode.

A l'exception de 4 apprenants (cf. Figure 4.3.7), nous constatons qu'ils sont des challengers (apprenants qui aiment valider l'ensemble des activités sans compensation). Nous pensons qu'une fois que les apprenants ont changé de mode, ils désirent progresser rapidement et par conséquent, ils ont opté pour le mode souple au détriment du mode contraignant qui est un mode intermédiaire entre le mode strict et le mode souple. Bien qu'il soit possible de revenir sur un mode, aucun apprenant ne l'a fait. Il est possible que cela soit dû au fait que cette possibilité n'est pas présentée explicitement dans le système. Nous constatons aussi que tous les apprenants qui ont changé de mode ont eu tendance à arrêter quelques temps après et n'ont pas consulté l'intégralité du contenu pédagogique. Cela pourrait indiquer que le choix du mode de validation souple est un indicateur de décrochage en cours pouvant conduire l'apprenant à abandonner son apprentissage. Il serait peut-être pertinent d'en informer l'enseignant et/ou le tuteur lors des changements de mode d'évaluation.

4.3.4.4 Satisfaction de l'apprentissage des apprenants

6 sur les 11 apprenants ont répondu au sondage de satisfaction du modèle à l'expérimentation. Sur les 7 apprenants ayant au moins atteint la troisième unité d'apprentissage (progression satisfaisante), 4 ont répondu. 3 sur les 6 estiment que leur apprentissage est facilité par l'annonce des objectifs au début. 4 estiment que la présentation du cours par objectif et non par chapitre a facilité leur apprentissage ce qui conforte notre approche qui stipule qu'un cours est plus accessible par les apprenants lorsqu'il est présenté par objectif. 3 apprécient la construction du parcours d'apprentissage car ils sont les acteurs principaux de leur apprentissage et ils décident de l'ordre des objectifs d'apprentissage à atteindre. Ce constat confirme que la diversité de scénarios offert par le modèle est bien appréciée et utilisée.

A l'exception de l'apprenant L07 (Figure 4.3.7) qui affirme que sa réussite est liée à notre approche, les autres ne sont pas du même d'avis. Par exemple, l'apprenant L02 (Figure 4.3.7) déclare dans les observations ceci : *"Ce logiciel cause beaucoup de problème car ma progression était très lente. La connexion me cause un grand préjudice. Le temps de connaissance du contenu du travail est très long. Je propose de nous laisser continuer avec l'ancienne méthode."* La principale raison de telle affirmation est liée au fait que notre approche oblige les apprenants à constamment se connecter pour évaluer leur apprentissage afin d'avoir accès aux connaissances suivantes. Bien que la connexion quasi-permanente à internet soit une condition sine qua non pour la formation, nous nous rendons compte qu'il faut tenir compte du fait que ce n'est pas toujours le cas dans la pratique dans notre contexte en Afrique subsaharienne.

4.3.5 Analyse pour la réingénierie

Cette expérimentation nous a permis de détecter des points faibles dans le système qu'il faut corriger pour éviter des biais dans l'analyse des comportements des apprenants.

4.3.5.1 Biais durant la co-construction du scénario

Pour corriger le biais détecté dans la construction du scénario, nous avons fait la réingénierie du système où nous avons masqué les numéros des objectifs que nous présentons aux apprenants lors des choix. Pour les guider dans leur choix, nous prévoyons de leur donner accès aux métadonnées des objectifs d'apprentissage telles que la durée, le seuil de validation, la description, le nombre de ressources d'apprentissage et le nombre d'activités d'apprentissage. Ce changement devrait permettre une diversité accrue des parcours, et des choix plus significatifs.

4.3.5.2 Décision entre challenge et progression

Nous nous sommes rendus compte que certains apprenants restent sur le mode strict d'évaluation bien qu'ils ne progressent pas. Nous leur recommandons maintenant de chercher un mode qui leur permet de progresser. Cette information est systématique car

nous pensons que certains apprenants peuvent avoir oublié qu'ils peuvent changer de mode d'évaluation durant l'apprentissage.

4.3.5.3 Choix du mode d'évaluation

Pour éviter un mode par défaut qui peut biaiser les résultats, nous demanderons explicitement à l'apprenant de choisir son mode d'évaluation au début de l'apprentissage. Puisqu'il a la possibilité de changer ce mode à tout moment, nous lui demanderons les raisons du changement pour comprendre sa motivation.

4.3.5.4 Risque de décrochage

Chaque fois que l'apprenant changera son mode d'évaluation pour un mode moins challenger, nous avertirons l'enseignant et nous demanderons à l'apprenant les raisons du changement pour mieux comprendre leurs motivations.

4.3.6 Synthèse

Ce chapitre nous a permis d'expérimenter le modèle et les outils technologiques de co-construction du scénario d'apprentissage par les apprenants. Cette expérimentation est faite en 3 phases.

La première phase nous a permis d'évaluer l'acceptabilité du modèle de co-construction du scénario d'apprentissage par les apprenants. Cette évaluation nous a permis de confirmer dans un cadre restreint l'acceptabilité du modèle que nous avons déjà eu dans un cadre général (voir Section 4.1.4).

La seconde phase a consisté à évaluer l'utilisabilité du système par les apprenants. Cette phase consistait à faire apprendre un cours avec notre système (EGbKST). Pour que cette phase puisse avoir lieu, nous avons accompagné l'enseignant du cours d'Economie Politique Générale 1 à concevoir et implémenter son cours selon notre approche. Cette phase a été réalisée en 2 étapes dont la première consistait à expliquer en séance présentielle de 2 heures aux apprenants et tuteur, l'utilisation du système. La seconde étape est réalisée en condition réelle durant 2 semaines où les apprenants ont appris entièrement en ligne sous la supervision d'un tuteur humain. Donner la possibilité aux apprenants de co-construire leur scénario durant l'apprentissage les rend acteur principal de leur apprentissage. A notre connaissance, une telle approche n'est pas prise en compte dans les récentes recherches en EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain).

La troisième phase a consisté à évaluer la satisfaction de l'apprentissage des apprenants. Cette phase est réalisée par un sondage dans lequel plus de 66% des apprenants affirment que la présentation du cours par objectif et non par chapitre a facilité leur apprentissage ce qui conforte notre approche qui stipule qu'un cours est plus accessible par les apprenants lorsqu'il est présenté par objectif. Ils apprécient à 50%

la possibilité de co-construire leur propre scénario.

Les points positifs de cette expérience sont les suivants :

- Notre modèle montre qu'il est possible que les apprenants co-construisent leur scénario et que les scénarios respectent les contraintes pédagogiques définies par l'enseignant.
- Les expériences faites auprès des enseignants et apprenants sont satisfaisantes pour l'amélioration du processus d'apprentissage et d'enseignement.
- La diversité des scénarios construits par les apprenants malgré la présence d'un scénario de référence recommandé par l'enseignant montre que certains apprenants semblent préférer apprendre autrement.
- Le modèle offre à tout moment aux apprenants un choix du mode (niveau) d'évaluation.
- Leur désir de challenge (mode strict utilisé à plus de 75%) observé dans l'expérimentation est un signe que notre modèle offre un repère pour mieux acquérir les compétences. Nous justifions cela par le fait que certains apprenants reviennent sur des activités pour les parfaire afin de rester dans une évaluation stricte des connaissances acquises.

L'expérience dispose de quelques points négatifs :

- Le contexte de notre expérimentation (effectif réduit d'apprenants dans la formation en ligne) ne nous permet pas de conclure un passage à l'échelle pour valider notre approche. L'intégration de notre approche dans un MOOC pourrait nous donner suffisamment de données pour tirer une conclusion plus fiable.
- Les difficultés de connexion Internet dans un contexte d'Afrique subsaharienne ont entravé le bon déroulement de l'expérimentation car les apprenants doivent être constamment connectés pour évaluer leur niveau de compétence en vue de progresser dans l'apprentissage.
Nous avons pensé que les apprenants pouvaient utiliser leur connexion 3G pour apprendre à partir de leur smartphone. Je me suis connecté sur le système à partir d'un smartphone android de taille d'écran 5 pouces et malheureusement l'interface du système est plus large que l'écran. En réduisant la taille de l'interface, certaines informations sont difficilement lisibles. Nous envisageons de développer une interface appropriée pour les smartphones.
- Notre expérience n'est réalisable que pour un apprentissage structuré par compétences ou objectifs et non par partie ou chapitre comme fait en général. Une première analyse des traces d'apprentissage nous permet de définir des axes de réingénierie. Cela donnera plus d'outils pour l'apprentissage et devrait mieux mettre en exergue ceux existants.

- Nous constatons que certains apprenants préfèrent le mode challenge au détriment de leur progression. Afin d'éviter le décrochage, nous envisageons de repérer ce risque avec un ou plusieurs indicateurs (échecs successifs, connexions de plus en plus espacées, ...) et proposer à l'apprenant d'évoluer en mode non challenger.

Conclusion et perspectives

Notre travail s'est situé dans un contexte d'apprentissage en Afrique subsaharienne et plus précisément dans l'enseignement supérieur où nous avons observé une massification des étudiants dans les salles pédagogiques avec un faible effectif de ressources humaines (enseignants et chercheurs) [Gay et al., 2014] [Kamdem and Schamp, 2014] [Mohamedbhai, 2014]. Pour répondre à cette forte demande de formation, les dispositifs de Formation A Distance ont été privilégiés par les institutions privées, étatiques et internationales [Dogbe-Semanou, 2010] [Agence Universitaire de la Francophonie and Loiret, 2013] car c'est l'une des solutions aux problèmes de massification. Vu la diversité des apprenants inscrits dans les FAD, on a observé un taux d'abandon pouvant atteindre 80% [Bourdages, 1996] [Elliot et al., 2005] [Dogbe-Semanou, 2010] dû à la non personnalisation et adaptation du dispositif de formation aux spécificités de chaque acteur et principalement des étudiants. Ainsi, il faut accompagner chacun d'eux. Or l'accompagnement est une activité difficile à cerner.

L'objectif de notre travail a été d'apporter une solution à la réduction du taux d'abandon dans les FAD. Nous savons que la motivation est un élément crucial pour la réussite d'études supérieures et qu'elle est variable au fil du temps. L'idée a été d'accompagner chaque acteur (enseignant, tuteur et apprenant) de l'apprentissage en lui offrant un environnement personnalisé et adaptable à ses contraintes socio-professionnelles, spatio-temporelles, cognitives, ...

Puisque le scénario pédagogique est le vecteur directeur de l'apprentissage, nous avons opté d'accompagner l'équipe pédagogique (enseignant et tuteur) d'une part à concevoir un cours à plusieurs scénarios pédagogiques adaptables à chaque apprenant et d'autre part à suivre les apprenants dans un environnement multi-scénarios. De même, l'accent a été mis sur l'accompagnement de chaque apprenant en vue de rendre efficace son processus d'apprentissage. Nous donnons la liberté à chaque apprenant d'apprendre à choisissant ses objectifs pédagogiques à atteindre. Cela nous a conduit d'une part à la décomposition du scénario et d'autre part à la théorie des espaces de connaissance pour concevoir plusieurs scénarios pour un cours en un temps raisonnable ; et de cette manière, vise à renforcer l'impact des formations en ligne.

Rappel des problématiques et des questions de recherche

La première problématique étudiée a été l'accompagnement de l'enseignant à concevoir un cours multi-scénarios. Il a été question de définir des modèles et outils technologiques de conception de plusieurs scénarios (pour un même cours) pour s'adapter aux particularités des apprenants sans toutefois connaître à l'avance leur profil. Pour traiter cette problématique, nous avons posé trois questions de recherche : (QR1) Peut-on concevoir un modèle permettant aux enseignants de produire plusieurs scénarios d'apprentissage qui s'adapteront aux spécificités de chaque apprenant ? (QR2) Les enseignants sont-ils disposés à accepter et utiliser un tel modèle ? (QR3) Les outils développés pour implémenter ce modèle sont-ils facilement utilisables par les enseignants ?

Puisque dans le contexte de notre travail, le rôle de l'enseignant (concepteur du cours) et celui du tuteur (accompagnant) ont été dissociés, il a été essentiel d'accompagner le tuteur à suivre les apprenants dans un environnement multi-scénarios. La seconde problématique a porté sur des outils technologiques permettant à un tuteur de suivre plusieurs apprenants dans un environnement d'apprentissage multi-scénarios. Cette problématique est traitée en répondant une question de recherche (QR4) Est-il possible de suivre efficacement plusieurs apprenants sachant qu'ils peuvent avoir des scénarios différents ?

La troisième problématique a visé la co-construction du scénario par l'apprenant durant l'apprentissage pour rendre plus efficace le processus d'apprentissage ou d'acquisition des connaissances. Cette problématique a été traitée autour de trois questions de recherche : (QR5) Peut-on mettre en place un modèle permettant à chaque apprenant de co-construire son scénario durant l'apprentissage ? (QR6) Un tel modèle est-il compréhensible et acceptable par les apprenants ? (QR7) Comment les apprenants utilisent-ils les possibilités de co-construction mises à leur disposition ?

Méthodologie de recherche et contributions à la science

La méthodologie de recherche a été définie en fonction de chaque question de recherche.

Pour répondre à notre première question de recherche (QR1), nous avons fait au Chapitre 1.2, une revue de la littérature des approches de conception des scénarios pédagogiques qui nous a permise de définir une orientation de notre modèle d'accompagnement des enseignants vers la conception multi-scénarios d'un cours dans un temps raisonnable.

Au Chapitre 2.1, nous avons donné des éléments nous permettant de nous inspirer de la Théorie des Espaces de Connaissance basés sur les Compétences (CbKST : Competences-based Knowledge Space Theory [Heller et al., 2005]). Cette théorie présentant des insuffisances dans le contexte de notre travail, nous lui avons ajouté trois extensions : (i) les activités à objectifs multiples ; (ii) le respect des contraintes temporelles lors de l'apprentissage et (iii) la prise en compte des seuils de satisfaction d'une part dans la réalisation des activités d'apprentissage et d'autre part, dans l'atteinte des objectifs d'apprentissage. Notre modèle a été décrit d'une part par un diagramme explicitant les relations entre les objets d'apprentissage (voir Figure 2.1.1) et d'autre part par l'algorithme de génération de la structure de connaissance (Algorithme 1) produisant plusieurs états de connaissance (voir Tableau 2.1.4 et Figure 2.1.5) et parcours d'apprentissage (voir Tableau 2.1.6 et Figure 2.1.6). La première extension faite de la CbKST portant sur les activités à objectifs multiples nous ont permis de définir des notions nouvelles : (A) état de connaissance augmenté, (B) lien augmenté et, (C) parcours d'apprentissage augmenté. Ces nouvelles notions ont été intégrées à

notre modèle par l'algorithme de génération des parcours d'apprentissage augmentés (Algorithme 2) dont les résultats sont présentés à la Figure 2.1.7.

Le Chapitre 2.1 nous a permis de répondre favorablement à notre première question de recherche (QR1) en décrivant un modèle de conception multi-scénarios d'un cours [Mbatchou et al., 2018a]. Ce modèle permet aux enseignants de concevoir plusieurs scénarios d'apprentissage en un temps équivalent à celui d'un scénario. Les scénarios conçus permettent d'une part de prédire ce que l'apprenant peut faire et d'autre part de décrire et expliquer ce que l'apprenant a fait durant son apprentissage.

Pour répondre à notre seconde question de recherche (QR2) portant sur l'acceptabilité et l'utilisabilité du modèle par les enseignants, nous avons organisé un sondage anonyme (voir Annexe C) auprès des enseignants de l'Université Assane Seck de Ziguinchor (Sénégal) pour déterminer (1) leur profil ; (2) la qualité de leurs productions pédagogiques ; (3) leurs prédispositions à personnaliser le suivi des apprenants ; (4) leur résistance au changement d'approche pédagogique. Les données collectées montrent une diversité de profil d'enseignants en terme de spécialité (voir Figure 4.1.1), de tranche d'âges (voir Figure 4.1.2) et d'ancienneté dans l'enseignement (voir Figure 4.1.3). L'analyse des données collectées a montré des insuffisances dans les scénarios conçus par les enseignants (voir Section 4.1.3.2) dues à la structuration pédagogique de leurs cours (voir Figure 4.1.4). Par conséquent, les enseignants pensent que leur scénario n'est pas forcément adéquat à l'apprentissage. Ce sondage nous a donné satisfaction non seulement sur leur disposition au changement d'approche pédagogique mais surtout sur le fait que notre approche leur a été favorable.

Le Chapitre 4.2 nous a permis de répondre favorablement à notre seconde question de recherche (QR2) car à 86%, les enseignants étaient prêts à changer d'approche pédagogique pour adopter notre approche basée sur les objectifs d'apprentissage [Mbatchou et al., 2018a].

Pour répondre à la troisième question de recherche (QR3) portant sur l'utilisabilité des outils développés et mis à la disposition des enseignants pour la conception multi-scénarios, nous avons d'abord conçu notre système (voir Chapitre 3.2) sous forme de plugin (nommé *EGBKST*) intégrable dans Moodle. Nous avons soumis notre système aux enseignants à travers une expérimentation (voir Chapitre 4.2) qui a été réalisée en présentiel en 4 phases auprès de 16 enseignants de 8 spécialités différentes. Cette pluralité de spécialités a permis d'avoir une bonne ouverture par domaine et ainsi confronter le modèle à différents domaines d'application.

Les deux premières phases de l'expérimentation ont permis de recueillir à travers un sondage (voir Annexe C), l'acceptabilité et l'utilisabilité de notre modèle. Bien que les participants provenaient de plusieurs universités, nous nous sommes rendus compte que les difficultés dans la conception des cours étaient semblables à notre université de référence. De plus les enseignants ont été disposés à changer d'approche pédagogique pour opter pour celle que nous avons proposé. Nous avons conclu ces phases par la présentation de notre modèle de conception multi-scénarios d'un cours.

La troisième phase a permis aux participants d'utiliser le système développé en vue d'évaluer l'utilisabilité des outils proposés. L'utilisation de notre modèle leur a permis de (1) détecter les incohérences (connaissance enseignée avant son ou ses prérequis)

contenues dans un cours ; (2) se rendre compte que les activités proposées ne couvrent que très peu d'objectifs et se focalisent en général sur les études de cas ; (3) garantir que chaque objectif annoncé dispose des ressources pour l'acquisition de la connaissance et des activités pour évaluer la connaissance acquise ; (4) évaluer la charge cognitive car pour chaque objectif dont les ressources et activités sont connues, l'enseignant a pu mieux estimer la durée d'apprentissage ; (5) concevoir plusieurs scénarios d'apprentissage en se concentrant juste sur la définition de chaque objectif et l'établissement d'un graphe de précédence entre les objectifs.

La quatrième phase a permis d'évaluer la satisfaction des participants par rapport au système. Cette évaluation a été faite par un sondage⁴ a posteriori visant à évaluer l'écart de perception de notre modèle a priori et a posteriori de l'expérimentation. Les participants (enseignants) ont tous jugé que notre modèle pour la structuration pédagogique d'un cours et la production de plusieurs scénarios d'apprentissage était efficace. Mais une part importante (43%) des participants a estimé que l'utilisation du modèle était difficile et aurait requis plus de temps dans l'accompagnement de sa maîtrise.

Ainsi, le Chapitre 4.2 nous a permis de répondre partiellement à notre troisième question de recherche (QR3) relative à l'utilisabilité du système [Mbatchou et al., 2018a].

Pour répondre à la quatrième question de recherche (QR4) portant sur l'efficacité du suivi (tutorat) des apprenants dans un environnement multi-scénarios, nous avons opté pour une approche basée sur les tableaux de bord. Ce choix est basé sur le fait qu'il a été difficile de spécifier un scénario d'encadrement sans connaissance du scénario d'apprentissage. Nous avons conçu des tableaux de bord individuels et collectifs qui ont permis au tuteur de pratiquer les deux modalités d'intervention (proactivité et réactivité) recommandées lors d'un tutorat.

Ainsi le Chapitre 3.2 nous a permis de répondre favorablement à notre quatrième question de recherche portant sur l'efficacité à suivre plusieurs apprenants dans un environnement d'apprentissage multi-scénarios.

La cinquième question de recherche (QR5) porte sur la mise en place d'un modèle permettant à chaque apprenant de co-construire son scénario durant l'apprentissage en respectant les contraintes formulées par l'enseignant. Nous avons bâti les fondements de notre modèle sur des travaux dans le domaine de la métacognition et de l'apprentissage auto-régulé qui ont montré que l'implication de l'apprenant pouvait conduire à un apprentissage profond et à une augmentation de la motivation ([Harley et al., 2018]) supérieure par rapport à une attitude passive dans laquelle les buts d'apprentissage sont définis uniquement par l'enseignant. L'implication a consisté à donner la liberté à l'apprenant de choisir les objectifs à atteindre ou les compétences à acquérir. Le modèle est développée en nous référant au modèle multi-scénarios conçu au Chapitre 2.1 pour bénéficier de la pluralité de scénarios. Le modèle a été décrit d'une part par le processus d'apprentissage schématisé à la Figure 2.2.1 et d'autre part par la prise de décision dans la co-construction explicitée par le diagramme d'activités de l'apprentissage à la Figure 2.2.2.

La qualité du scénario co-construit a été évaluée par trois modes d'évaluation (évaluation

4. <https://goo.gl/forms/NsCXca8xsElqfXh72>

stricte, évaluation par compensation contraignante et évaluation par compensation souple) dont le choix dépendait de l'apprenant (voir Section 2.2.5). A chaque étape de l'apprentissage, l'apprenant avait l'opportunité de changer le mode d'évaluation. Cette possibilité accordée aux apprenants nous a permis de déceler au Chapitre 4.3, l'engagement de chaque apprenant durant l'apprentissage.

Durant l'apprentissage, des conseils et suggestions (voir Tableau 2.2.1) sont envoyés à l'apprenant pour anticiper l'échec et mieux le guider à la réussite.

Le Chapitre 2.2 nous a permis de répondre favorablement à notre cinquième question de recherche (QR5) en concevant un modèle de co-construction du scénario par l'apprenant durant l'apprentissage en respectant les contraintes formulées par l'enseignant.

Pour répondre à la sixième question de recherche (QR6) portant sur la compréhension et l'acceptabilité du modèle de co-construction par les apprenants, nous avons au Chapitre 3.2 conçu les outils que nous avons mis à la disposition des apprenants. Ensuite nous avons réalisé une expérimentation en trois phases.

La première phase de l'expérimentation a consisté à l'évaluation de l'acceptabilité du modèle proposé par les apprenants. Elle a été faite par un sondage (voir Annexe E) dans lequel nous avons évalué d'abord le modèle pédagogique en vigueur avant d'évaluer l'intérêt de notre modèle. L'évaluation du modèle pédagogique en vigueur a révélé des insuffisances identifiables par les apprenants. Ces insuffisances étaient liées à l'absence des ressources et activités pédagogiques pour l'atteinte de certains objectifs. Ce résultat nous a permis de justifier notre choix d'indexer les ressources et activités par rapport aux objectifs. De plus, ils ont estimé à plus de 70% qu'il existait un meilleur scénario que celui imposé par l'enseignant ; ce qui a justifié notre choix de ne pas imposer de scénario mais de laisser chaque apprenant le co-construire. Etant en accord avec les apprenants sur les faiblesses du modèle en vigueur, nous avons évalué l'intérêt d'adopter notre modèle. Les apprenants ont estimé à plus de 81% que l'acquisition de connaissances serait plus facile si elles étaient organisées et présentées par objectif ou compétence. Nous avons été aussi motivé dans notre démarche car ils ont estimé à plus de 91% qu'ils pourraient obtenir de meilleurs résultats s'ils étaient évalués par objectif tel que le préconise notre modèle. A partir de cette première phase, nous pouvions conclure favorablement notre sixième question de recherche (QR6). Mais nous avons opté pour une seconde phase de l'expérimentation permettant d'évaluer l'utilisabilité du système par les apprenants.

Durant la seconde phase de l'expérimentation, nous avons testé notre système auprès d'apprenants suivant l'unité d'enseignement Economie Politique Générale 1. La première étape a consisté à expliquer aux apprenants et tuteurs, l'utilisation du système. Cette phase est réalisée en séance présentielle de deux heures. La seconde étape a été réalisée durant l'apprentissage (proprement dit) qui a duré deux semaines. L'apprentissage a été fait entièrement en ligne sous la supervision d'un tuteur humain conformément au contexte initial de ce travail. Cette étape nous a permis de conclure que donner la possibilité aux apprenants de co-construire leur scénario les a rendu acteur de leur apprentissage avec des prises d'initiative, même s'ils sont revenus sur certaines décisions prises.

La troisième phase de l'expérimentation a permis d'évaluer la satisfaction de l'apprentis-

sage auprès des apprenants par un sondage⁵ à la fin des deux semaines d'apprentissage. Ce sondage a révélé que la majorité (66%) des apprenants a apprécié la structuration de l'apprentissage autour des objectifs d'apprentissage. La moitié d'entre eux a également apprécié la liberté de co-construire eux-mêmes leur scénario d'apprentissage.

Le Chapitre 4.3 nous a permis de répondre positivement à notre sixième question de recherche (QR6) en montrant l'acceptabilité de notre modèle de co-construction par les apprenants à travers des outils mis à leur disposition pour apprendre à leur guise.

Pour répondre à notre septième question de recherche (QR7) portant sur l'utilisation des possibilités de co-construction mises à la disposition des apprenants, nous avons collecté et analysé les traces d'apprentissage issues des 2 semaines d'apprentissage de l'unité d'enseignement d'Economie politique générale 1 de la filière du Droit des Affaires. Nous avons analysé les données autour de deux indicateurs.

Le premier indicateur a été la diversité des scénarios qui a permis de déterminer si les scénarios co-construits ont été différents dans l'agencement des étapes. Le scénario de chaque apprenant a été déterminé en extrayant des traces, les étapes d'apprentissage et en les classant par ordre chronologique. La diversité des scénarios a été représentée par le nombre de scénarios différents. Nous avons dénombré quatre scénarios différents co-construits par les apprenants sur les onze possibles représentant le nombre d'apprenants (voir Figure 4.3.3). Nous avons également déterminé la représentativité de chaque scénario (voir Figure 4.3.4). Nous nous sommes rendus compte que le scénario le plus représentatif a été celui recommandé par l'enseignant. La cause possible pourrait être le biais du système lié à la numérotation des objectifs; car nous avons pensé qu'en cas de non préférence, l'apprenant ait choisi l'ordre naturel (croissant) des objectifs. En plus du dénombrement des scénarios, nous avons calculé la distance entre eux pour mieux exprimer leur diversité. Nous avons observé qu'en laissant le choix aux apprenants de construire leur scénario, on a obtenu des scénarios distants les uns des autres (voir Figure 4.3.5).

Le second indicateur a été la diversité des modes d'évaluation qui a permis de déterminer la volonté de chaque apprenant à progresser selon le mode choisi à chaque étape de l'apprentissage. Cet indicateur a été décomposé en deux sous-indicateurs dont les résultats ont été schématisés à la Figure 4.3.6. Le premier a permis de calculer pour chaque apprenant le pourcentage de fois que chaque mode d'évaluation a été utilisé pour progresser. Le second sous-indicateur a permis de calculer pour chaque mode, le nombre d'apprenants l'ayant utilisé et le nombre de fois utilisé. Nous avons donc conclu à une diversité des modes d'évaluation avec une préférence du mode strict (challenger) qui est le mode le plus difficile. Nous nous sommes rendus compte que certains apprenants ont refaits certaines activités pour améliorer leur score dans le but de rester en mode challenger. Ainsi la majorité des apprenants ont choisi le mode strict et l'ont conservé jusqu'à la fin de leur apprentissage (voir Figure 4.3.7).

Le Chapitre 4.3 nous a permis d'énumérer des éléments de réponse à notre septième question de recherche (QR7) et a montré que lorsque des possibilités ont été offertes aux apprenants de co-construire leur scénario, ils ont été capables de co-construire des scénarios diversifiés avec une diversité des modes d'évaluation.

5. <http://foad.usz.gouv.sn/mod/questionnaire/view.php?id=5274>

Synthèse des problématiques

A travers nos différentes questions de recherche, nous avons traité les trois problématiques de notre travail.

La première problématique portant sur l'accompagnement de l'enseignant dans la conception des cours multi-scénarios a été traitée dans les chapitres suivants :

- Chapitre 1.2 pour la revue de la littérature des modèles de conception des scénarios pédagogiques. Ce chapitre nous a également permis d'aborder les notions de personnalisation et d'adaptation de l'apprentissage. Ce chapitre nous a permis d'orienter notre accompagnement des enseignants vers la conception multi-scénarios de l'apprentissage.
- Chapitre 2.1 pour la modélisation multi-scénarios de l'apprentissage. Le modèle conçu a permis aux enseignants de produire des cours avec plusieurs scénarios avec un effort (temps) proche de celui d'un scénario. Les scénarios construits ont garanti que chaque objectif d'apprentissage possédait des ressources pour l'apprentissage et des activités pour l'évaluation de l'apprentissage.
- Chapitre 3.1 pour l'étude des plateformes d'apprentissage. Ce chapitre nous a permis de justifier le choix de la plateforme Moodle pour l'implémentation de notre modèle.
- Chapitre 3.2 pour l'implémentation du modèle conçu. Ce chapitre nous a permis de développer des outils technologiques à destination des enseignants pour concevoir des cours multi-scénarios.
- Chapitre 4.1 pour l'acceptabilité du modèle multi-scénarios de l'apprentissage auprès des enseignants. En sa section 4.1.3, nous avons conclu favorablement à l'acceptabilité du modèle par les enseignants dans un contexte général à l'Université Assane Seck de Ziguinchor.
- Chapitre 4.2 pour l'expérimentation de la conception multi-scénarios d'un cours par les enseignants. Ce chapitre nous a permis de conclure favorablement à l'acceptabilité de notre modèle et système dans un contexte particulier dont les participants étaient en nombre limité et provenaient de trois institutions d'enseignement supérieur.

Les résultats de la première problématique ont été publiés et sont référencés par [Mbatchou, 2016] et [Mbatchou et al., 2018a].

La seconde problématique portant sur l'accompagnement du tuteur dans le suivi des apprenants dans un environnement multi-scénarios a été traitée dans les chapitres suivants :

- Chapitre 1.2 pour la revue de la littérature des modèles et profils des apprenants. Ce chapitre nous a permis de comprendre la personnalisation de l'apprentissage à partir du modèle et profil de l'apprenant. Vu le contexte de

notre travail où nous ne disposons pas de données pour déterminer a priori le profil des apprenants; nous avons opté pour une solution basée sur les tableaux de bord présentant au tuteur les données collectées durant l'apprentissage.

- Chapitre 3.1 pour l'étude des plateformes d'apprentissage. Ce chapitre nous a permis de choisir la plateforme Moodle où il y a une différenciation de rôle entre l'enseignant et le tuteur.
- Chapitre 3.2 pour la conception et l'implémentation des tableaux de bord permettant au tuteur de suivre tous les apprenants sachant que chaque apprenant peut construire un scénario différent de celui de ses camarades. Ce chapitre nous a permis de développer des tableaux de bord collectifs et individuels prenant en compte les aspects réactifs et proactifs du tutorat.

La troisième problématique portant sur l'accompagnement de l'apprenant lors de son apprentissage a été traitée dans les chapitres suivants :

- Chapitre 1.2 pour la revue de la littérature des modèles de personnalisation et d'adaptation de l'apprentissage. Ce chapitre nous a permis d'orienter notre accompagnement des apprenants vers la co-construction du scénario durant l'apprentissage car dans le contexte de notre travail, nous n'avons pas à notre disposition des données pour le profilage des apprenants.
- Chapitre 2.2 pour la modélisation de la co-construction du scénario d'apprentissage par les apprenants en respectant les contraintes formulées par l'enseignant. Le modèle conçu a permis aux apprenants de disposer des outils de co-construction du scénario durant l'apprentissage tout en respectant les contraintes pédagogiques. Le modèle a donné l'opportunité aux apprenants de décider à chaque étape de l'apprentissage, de l'objectif à atteindre et du mode d'évaluation de l'apprentissage.
- Chapitre 3.1 pour l'étude des plateformes d'apprentissage. Ce chapitre nous a permis de choisir la plateforme Moodle pour l'implémentation de notre modèle de co-construction.
- Chapitre 3.2 pour l'implémentation du modèle conçu. Ce chapitre nous a permis de développer des outils technologiques à destination des apprenants pour (co)construire leur scénario durant l'apprentissage.
- Chapitre 4.1 pour l'acceptabilité du modèle de construction du scénario d'apprentissage auprès des enseignants. En sa section 4.1.4, nous avons conclu favorablement à l'acceptabilité du modèle par les apprenants.
- Chapitre 4.3 pour l'expérimentation de la co-construction du scénario d'apprentissage par les apprenants. Ce chapitre nous a permis de conclure favorablement à l'acceptabilité de notre modèle et système.

Les résultats de la troisième problématique ont été publiés et sont référencés par [Mbatchou et al., 2018b]. Une version étendue de cet article, à la demande des organisateurs de la conférence, est en cours de rédaction pour publication dans une revue internationale.

Limites et perspectives

Durant des expérimentations auprès des enseignants et apprenants, nous avons évalué nos modèles et le système qui en découle. Malgré leur acceptabilité par les utilisateurs, certaines limites du modèle et du système ont été révélées.

Une perspective est l'amélioration des pourcentages (seuils de satisfaction et taux de participation des activités à l'atteinte des objectifs) définis dans le modèle. Étant donné que ces pourcentages ne dépendent que l'enseignant, il peut arriver qu'il ait surestimer ou sous-estimer certains sans en être conscient. Pour permettre d'avoir des valeurs réalistes, nous proposons dans la suite de faire plusieurs expérimentations avec des valeurs différentes afin d'évaluer les bonnes valeurs ou des plages de valeurs plus réalistes.

Avec une expérience faite avec les apprenants, il est difficile de déduire l'impact de notre approche sur le processus d'apprentissage et encore moins sur la réussite des apprenants. Dans la suite, nous comptons mettre en place une expérimentation avec un groupe témoin n'utilisant pas notre système. À la fin de l'apprentissage, nous comparerons les résultats obtenus pour évaluer l'apport de notre approche.

Lors de l'exécution de nos algorithmes de génération de structure de connaissance et de parcours d'apprentissage, nous nous sommes rendus compte de la complexité temporelle et spatiale lorsqu'il y a peu de relations de précédence entre les objectifs. Puisque nous réalisons une programmation orientée objet, nous comptons alléger la structure des objets d'apprentissage nécessaire pour la génération de la structure de connaissance et des parcours d'apprentissage. Cela améliorera la complexité spatiale et nous espérons aussi le temps d'exécution de nos algorithmes.

Une limite est la dépendance de notre modèle de conception multi-scénarios d'un cours (voir Chapitre 2.1) à la définition du modèle de domaine par les relations de précédence entre les objectifs d'apprentissage. L'absence du modèle de domaine défini par les relations de précédence entre les objectifs conduit à l'impossibilité de générer les différents parcours d'apprentissage pour la personnalisation et l'adaptation de l'apprentissage. Cette situation peut résulter du fait que l'enseignant ne souhaite pas modéliser le domaine par des relations de précédence entre les objectifs d'apprentissage ; dans ce cas, notre modèle ne lui sera d'aucune aide. Cette situation peut aussi résulter du fait que l'enseignement soit confié à de nouveaux enseignants sans expérience. Dans ce cas, dans une perspective à moyen terme, nous comptons utiliser la Q-Matrice ([Tatsuoka, 1983]) pour indexer les activités pédagogiques par les objectifs pédagogiques ([Mbatchou, 2016]) comme certains ([El-Kechai et al., 2015b], [Melero et al., 2015a]) auteurs l'ont fait dans le cadre de l'adaptation du parcours d'apprentissage dans un *Serious Game*.

Les outils auteurs utilisés sont une autre limite du système actuel. La conception du cours par un enseignant peut se faire directement en ligne via le système développé. Néanmoins pour permettre à l'enseignant d'une part de travailler en mode déconnecté (de la plateforme dont l'accès dépend d'une connexion internet ou intranet de l'établissement d'hébergement) et d'autre part, d'avoir une vue générale de leur cours en cours de conception, nous avons également conçu un classeur Excel à cet effet. Ce classeur, malgré des contrôles et macros définis, présente quelques limites : (1) en cas de mauvaise manipulation du fichier (par exemple suppression d'une cellule) les données calculées par les macros peuvent être inexactes ; (2) le classeur ne permet pas d'avoir une vue graphique des relations de précédence entre les objectifs ; (3) le classeur ne permet pas de stocker les ressources et activités pédagogiques. Dans une perspective à court terme, nous comptons développer un outil auteur pour aider les enseignants à concevoir un cours multi-scénarios en mode déconnecté sans les limites liées au classeur Excel. Nous nous sommes rendus compte aussi que la génération de la structure de connaissance à partir de la plateforme prenait un temps important (au moins deux heures si le cours dispose de plusieurs objectifs avec peu de précédence entre eux). L'outil auteur permettra de générer cette structure sans encombrer le serveur d'apprentissage.

Une autre limite du système est la non prise en compte des différents composants de Moodle pour permettre aux enseignants de représenter leurs ressources d'apprentissage par les outils Moodle qu'ils connaissent. Dans notre système, parmi les sept composants les plus utilisés de Moodle (Dossier, Etiquette, Fichier, Livre, Page, Paquetage IMS Content et URL), nous n'avons intégré que deux composants (Page et Fichier). Dans une perspective immédiate, nous comptons intégrer ces composants à notre système. Il en sera de même pour les composants destinés aux activités d'apprentissage.

Pour permettre aux apprenants mobiles de continuer leur apprentissage via un *smartphone*, nous comptons développer à moyen terme une version mobile de notre système. Cette version permettra aux apprenants ne disposant pas d'une connexion (internet ou intranet) omniprésente à la plateforme de stocker dans leur *smartphone* leurs états de connaissance. Lorsqu'ils se (re)connecteront à la plateforme, une synchronisation sera faite entre leur *smartphone* et la plateforme.

Notre approche nécessite un accompagnement au niveau de tout établissement qui souhaite la mettre en place. Cet accompagnement doit être au niveau tant politique (administratif) que pédagogique. Au niveau politique, il faut convaincre les autorités que notre approche améliorera le processus d'apprentissage. Les arguments pourront porter d'une part sur les résultats obtenus dans cette thèse et d'autre part sur des sondages réalisés ou à réaliser dans l'établissement pour évaluer l'acceptabilité de notre modèle par les enseignants et étudiants. Au niveau pédagogique, il faut aider les enseignants à utiliser notre approche pour produire leurs cours. Or ne pouvant être disponible pour tous les enseignants, l'idée serait de créer une communauté de personnes capables d'expliquer et d'accompagner dans l'utilisation de notre approche.

Quelques espoirs pour la suite ...

J'ai grand espoir que mon modèle et système seront utilisés pour promouvoir la personnalisation et l'adaptation de l'apprentissage. Je fonde mon espoir sur ma position de Directeur de Formation Ouverte et A Distance de l'Université Assane Seck de Ziguinchor qui me permet d'encourager l'adoption de mon modèle pédagogique dans tous les cours qui seront mis en ligne. En effet, les enseignants de l'Unité de Formation et de la Recherche des Sciences de la Santé seront formés durant le mois d'avril 2019 à la mise en ligne des cours. Durant cette formation, notre modèle sera utilisé pour concevoir les cours et notre système pour leur mise en ligne. De plus, cette Unité de Formation et de la Recherche compte ouvrir des formations continues pour les professionnels de la santé (médecin et personnel paramédical). A cet effet, nous avons rédigé un projet d'ouverture d'un Diplôme Inter-Universitaire en endoscopie en ligne que nous soumettrons à un appel à projet de l'Agence Universitaire de la Francophonie. Dans ce projet, notre approche sera proposée comme modèle pédagogique.

Après présentation du modèle à un collègue spécialiste en sociologie de l'éducation qui est également le Directeur des Etudes et des Reformes Universitaires, il est question d'évaluer l'impact de cette innovation dans l'université en vue de faire remonter les résultats au niveau politique (Vice-rectorat en charge de la pédagogie). Pour cela, nous envisageons définir des problématiques qui seront traitées par des étudiants en fin de cycle de Master.

Vu la motivation des enseignants lors de la séance de conception du cours, on peut raisonnablement espérer qu'en leur accordant du temps pour la maîtrise du modèle, plusieurs seront disposés à adopter le modèle pour la conception de leur cours. Pour prendre en compte les enseignements ne pouvant pas se faire entièrement en ligne, il me semble prématuré de penser que notre système pourra être utilisé en mode hybride ou en présentiel. A ce sujet, nous comptons creuser cette question pour donner l'opportunité aux enseignants d'utiliser le modèle en hybride ou complètement en présentiel.

En France, il est d'actualité de remarquer la promulgation de la loi n°2018-771 du 5 septembre 2018 pour la liberté de choisir son avenir professionnel⁶. Cette loi reforme le Compte Personnel de Formation (CPF) et organise les formations professionnelles sous forme de référentiels de compétences. Sa finalité est l'introduction de blocs de compétences dans les diplômes professionnels dont l'un des objectifs spécifiques qui nous intéresse est de : *"rendre plus sûrs les parcours pour éviter que toute sortie précoce ne se traduise par une absence de validation de compétences"* [Paguet and Ambrogi, 2015]. Cet objectif vise à permettre à toute personne en formation initiale ou continue d'acquérir un minimum de compétences à partir d'un parcours adapté à ses objectifs. Ainsi, le modèle d'accompagnement développé dans cette thèse pourrait être un outil permettant à chaque personne de co-construire son parcours d'apprentissage afin d'acquérir un ensemble de compétences dont elle a besoin.

6. <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/2018/9/5/MTRX1808061L/jo/texte>

Références bibliographiques

Bibliographie

- [Agence Universitaire de la Francophonie and Loiret, 2013] Agence Universitaire de la Francophonie and Loiret, P.-J. (2013). *Un détour par le futur : les formations ouvertes et à distance à l'Agence Universitaire de la Francophonie (1992-2012)*. Paris, Éditions des archives contemporaines edition.
- [Ahmed and El, 2016] Ahmed, Y. and El, N.-e. (2016). Abandonment of Learners MOOC Problematic Analysis and Proposed Solutions. *International Journal of Computer Applications*, 153(2) :35–37.
- [Akkari, 2009] Akkari, A. (2009). La scolarisation au Maghreb : de la construction à la consolidation des systèmes éducatifs. *Carrefours de l'éducation*, 27(1) :227–244.
- [Aouag, 2010] Aouag, S. (2010). *Individualisation de l'apprentissage dans un Système Tuteur Intelligent : cas de l'apprentissage de la lecture dans un système AMICAL*. phdthesis, Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II.
- [Aubret and Demouge, 2007] Aubret, J. and Demouge, N. (2007). Orientation des adultes et formation tout au long de la vie. *Savoirs*, Hors série(4) :11–28.
- [Augustin et al., 2013] Augustin, T., Hockemeyer, C., Kickmeier-Rust, M. D., Podbregar, P., Suck, R., and Albert, D. (2013). The simplified updating rule in the formalization of digital educational games. *Journal of Computational Science*, 4(4) :293–303.
- [Baize et al., 2014] Baize, S., Pannetier, D., Oestereich, L., Rieger, T., Koivogui, L., Magassouba, N., Soropogui, B., Sow, M. S., Keita, S., De Clerck, H., Tiffany, A., Dominguez, G., Loua, M., Traoré, A., Kolié, M., Malano, E. R., Heleze, E., Bocquin, A., Mély, S., Raoul, H., Caro, V., Cadar, D., Gabriel, M., Pahlmann, M., Tappe, D., Schmidt-Chanasit, J., Impouma, B., Diallo, A. K., Formenty, P., Van Herp, M., and Günther, S. (2014). Emergence of Zaire Ebola Virus Disease in Guinea. *New England Journal of Medicine*, 371(15) :1418–1425.
- [Beckers et al., 2012] Beckers, J., Crinon, J., and Simons, G. (2012). *Approche par compétences et réduction des inégalités d'apprentissage entre élèves*. De Boeck Supérieur.
- [Bolt et al., 1977] Bolt, B., Newman, I., Brown, J. S., and Burton, R. R. (1977). *Diagnostic Models for Procedural Bugs in Basic Mathematical Skills*. 3669 of BBN report, 8 of ICAI. Bolt Beranek and Newman.
- [Bouras et al., 2010] Bouras, C. J., Pouloupoulos, V., and Tsogkas, V. (2010). Squeak Etoys : Interactive and Collaborative Learning Environments. *Handbook of Research on Social Interaction Technologies and Collaboration Software : Concepts and Trends*, pages 417–427.

- [Bourdages, 1996] Bourdages, L. (1996). La persistance et la non-persistance aux études universitaires sur campus et en formation à distance. 1(1) :51–68.
- [Bourdages and Delmotte, 2007] Bourdages, L. and Delmotte, C. (2007). La persistance aux études universitaires à distance. *International Journal of E-Learning & Distance Education*, 16(2) :23–36.
- [Bradáč and Kostolányová, 2017] Bradáč, V. and Kostolányová, K. (2017). Intelligent Tutoring Systems. *Journal of Intelligent Systems*, 26(4) :717–727.
- [Brassard and Daele, 2003] Brassard, C. and Daele, A. (2003). Un outil réflexif pour concevoir un scénario pédagogique intégrant les TIC. pages 437–444. ATIEF ; INRP.
- [Breen et al., 2014] Breen, D., Shorten, G., Aboulafia, A., Zhang, D., Hockemeyer, C., and Albert, D. (2014). Defining a competency map for a practical skill. *The Clinical Teacher*, 11(7) :531–536.
- [Bruggeman, 2003] Bruggeman, D. (2003). Des enseignants et des enfants tsiganes en camion-école : description d'un ordinaire scolaire méconnu. *Le Télémaque*, 24(2) :111–126.
- [Bruggeman, 2008] Bruggeman, D. (2008). Le métier d'enseignant en camion-école : enseigner et militer pour le droit à l'école des enfants tsiganes. *Pensée plurielle*, 18(2) :121–137.
- [Bull, 2004] Bull, S. (2004). Supporting learning with open learner models. *Planning*, 29(14) :1.
- [Bull and Dimitrova, 2007] Bull, S. and Dimitrova, V. (2007). Open Learner Models : Research Questions Special Issue of the IJAIED. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 17(2) :83–87.
- [Caraguel, 2013] Caraguel, V. (2013). *Appropriation des technologies et apprentissage dans un environnement en e-learning : le rôle du tutorat en ligne*. thesis, Aix-Marseille, France.
- [Carmona and Conejo, 2004] Carmona, C. and Conejo, R. (2004). A Learner Model in a Distributed Environment. In Bra, P. M. E. D. and Nejdil, W., editors, *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems*, number 3137 in Lecture Notes in Computer Science, pages 353–359. Springer Berlin Heidelberg.
- [Carr and Goldstein, 1977] Carr, B. and Goldstein, I. P. (1977). Overlays : a theory of modelling for computer aided instruction. AI Memo 406, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge USA.
- [Carron et al., 2006] Carron, T., Marty, J.-C., Heraud, J.-M., and France, L. (2006). Helping the teacher to re-organize tasks in a collaborative learning activity : an agent-based approach. In *Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pages 552–554, Kerkrade, The Netherlands.
- [Chauvigné and Coulet, 2010] Chauvigné, C. and Coulet, J.-C. (2010). L'approche par compétences : un nouveau paradigme pour la pédagogie universitaire ? *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, (172) :15–28.
- [Choplin et al., 2003] Choplin, H., Dubois, V., and Duplaa, E. (2003). L'activité d'apprentissage : un objet de recherche-innovation ? In Rouet, J.-F., T. F. B. N., editor,

- Technologies pour l'Apprentissage et l'Education : Entre Recherche et Usages Pédagogiques*, pages 11–13, Paris, France. Direction de la Technologie ; Direction de la Recherche ; CNRS RTP39.
- [Clanet dit Lamanit, 2007] Clanet dit Lamanit, E. (2007). La scolarisation des enfants du voyage au Centre national d'enseignement à distance. *Distances et savoirs*, 5(4) :559–574.
- [Dalziel, 2008] Dalziel, J. (2008). Using LAMS Version 2 for a game-based Learning Design. *Journal of Interactive Media in Education*, 2008(2).
- [De Koning, 1997] De Koning, K. (1997). *Model-based Reasoning about Learner Behaviour*, volume 44 of *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. IOS Press.
- [Decamps, 2014] Decamps, S. (2014). *La scénarisation pédagogique d'activités collaboratives en ligne - Les effets de l'hétérogénéité des équipes et de la structuration des outils d'interaction sur les apprentissages, sur la mémoire transactive et sur la co-construction des connaissances dans un dispositif de formation universitaire*. PhD thesis, Université de Mons.
- [Decamps et al., 2009] Decamps, S., De Lièvre, B., and Depover, C. (2009). Entre scénario d'apprentissage et scénario d'encadrement. Quel impact sur les apprentissages réalisés en groupes de discussion asynchrone ? *Distances et savoirs*, Vol. 7(2) :141–154.
- [Dehon and Derobertmeasure, 2008] Dehon, A. and Derobertmeasure, A. (2008). Outils de remédiation immédiate : Pour plus d'efficacité et d'équité dans le processus d'enseignement à l'école fondamentale. In *Efficacité et équité en éducation*, Rennes, France.
- [Dimache et al., 2015] Dimache, A., Roche, T., Kopeinik, S., Winter, L. C., Nussbaumer, A., and Albert, D. (2015). Suitability of Adaptive Self-Regulated e-Learning to Vocational Training : A Pilot Study in Heat Pump System Installation. *International Journal of Online Pedagogy and Course Design (IJOPCD)*, 5(3) :31–46.
- [Direction générale de l'enseignement scolaire. France, 2009] Direction générale de l'enseignement scolaire. France (2009). *Scolariser les élèves autistes ou présentant des troubles envahissants du développement*. Repères Handicap. SCÉRÉN-Centre national de documentation pédagogique, Futuroscope, Vienne.
- [Dogbe-Semanou, 2010] Dogbe-Semanou, D. A. K. (2010). Persévérance et abandon des apprenants à distance en Afrique subsaharienne francophone : quelques pistes de recherche Persistence and drop-out of distance learners in Sub-Saharan Francophone Africa : few research avenues. (1).
- [Doignon and Falmagne, 1985] Doignon, J.-P. and Falmagne, J.-C. (1985). Spaces for the assessment of knowledge. *International Journal of Man-Machine Studies*, 23(2) :175–196.
- [Doignon and Falmagne, 1999] Doignon, J.-P. and Falmagne, J.-C. (1999). *Knowledge Spaces*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- [Dupays, 2011] Dupays, A. (2011). *Apprentissage en résolution de problèmes : influence du mode d'instruction*. phdthesis, Université de Franche-Comté.

- [Duthoit et al., 2012] Duthoit, E., Mailles-Viard Metz, S., and Pelissier, C. (2012). Processus d'aide en contexte d'apprentissage : une adaptation pour individualiser et personnaliser. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 19(1) :389–406.
- [El-Kechaï et al., 2015a] El-Kechaï, N., Melero, J., and Labat, J.-M. (2015a). Adaptation de serious games selon la stratégie choisie par l'enseignant : approche fondée sur la Competence-based Knowledge Space Theory. In *Actes de la Conférence sur les EIAH*, Agadir, Maroc.
- [El-Kechaï et al., 2015b] El-Kechaï, N., Melero, J., and Labat, J.-M. (2015b). Quelques enseignements tirés de l'application de la Competence-based Knowledge Space Theory aux Serious Games. volume AFIA, Rennes, France.
- [Elliot et al., 2005] Elliot, N., Friedman, R. S., and Briller, V. (2005). Irony and Asynchronicity : Interpreting Withdrawal Rates in E-Learning Courses. pages 459–465, Montréal. P. Kommers & G. Richards.
- [Emin et al., 2010] Emin, V., Pernin, J.-P., and Aguirre, J. L. (2010). ScenEdit : An Intention-Oriented Authoring Environment to Design Learning Scenarios. In Wolpers, M., Kirschner, P. A., Scheffel, M., Lindstaedt, S., and Dimitrova, V., editors, *Sustaining TEL : From Innovation to Learning and Practice*, volume 6383 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 626–631. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- [Emin et al., 2011] Emin, V., Pernin, J. P., and Guéraud, V. (2011). Scénarisation pédagogique dirigée par les intentions. *Revue Sticef. org*, 18, 2011.
- [Esichaikul et al., 2011] Esichaikul, V., Lamnoi, S., and Bechter, C. (2011). Student Modelling in Adaptive E-Learning Systems. *Knowledge Management & E-Learning : An International Journal (KM&EL)*, 3(3) :342–355.
- [Esnault and Daele, 2003] Esnault, L. and Daele, A. (2003). Higher Education and ICT : Questions to Design Successful Pedagogical scenarios to Improve the Learning Process. pages 944–951. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- [Ethuïn and Yon, 2010] Ethuïn, N. and Yon, K. (2010). Entre travail, citoyenneté et militantisme : un panorama des travaux sur les relations polyphoniques entre syndicalisme et formation. *Savoirs*, 24(3) :9–57.
- [Eyssautier-Bavay, 2008] Eyssautier-Bavay, C. (2008). *Modèles, langage et outils pour la réutilisation de profils d'apprenants*. phdthesis, Université Joseph-Fourier - Grenoble I, Grenoble.
- [Fagnant and Vlassis, 2010] Fagnant, A. and Vlassis, J. (2010). Le rôle de la résolution des problèmes dans l'apprentissage mathématiques : questions et réflexions. *Education Canada*.
- [Falmagne et al., 2013] Falmagne, J.-C., Albert, D., Doble, C., Eppstein, D., and Hu, X., editors (2013). *Knowledge Spaces : Applications in Education*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- [Falmagne et al., 2006] Falmagne, J.-C., Cosyn, E., Doignon, J.-P., and Thiéry, N. (2006). The Assessment of Knowledge, in Theory and in Practice. In Missaoui, R. and Schmidt, J., editors, *Formal Concept Analysis*, number 3874 in *Lecture Notes in Computer Science*, pages 61–79. Springer Berlin Heidelberg.

- [Ferraris et al., 2005] Ferraris, C., Lejeune, A., Vignollet, L., and David, P. (2005). Modélisation de scénarios d'apprentissage collaboratif pour la classe. Vers une opérationnalisation au sein d'un ENT. In *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, page 12, Montpellier.
- [Fordham, 1990] Fordham, P. (1990). L'Education pour tous : une vision élargie. In *Conférence mondiale sur l'éducation pour tous*, volume 2, page 118 p., Jomtien, Thailand. Editions UNESCO.
- [Fournier-Viger et al., 2010] Fournier-Viger, P., Nkambou, R., and Nguifo, E. M. (2010). Building Intelligent Tutoring Systems for Ill-Defined Domains. In Nkambou, R., Bourdeau, J., and Mizoguchi, R., editors, *Advances in Intelligent Tutoring Systems*, Studies in Computational Intelligence, pages 81–101. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- [Friendly, 1988] Friendly, M. (1988). *Advanced Logo : A language for learning*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, N.J.
- [Friesen and Osguthorpe, 2018] Friesen, N. and Osguthorpe, R. (2018). Tact and the pedagogical triangle : The authenticity of teachers in relation. *Teaching and Teacher Education*, 70 :255–264.
- [Garcia et al., 2011] Garcia, M., Pence, A., and Evans, J. (2011). *L'Avenir de l'Afrique, Le Défi de l'Afrique : Soins et développement de la petite enfance en Afrique subsaharienne*. World Bank Publications.
- [Gay et al., 2014] Gay, M., Chitou, I., and CURBATOV, O. (2014). *REPOSITIONNER LES UNIVERSITES DANS LE DEVELOPPEMENT DE L'AFRIQUE*,. Impressum : Ch.
- [Gillig, 2007] Gillig, J.-M. (2007). *Mon enfant aussi va à l'école*. Connaissances de la diversité. ERES.
- [Glikman, 2011] Glikman, V. (2011). Tuteur à distance : Une fonction, un métier, une identité? In *Le tutorat en formation à distance*, Perspectives en éducation et formation, pages 137–158. De Boeck.
- [Gounon and Leroux, 2009] Gounon, P. and Leroux, P. (2009). Modéliser l'organisation du tutorat pour assister la description de scénarios d'encadrement. *Revue Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, (16) :18.
- [Gérard, 1999] Gérard, E. (1999). Logiques sociales et enjeux de scolarisation en Afrique. *Politique africaine*, 76(4) :153–163.
- [Greer and McCalla, 2013] Greer, J. E. and McCalla, G. I. (2013). *Student Modelling : The Key to Individualized Knowledge-Based Instruction*. Springer Science & Business Media.
- [Égron, 2011] Égron, B. (2011). *Scolariser les élèves handicapés mentaux ou psychiques*. ASH. Adapter les pratiques pour scolariser tous les élèves. CRDP Nord-Pas de Calais ; CRDP de Bretagne ; INS HEA, CRDP du Nord-Pas-de-Calais.
- [Gunathilaka et al., 2017] Gunathilaka, T. M. A. U., Fernando, M. S. D., and Pasqual, H. (2017). Identification of the learning behavior of the students for education personalization. In *2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, pages 364–370.

- [Haggis, 1990] Haggis, S. M. (1990). L'Education pour tous : les objectifs et le contexte. In *Conférence mondiale sur l'éducation pour tous*, volume 1, page 111 p., Jomtien, Thailand. Editions UNESCO.
- [Harley et al., 2018] Harley, J. M., Taub, M., Azevedo, R., and Bouchet, F. (2018). "Let's Set Up Some Subgoals" : Understanding Human-Pedagogical Agent Collaborations and Their Implications for Learning and Prompt and Feedback Compliance. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 11(1) :54–66.
- [Heller et al., 2005] Heller, J., Mayer, B., and Albert, D. (2005). Competence-based Knowledge Structures for Personalised Learning : Distributed Ressources and Virtual Experiments. page 8, Vico Equense (Naples), Italy.
- [Heller et al., 2006] Heller, J., Steiner, C., Hockemeyer, C., and Albert, D. (2006). Competence-Based Knowledge Structures for Personalised Learning. *International Journal on E-Learning*, 5(1) :75–88.
- [Hockemeyer, 2003] Hockemeyer, C. (2003). Competence Based Adaptive E-Learning in Dynamic Domains. In F. W. Hesse & Y. Tamura (Eds.), *The Joint Workshop of Cognition and Learning through Media-Communication for Advanced E-Learning (JWCL)*, pages 79–82, Berlin.
- [Holstein et al., 2017] Holstein, K., McLaren, B., and Aleven, V. (2017). *Intelligent tutors as teachers' aides : exploring teacher needs for real-time analytics in blended classrooms*.
- [Holt et al., 1994] Holt, P., Dubs, S., Jones, M., and Greer, J. (1994). The State of Student Modelling. In Greer, J. E. and McCalla, G. I., editors, *Student Modelling : The Key to Individualized Knowledge-Based Instruction*, number 125 in NATO ASI Series, pages 3–35. Springer Berlin Heidelberg.
- [Houssaye, 2015] Houssaye, J. (2015). *Le triangle pédagogique : Les différentes facettes de la pédagogie*. ESF Editeur, Issy-les-Moulineaux ; S.l., 2e édition edition.
- [Institut de statistique de l'Unesco, 2011] Institut de statistique de l'Unesco (2011). *Recueil de données mondiales sur l'éducation 2011 : Statistiques comparées sur l'éducation dans le monde*. Institut de statistique de l'Unesco.
- [Kamdem and Schamp, 2014] Kamdem, M. S. and Schamp, E. W. (2014). *L'université africaine et sa contribution au développement : L'exemple du Cameroun*. KARTHALA Editions.
- [Kinnebrew et al., 2014] Kinnebrew, J. S., Segedy, J. R., and Biswas, G. (2014). Analyzing the temporal evolution of students' behaviors in open-ended learning environments. *Metacognition and Learning*, 9(2) :187–215.
- [Kopeinik et al., 2012] Kopeinik, S., Nussbaumer, A., Bedek, M., and Alber, D. (2012). Using CbKST for Learning Path Recommendation in Game-based Learning. In *Proceedings of the 20th International Conference on Computers in Education*, pages 26–30, Singapore.
- [Koper and Manderveld, 2004] Koper, R. and Manderveld, J. (2004). Educational modelling language : modelling reusable, interoperable, rich and personalised units of learning. *British Journal of Educational Technology*, 35(5) :537–551.

- [Labidi and Sergio, 2000] Labidi, S. and Sergio, N. (2000). Student modeling and semi-automatic domain ontology construction for SHIECC. volume 1, pages F1B/14–F1B/18, Kansas City, MO. Stripes Publishing.
- [Laforcade, 2005] Laforcade, P. (2005). Towards a UML-based educational modeling language. In *Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'05)*, pages 855–859, Kaohsiung, Taiwan. IEEE.
- [Lavoué and Rinaudo, 2012] Lavoué, I. and Rinaudo, J.-L. (2012). Éditorial. Individualisation, personnalisation et adaptation des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 19 :191–203.
- [Lefevre et al., 2009] Lefevre, M., Jean-Daubias, S., and Guin, N. (2009). Personnaliser des séquences de travail à partir de profils d'apprenants. In *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, Le Mans.
- [Lefevre et al., 2011] Lefevre, M., Jean-Daubias, S., and Guin, N. (2011). PERSUA2, un modèle pour unifier le processus de personnalisation des activités d'apprentissage. In *Actes de la conférence EIAH 2011*, pages 369–380, Mons, Belgique. Editions de l'UMONS.
- [Levenshtein, 1965] Levenshtein, V. I. (1965). Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. 163(4) :845–848.
- [Likert, 1932] Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140 :1–55.
- [Lièvre and Depover, 2001] Lièvre, B. D. and Depover, C. (2001). Apports d'une modalité de tutorat proactive ou réactive sur l'utilisation des aides dans un hypermédia de formation à distance. In De Vries, E., Pernin, J.-P., and Peyrin, J.-P., editors, *Actes du 5ème colloque Hypermédiat et apprentissages 5*, pages 323–330, Grenoble, France.
- [Loizon and Mayen, 2015] Loizon, A. and Mayen, P. (2015). Le cours magistral en amphithéâtre : une situation d'enseignement perturbée par les instruments. *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge*, 3(9).
- [Lynch et al., 2006] Lynch, C. F., Ashley, K. D., Aleven, V., and Pinkwart, N. (2006). Defining "Ill-Defined domains", a literature survey. In *Intelligent Tutoring Systems for Ill-Defined Domains Workshop*, pages 1–10.
- [Ma et al., 2014] Ma, W., Adesope, O. O., Nesbit, J. C., and Liu, Q. (2014). Intelligent tutoring systems and learning outcomes : A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 106(4) :901–918.
- [Maela, 2004] Maela, P. (2004). *L'accompagnement : une posture professionnelle spécifique*. Editions L'Harmattan.
- [Mandin et al., 2015] Mandin, S., Guin, N., and Lefevre, M. (2015). Modèle de personnalisation de l'apprentissage pour un EIAH fondé sur un référentiel de compétences. In Sébastien George, Gaëlle Molinari, C. C. D. M. e. L. O., editor, *7ème Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2015)*, pages 126–137, Agadir, Morocco.

- [Marfisi-Schottman et al., 2013] Marfisi-Schottman, I., Labat, J.-M., and Carron, T. (2013). Building on the Case Teaching Method to Generate Learning Games Relevant to Numerous Educational Fields. In *International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT*, pages 156–160, Beijing, China.
- [Mariais, 2012] Mariais, C. (2012). *Modèles pour la conception de Learning Role-Playing Games en formation professionnelle*. Theses, Université de Grenoble, Grenoble, France.
- [Marne et al., 2013] Marne, B., Carron, T., and Labat, J.-M. (2013). Modélisation des parcours pédago-ludiques pour l’adaptation des jeux sérieux. In Christophe Choquet, Philippe Dessus, M. L. J. B. O. C. P. V., editor, *6e Conférence sur les Environnements Informatiques pour l’Apprentissage Humain*, pages 55–66, Toulouse, France. IRIT Press 2013.
- [Marne and Labat, 2014] Marne, B. and Labat, J. M. (2014). Model and authoring tool to help teachers adapt serious games to their educational contexts. *International Journal of Learning Technology*, 9(2) :161–180.
- [Mbatchou, 2016] Mbatchou, G. M. (2016). Accompagnement de l’apprentissage/formation : modélisation du scénario pédagogique. In IKSAL, S., MICHEL, C., and PELISSIER, C., editors, *6èmes Rencontres Jeunes Chercheurs en Environnements Informatiques pour l’Apprentissage Humain*, Actes des 6èmes Rencontres Jeunes Chercheurs en Environnements Informatiques pour l’Apprentissage Humain, pages 95–100, Montpellier, France. Association des Technologies de l’Information pour l’Education et la Formation (ATIEF).
- [Mbatchou et al., 2018a] Mbatchou, G. M., Bouchet, F., and Carron, T. (2018a). Multi-scenario Modelling of Learning. In Kebe, C. M., Gueye, A., Ndiaye, A., and Garba, A., editors, *Innovations and Interdisciplinary Solutions for Underserved Areas*, volume 249 of *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, pages 199–211, Ziguinchor, Sénégal. Springer International Publishing.
- [Mbatchou et al., 2018b] Mbatchou, G. M., Bouchet, F., Carron, T., and Pernelle, P. (2018b). Proposing and evaluating a model of co-construction of the learning scenario by the learner. In Sampson, D. G., Ifenthaler, D., Isaías, P., and Rodrigues, L., editors, *Proceedings of the 15th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age*, pages 208–214, Budapest, Hungary. International Association for Development of the Information Society.
- [Meirieu and Develay, 1996] Meirieu, P. and Develay, M. (1996). *Le transfert de connaissances en formation initiale et en formation continue*. CRDP, Lyon, France.
- [Melero et al., 2015a] Melero, J., El-Kechaï, N., and Labat, J.-M. (2015a). Comparing Two CbKST Approaches for Adapting Learning Paths in Serious Games. In Conole, G., Klobučar, T., Rensing, C., Konert, J., and Lavoué, I., editors, *Design for Teaching and Learning in a Networked World*, number 9307 in *Lecture Notes in Computer Science*, pages 211–224. Springer International Publishing.
- [Melero et al., 2015b] Melero, J., El-Kechai, N., and Labat, J.-M. (2015b). What’s next? Different Strategies considering Teachers’ Decisions for Adapting Learning Paths in Serious Games. In *Proceedings of the 7th International Conference on Computer Supported Education*, pages 101–108, Lisbon, Portugal.

- [Merrill, 2002] Merrill, M. D. (2002). First principles of instruction. *Educational Technology Research and Development*, 50(3) :43–59.
- [Mohamedbhai, 2014] Mohamedbhai, G. (2014). Massification in Higher Education Institutions in Africa : Causes, Consequences and Responses. *International Journal of African Higher Education*, 1(1).
- [Moisset et al., 2003] Moisset, J.-J., Plante, J., and Toussaint, P. (2003). *La Gestion des Ressources Humaines pour la réussite scolaire*. Presses de l'Université du Québec.
- [Monterrat et al., 2017] Monterrat, B., Yessad, A., Bouchet, F., Lavoué, E., and Luengo, V. (2017). MAGAM : A Multi-Aspect Generic Adaptation Model for Learning Environments. volume 10474, pages 139–152. Springer International Publishing.
- [Monville and Léonard, 2008] Monville, M. and Léonard, D. (2008). La formation professionnelle continue. *Courrier hebdomadaire du CRISP*, 1987-1988(2) :72.
- [Nagels and Carré, 2016] Nagels, M. and Carré, P. (2016). *Apprendre par soi-même aujourd'hui : Les nouvelles modalités de l'autoformation dans la société digitale*. Archives contemporaines.
- [Nguyen and Blais, 2007] Nguyen, D.-Q. and Blais, J.-G. (2007). Approche par objectifs ou approche par compétences ? Repères conceptuels et implications pour les activités d'enseignement, d'apprentissage et d'évaluation au cours de la formation clinique. *Pédagogie Médicale*, 8(4) :232–251.
- [Paguet and Ambrogi, 2015] Paguet, J.-M. and Ambrogi, P.-R. (2015). Introduction des blocs de compétences dans les diplômes professionnels. Technical Report 2015-078.
- [Paquette, 2002] Paquette, G. (2002). *L'Ingénierie Pédagogique : Pour Construire l'Apprentissage en Réseau*. PUQ.
- [Paquette et al., 2003] Paquette, G., Bourdeau, J., Henri, F., Basque, J., Leonard, M., and Maina, M. (2003). Construction d'une base de connaissances et d'une banque de ressources pour le domaine du téléapprentissage. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 10.
- [Pelletier, 1991] Pelletier, E. (1991). Processus d'écriture et niveaux d'organisation du scénario et du film. *Cinéma : Revue d'études cinématographiques / Cinéma : Journal of Film Studies*, 2(1) :43–65.
- [Pernin, 2003] Pernin, J.-P. (2003). Objets pédagogiques : unités d'apprentissage, activités ou ressources ? *Revue Sciences et Techniques Educatives : Ressources numériques, XML et éducation*, pages 179–210.
- [Pernin and Lejeune, 2004a] Pernin, J.-P. and Lejeune, A. (2004a). Dispositifs d'apprentissage instrumentés par les technologies : vers une ingénierie centrée sur les scénarios. pages 407–414. Université de Technologie de Compiègne.
- [Pernin and Lejeune, 2004b] Pernin, J.-P. and Lejeune, A. (2004b). Modèles pour la réutilisation de scénarios d'apprentissage. In *Actes du colloque TICE*, page 14, Nice.
- [Perrenoud, 2000] Perrenoud, P. (2000). L'approche par compétences : une réponse à l'échec scolaire ? In *Réussir au collégial. Actes du Colloque de l'association de pédagogie collégiale*, page 15, Laval, Canada.

- [Powell et al., 1990] Powell, R., Conway, C., and Ross, L. (1990). Effects of Student Predisposing Characteristics on Student Success. *International Journal of E-Learning & Distance Education*, 5(1) :5–19.
- [Pérez and Magen, 2008] Pérez, K. and Magen, A. (2008). *Manipulations élémentaires de géométrie non-euclidienne avec le logiciel CABRI*. Editions Publibook.
- [Programme commun des Nations Unies, 2006] Programme commun des Nations Unies (2006). *Portée mondiale : comment s'organise la riposte des syndicats au SIDA - Etudes de cas de l'action des syndicats*. La collection meilleures pratiques de l'ONU-SIDA. ONUSIDA, Genève.
- [Psotka et al., 1988] Psotka, J., Massey, L. D., and Mutter, S. A., editors (1988). *Intelligent tutoring systems : Lessons learned*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, N.J.
- [Quintin, 2008] Quintin, J.-J. (2008). *Accompagnement tutoral d'une formation collective via Internet - Analyse des effets de cinq modalités d'intervention tutorale sur l'apprentissage en groupes restreints*. PhD thesis, Université de Mons-Hainaut ; Université Stendhal-Grenoble III.
- [Quintin et al., 2005] Quintin, J.-J., Depover, C., and Degache, C. (2005). Le rôle du scénario pédagogique dans l'analyse d'une formation à distance Analyse d'un scénario pédagogique à partir d'éléments de caractérisation définis. Le cas de la formation Galanet. In *EIAH 2005*, Montpellier, France.
- [Rai and Chunrao, 2016] Rai, L. and Chunrao, D. (2016). Influencing Factors of Success and Failure in MOOC and General Analysis of Learner Behavior. *International Journal of Information and Education Technology*, 6(4) :262–268.
- [Retbi et al., 2012] Retbi, A., Merrouch, F., Idrissi, M. K., and Bennani, S. (2012). Towards a visual Educational Modeling Language for effective learning. *International Journal of Computer Science Issues*, 9(3) :382–390.
- [Riad et al., 2012] Riad, B., Mourad, H., Nourredine, G., and Hamid, S. (2012). The scenarization : a new task for teachers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 31 :732–737.
- [Ruthven, 2012] Ruthven, K. (2012). The didactical tetrahedron as a heuristic for analysing the incorporation of digital technologies into classroom practice in support of investigative approaches to teaching mathematics. *ZDM*, 44(5) :627–640.
- [Schneider and Paraskevi, 2005] Schneider, D. K. and Paraskevi, S. (2005). Conception and implementation of rich pedagogical scenarios through collaborative portal sites. *Innovative Learning & Knowledge Communities / les communautés virtuelles : apprendre, innover et travailler ensemble*, pages 243– 268.
- [Self, 1988] Self, J. A. (1988). Student models : what use are they? In *Artificial Intelligence in Education*, pages 73–86, North Holland, Amsterdam, the Netherlands. Ercoli, P., Lewis, R.
- [Snyman and van den Berg, 2018] Snyman, M. and van den Berg, G. (2018). The Significance of the Learner Profile in Recognition of Prior Learning. *Adult Education Quarterly*, 68(1) :24–40.
- [Socket, 2011] Socket, G. (2011). Les processus cognitifs de résolution de problèmes pour l'apprentissage des langues dans des environnements multimédias . Apprentissage

- informel et réseaux sociaux. *Recherches en didactique des langues et des cultures. Les cahiers de l'Acedle*, 8(1).
- [Steiner and Albert, 2011] Steiner, C. M. and Albert, D. (2011). Competence-Based Knowledge Space Theory as a Framework for Intelligent Metacognitive Scaffolding. In Biswas, G., Bull, S., Kay, J., and Mitrovic, A., editors, *Artificial Intelligence in Education*, number 6738 in Lecture Notes in Computer Science, pages 563–565. Springer Berlin Heidelberg.
- [Tatsuoka, 1983] Tatsuoka, K. K. (1983). Rule Space : An Approach for Dealing with Misconceptions Based on Item Response Theory. *Journal of Educational Measurement*, 20(4) :345–354.
- [Toussaint et al., 2015] Toussaint, B.-M., Luengo, V., and Jambon, F. (2015). Proposition d'un Framework de Traitement de Traces pour l'Analyse de Connaissances Perceptivo-Gestuelles (Le Cas de la Chirurgie Orthopédique Percutanée). Agadir, Maroc.
- [Tzouveli et al., 2008] Tzouveli, P., Mylonas, P., and Kollias, S. (2008). An intelligent e-learning system based on learner profiling and learning resources adaptation. *Computers & Education*, 51(1) :224–238.
- [Vallerand and Senécal, 1992] Vallerand, R. J. and Senécal, C. B. (1992). Une analyse motivationnelle de l'abandon des études. 15(1) :49–62.
- [Vanderspelden, 2005] Vanderspelden, J. (2005). APP : individualiser n'est pas personnaliser, ou apprendre à s'autoformer. *Actualité de la formation permanente*, (194) :122–129.
- [Vermeulen, 2018] Vermeulen, M. (2018). *Une approche meta-design des learning games pour développer leur usage*. phdthesis, Sorbonne Université, Faculté des Sciences et Ingénierie, Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Paris, France.
- [Villiot-Leclercq, 2007] Villiot-Leclercq, E. (2007). *Modèle de soutien à l'élaboration et à la réutilisation de scénarios pédagogiques*. phdthesis, Université Joseph-Fourier - Grenoble I.
- [Virvou and Tsiriga, 2000] Virvou, M. and Tsiriga, V. (2000). Involving effectively teachers and students in the life cycle of an intelligent tutoring system. *Educational Technology & Society*, 3(3) :511–521.
- [Zaitseva and Boule, 2003] Zaitseva, L. and Boule, C. (2003). Student models in computer-based education. page 451. IEEE.
- [Zimmerman, 1990] Zimmerman, B. J. (1990). Self-Regulated Learning and Academic Achievement : An Overview. *Educational Psychologist*, 25(1) :3–17.

Annexes

Annexe A

Organisation pédagogique de l'unité d'enseignement de Programmation en Langage C

Unités Pédagogiques				Objectifs pédagogiques				
N°	Titre	Durée Mini-male	Durée Maxi-male	Code	Intitulé	Seuil Vali-dation (%)	Durée Mini-male	Durée Maxi-male
1	Les spécificités du Langage C	4 jours	6 jours	O101	identifier les éléments de bases du langage C	50	12 heures	18 heures
				O102	déclarer une constante et variable avec leurs portées	50	12 heures	18 heures
				O103	associer des opérateurs et priorités aux opérations	60	16 heures	1 jour
				O104	utiliser les structures conditionnelles	70	16 heures	1 jour
				O105	utiliser les structures répétitives ou itératives	70	16 heures	1 jour
				O106	traduire un algorithme en langage C et l'exécuter	80	25 heures	36 heures
2	La modularité d'un programme	6 jours	8 jours	O201	définir la notion de module	60	16 heures	1 jour
				O202	identifier les paramètres d'un module, leurs catégories et portées	70	8 heures	12 heures

**ANNEXE A. ORGANISATION PÉDAGOGIQUE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT
DE PROGRAMMATION EN LANGAGE C**

N°	Titre	Durée Mini- male	Durée Maxi- male	Code	Intitulé	Seuil Vali- da- tion (%)	Durée Mini- male	Durée Maxi- male
				O203	différencier les modes de passage d'un paramètre à un module	70	25 heures	36 heures
				O204	écrire des fonctions ré- cursives	60	16 heures	1 jour
				O205	écrire des fonctions à nombre variable de pa- ramètres	50	16 heures	1 jour
				O206	modulariser un pro- gramme	80	16 heures	1 jour
				O207	manipuler le préproces- seur et compiler un pro- gramme contenu dans plusieurs fichiers	50	33 heures	2 jours
3	Les structures complexes et statiques	10 jours	14 jours	O301	appliquer la structure de données « struct » dans la résolution des problèmes	60	33 heures	2 jours
				O302	manipuler les variables de type « enum »	30	12 heures	18 heures
				O303	gérer les données de type simple dans un tableau	70	25 heures	36 heures
				O304	utiliser les chaînes de caractères	70	25 heures	36 heures
				O305	définir un pointeur et ses opérations	40	21 heures	30 heures
				O306	manipuler des tableaux et chaînes de caractères comme des pointeurs	60	16 heures	1 jour
				O307	manipuler les pointeurs de fonctions	30	33 heures	2 jours
				O308	gérer les données de type simple dans un fichier	70	33 heures	2 jours
				O309	gérer des données de type complexe dans les tableaux et fichiers	80	33 heures	2 jours

**ANNEXE A. ORGANISATION PÉDAGOGIQUE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT
DE PROGRAMMATION EN LANGAGE C**

N°	Titre	Durée Mini- male	Durée Maxi- male	Code	Intitulé	Seuil Vali- da- tion (%)	Durée Mini- male	Durée Maxi- male
4	Les structures de données auto- référéncées ou dynamiques	10 jours	14 jours	O401	allouer et libérer dyna- miquement de l'espace mémoire	70	33 heures	2 jours
				O402	manipuler les listes sim- plement chaînées	60	67 heures	4 jours
				O403	manipuler les listes sim- plement chaînées circu- laires	50	50 heures	3 jours
				O404	manipuler les listes doublement chaînées	50	50 heures	3 jours
				O405	manipuler les listes doublement chaînées circulaires	50	32 heures	2 jours

Tableau A.1: Objectifs d'apprentissage de l'unité d'enseignement de Programmation en Langage C

Annexe B

**Graphe de précédence entre les
objectifs d'apprentissage de l'unité
d'enseignement de Programmation
en Langage C**

*ANNEXE B. GRAPHE DE PRÉCÉDENCE ENTRE LES OBJECTIFS
D'APPRENTISSAGE DE L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT DE PROGRAMMATION EN
LANGAGE C*

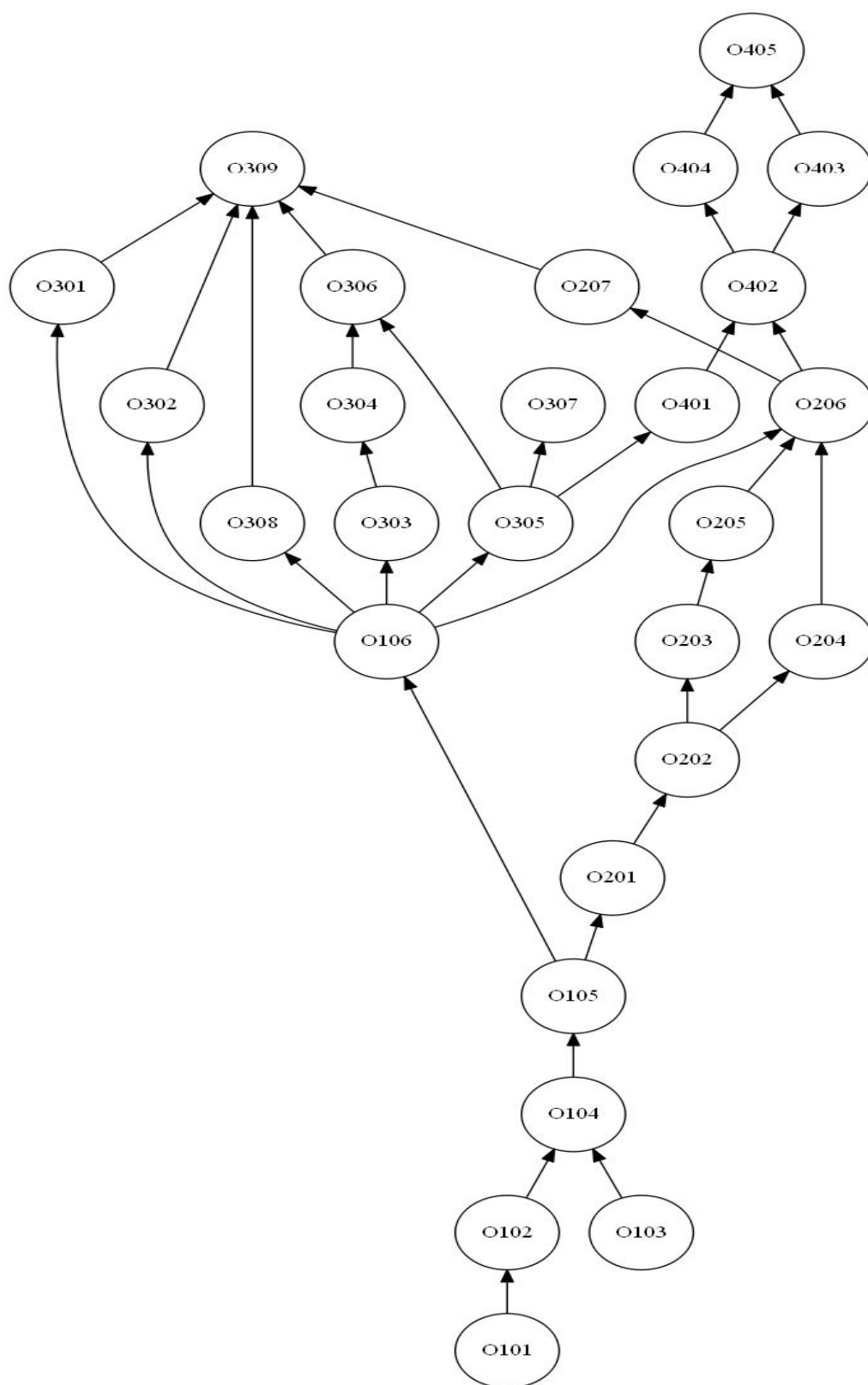


Figure B.1 – Graphe de précédence des objectifs d'apprentissage de l'unité d'enseignement de Programmation en Langage C

Annexe C

Questionnaire du sondage auprès des enseignants pour l'évaluation des productions pédagogiques

Evaluation de la production du cours

Cette étude est destinée à recueillir votre opinion sur le modèle pédagogique en vigueur et votre avis sur une proposition de changement d'approche pédagogique.

C'est un questionnaire anonyme qui dure en moyenne 4 minutes dont les questions ouvertes sont optionnelles.

Ce questionnaire s'inscrit dans un travail de recherche et vos réponses permettront de faire évoluer le modèle d'enseignement et d'apprentissage.

Merci pour votre collaboration.

***Obligatoire**

Direction de la Formation Ouverte et A Distance de l'Université Assane Seck de Ziguinchor



Profil de l'enseignant

1. **Nom de votre université, école ou institut d'appartenance**

2. **Unité de Formation et de Recherche ***

Une seule réponse possible.

☐ Lettres, Arts et Sciences Humaines

☐ Sciences Economiques et Sociales

☐ Sciences de la Santé

☐ Sciences et Technologies

☐ Autre :

3. Département *

Une seule réponse possible.

- ☐ Agroforesterie
- ☐ Géographie
- ☐ Lettres Etrangères Appliquées
- ☐ Lettres Modernes
- ☐ Economie - Gestion
- ☐ Sociologie
- ☐ Tourisme
- ☐ Droit des Affaires
- ☐ Médecine et spécialité médicale
- ☐ Mathématiques
- ☐ Informatique
- ☐ Physique
- ☐ Chimie
- ☐ Histoire
- ☐ Chirurgie
- ☐ Biologie
- ☐ Autre : _____

4. Ancienneté dans l'enseignement *

Une seule réponse possible.

- ☐ Moins de 2 ans
- ☐ 2 - 3 ans
- ☐ 4 - 5 ans
- ☐ 6 - 10 ans
- ☐ 11 - 15 ans
- ☐ 16 - 20 ans
- ☐ 21 - 25 ans
- ☐ 25 - 30 ans
- ☐ Plus de 30 ans

5. Civilité *

Une seule réponse possible.

- ☐ Madame
- ☐ Mademoiselle
- ☐ Monsieur

6. Tranche d'âge *

Une seule réponse possible.

- ☐ Moins de 25 ans
- ☐ 25 - 30 ans
- ☐ 31 - 35 ans
- ☐ 36 - 40 ans
- ☐ 41 - 45 ans
- ☐ 46 - 50 ans
- ☐ 51 - 55 ans
- ☐ 56 - 60 ans
- ☐ Plus de 60 ans

7. Adresse électronique

Veuillez préciser une adresse électronique pour recevoir les résultats du sondage

Evaluation du modèle pédagogique en vigueur

8. Comment organisez-vous et présentez-vous vos cours aux apprenants ?

Plusieurs réponses possibles.

- ☐ Partie
- ☐ Chapitre
- ☐ Titre
- ☐ Autre : _____

9. Tous les objectifs pédagogiques annoncés dans le cours ont un contenu clairement identifiable par les apprenants *

Facilité d'identifier les parties du cours qui abordent chaque objectif

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord
- ☐ Les objectifs ne sont pas annoncés

10. Tous les objectifs pédagogiques annoncés dans le cours ont des exercices pour les évaluer *

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

11. **Pensez-vous qu'il puisse exister un autre agencement des notions du cours qui puisse être meilleur que ce vous proposez ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

12. **Je suis disposé à suivre les apprenants qui sont en avance sur le rythme du cours ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

13. **Je suis disposé à suivre les apprenants qui sont en retard sur le rythme du cours ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

14. **Comment évaluez-vous le temps que vous accordez à vos apprenants pour répondre à leurs requêtes en dehors des séances programmées d'enseignement (Cours Magistraux, Travaux Dirigés, Travaux Pratiques, Séminaires, ...) ? ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Très insignifiant
- ☐ Plutôt insignifiant
- ☐ Plutôt satisfaisant
- ☐ Très satisfaisant
- ☐ Pas de requête reçue
- ☐ Requête autorisée en présentiel ou séance synchrone

15. **Observation**

Veuillez donner si nécessaire des compléments d'information sur l'évaluation du modèle pédagogique

Proposition de changement de méthode pédagogique

16. **La présentation du cours par les objectifs pédagogiques et non par chapitres facilitera l'enseignement et me garantira que tous les objectifs annoncés sont abordés (support de cours et exercices) ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

17. **Classer les exercices par objectif pédagogique facilitera leur résolution par les apprenants ***

Ils sauront avec plus de précision, les notions à s'y référer pour la résolution de l'exercice

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

18. **Pondérer les exercices par objectif pédagogique permet à l'enseignant d'évaluer la charge de travail des apprenants ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

19. **L'évaluation des apprenants est plus objective (évaluation continue) si elle se fait par objectif pédagogique et non à la fin du chapitre ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

20. **Autre proposition**

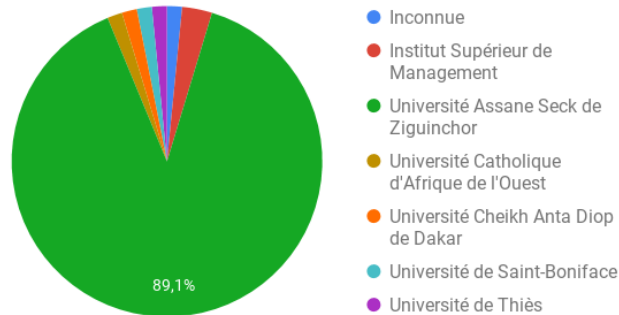
Si nécessaire

Annexe D

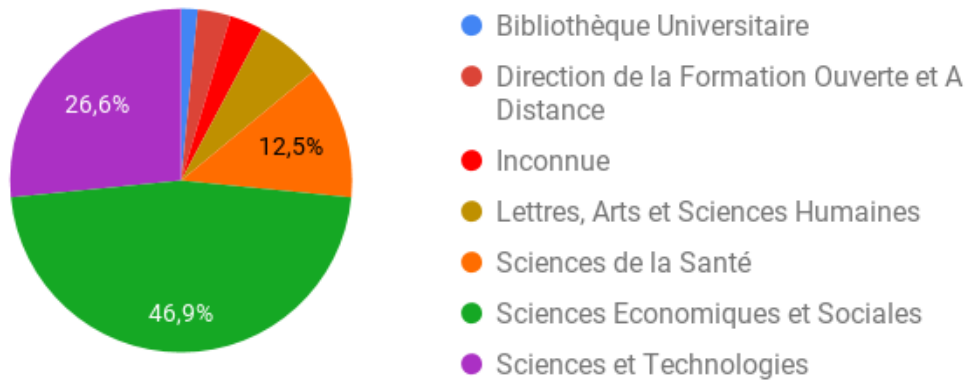
Résumé des réponses du sondage auprès des enseignants pour l'évaluation des productions pédagogiques

Profil de l'enseignant

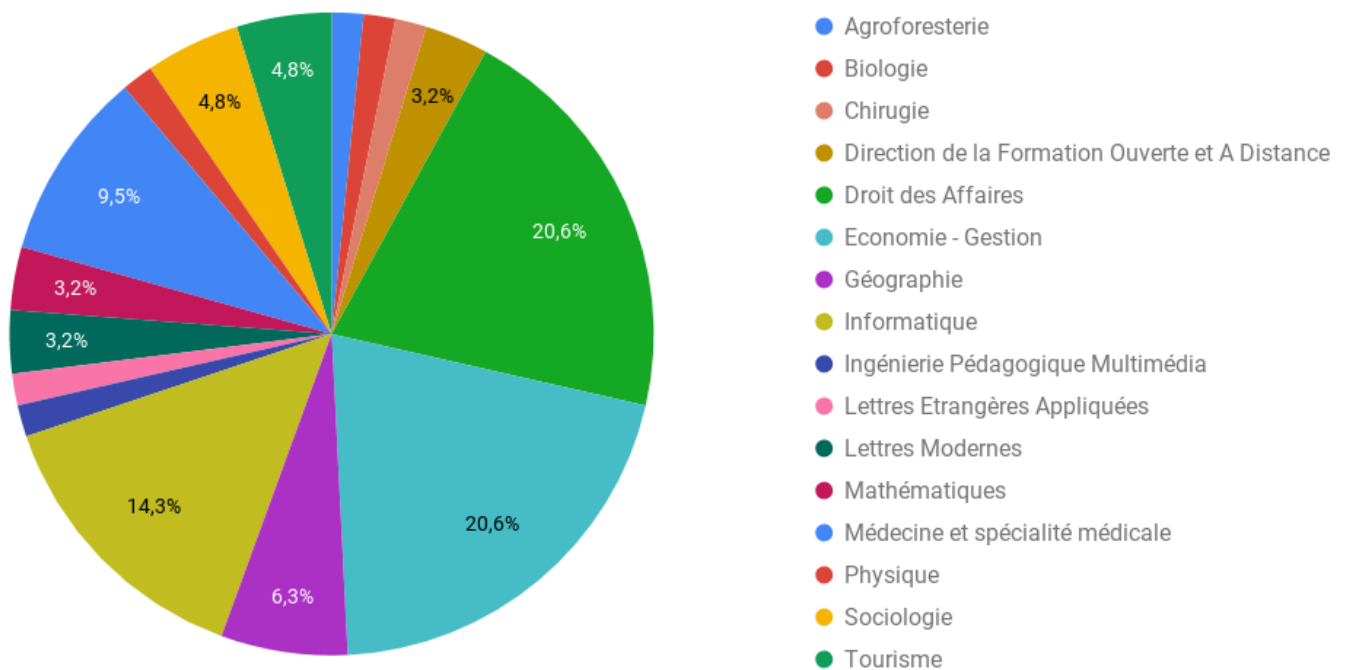
1. Nom de votre université, école ou institut d'appartenance



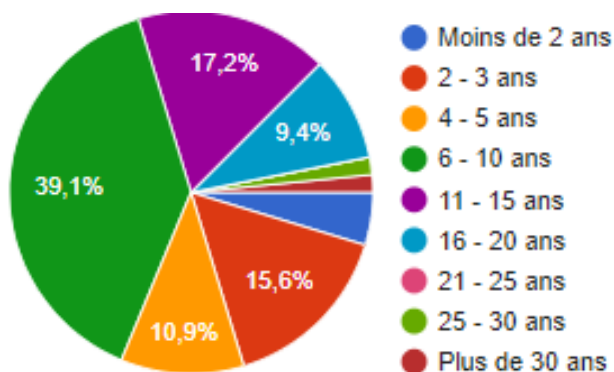
2. Unité de Formation et de Recherche



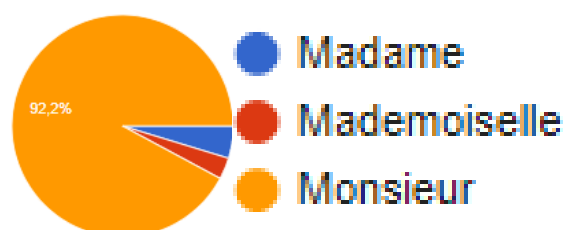
3. Département



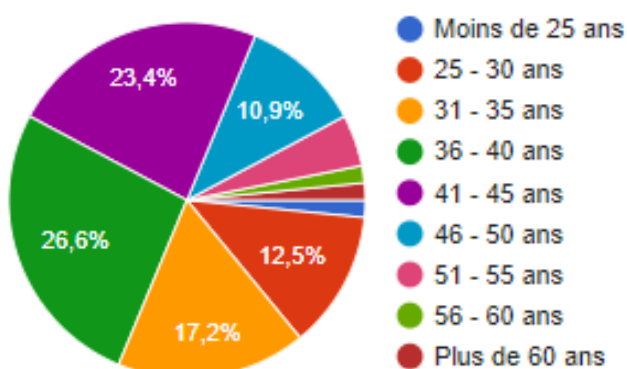
4. Ancienneté dans l'enseignement



5. Civilité



6. Tranche d'âge



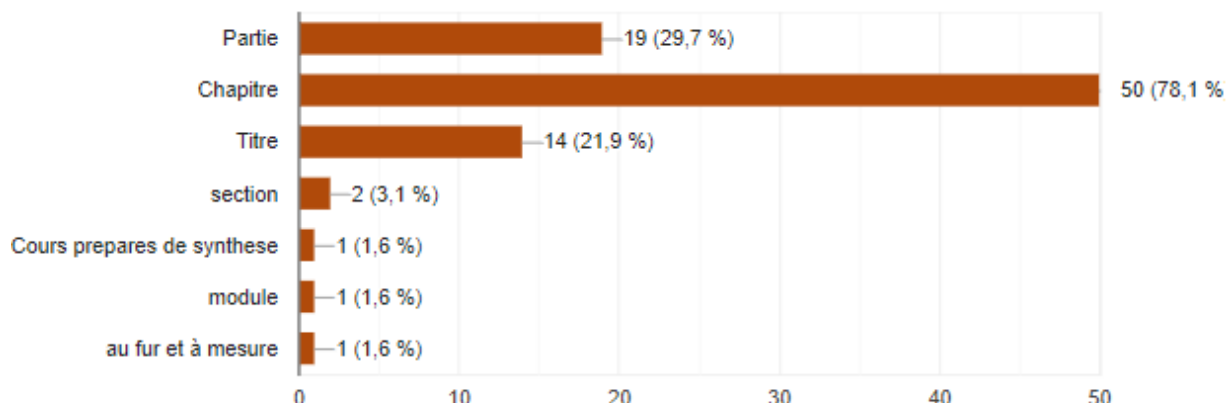
7. Adresse électronique (Veuillez préciser une adresse électronique pour recevoir les résultats du sondage)

01. d*****u@univ-zig.sn
 02. o*****a@univ-zig.sn
 03. m*****8@gmail.com
 04. l*****5@zig.univ.sn
 05. c*****e@univ-zig.sn
 06. s*****0@zig.univ.sn
 07. o*y@univ-zig.sn
 08. b*****e@gmail.com
 09. h*****n@ism.edu.sn

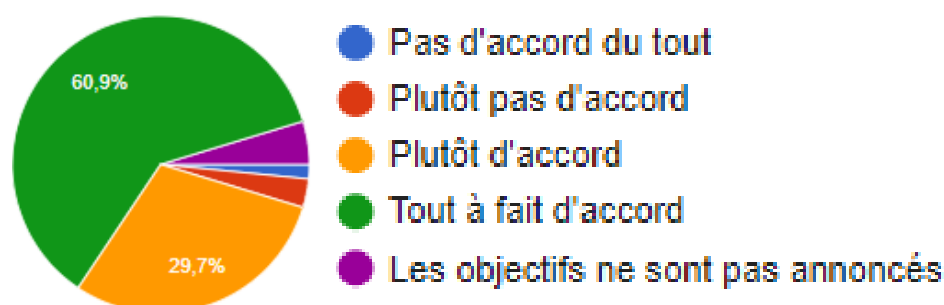
10. s*****a@ism.edu.sn
 11. d*****y@ucao.edu.sn
 12. g*****e@yahoo.fr
 13. d*****y@ucao.edu.sn
 14. d*****y@ucao.edu.sn
 15. l*****5@zig.univ.sn
 16. t*****r@yahoo.fr
 17. m*****a@univ-zig.sn

Evaluation du modèle pédagogique en vigueur

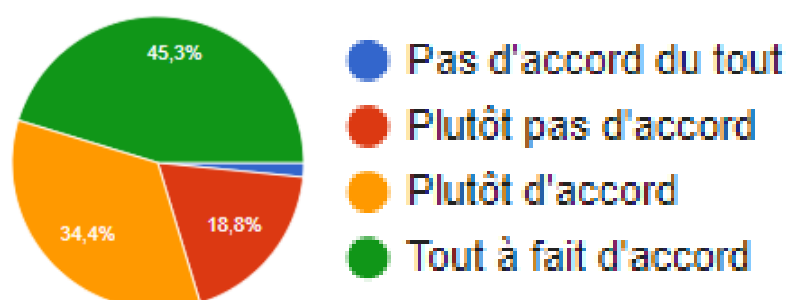
8. Comment organisez-vous et présentez-vous vos cours aux apprenants ?



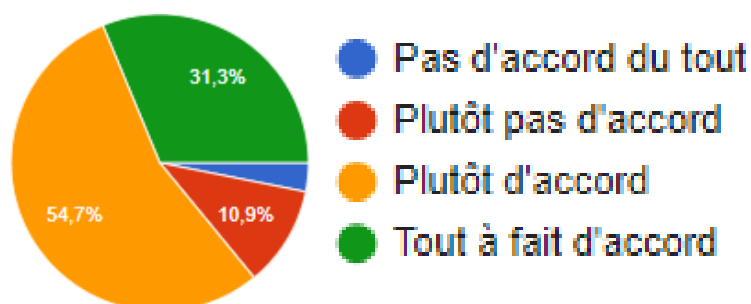
9. Tous les objectifs pédagogiques annoncés dans le cours ont un contenu clairement identifiable par les apprenants (Facilité d'identifier les parties du cours qui abordent chaque objectif)



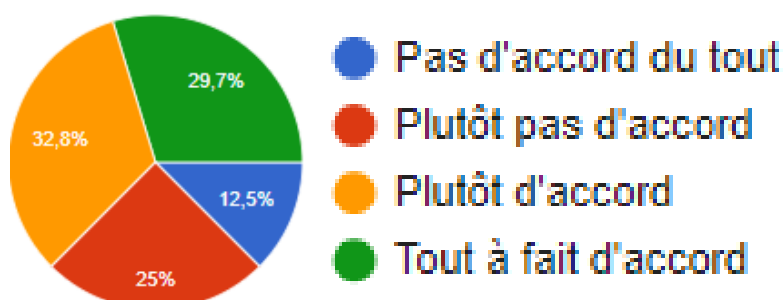
10. Tous les objectifs pédagogiques annoncés dans le cours ont des exercices pour les évaluer



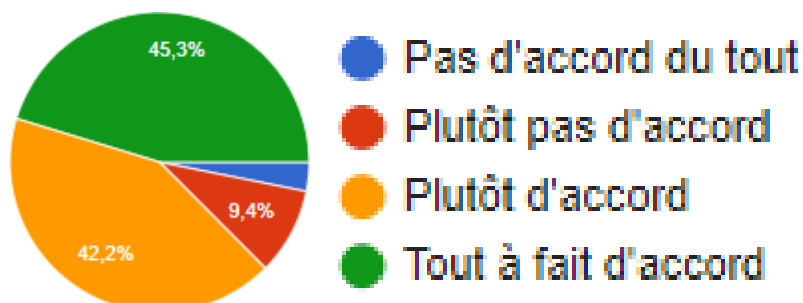
11. Pensez-vous qu'il puisse exister un autre agencement des notions du cours qui puisse être meilleur que ce vous proposez



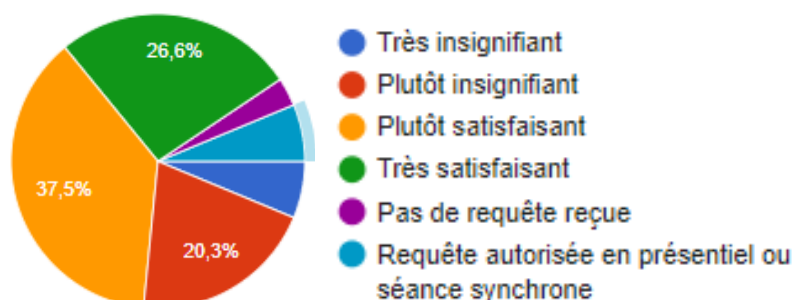
12. Je suis disposé à suivre les apprenants qui sont en avance sur le rythme du cours



13. Je suis disposé à suivre les apprenants qui sont en retard sur le rythme du cours



14. Comment évaluez-vous le temps que vous accordez à vos apprenants pour répondre à leurs requêtes en dehors des séances programmées d'enseignement (Cours Magistraux, Travaux Dirigés, Travaux Pratiques, Séminaires, ...) ?

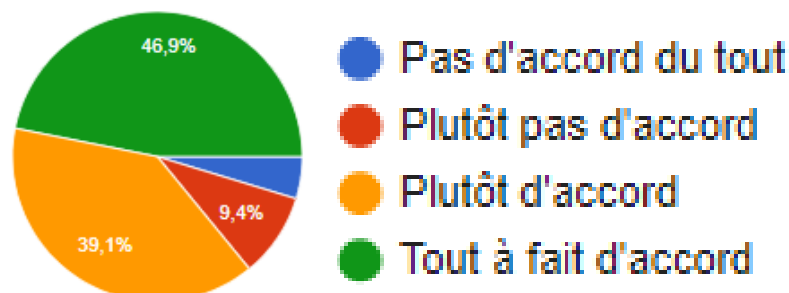


15. Observations (Veuillez donner si nécessaire des compléments d'information sur l'évaluation du modèle pédagogique)

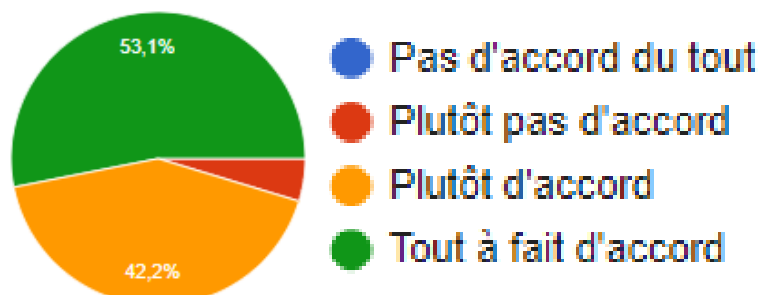
01. Pour les apprenants qui sont en retard je suis disposé à les accompagner mais le surplus sera comptabilisé financièrement
02. Pour ce point rare sont les apprenants qui viennent poser des questions et même s'ils le font c'est à la veille des évaluations !
03. Si on pouvait avoir des clés de connexion ça rendrait le travail beaucoup plus intéressant
04. En dehors mes cours sur la plateforme, je réponds aux questions que les apprenants m'envoient dans ma boîte ou lorsqu'ils m'appellent. Mais ils le font trop rarement
05. Pas d'avis
06. Il faut adapter le rythme selon l'étudiant et selon les objectifs à atteindre
07. La mise en œuvre effective est entravée par la logistique
08. Les travaux dirigés et les applications suffisent pour aider les apprenants à mieux comprendre.

Proposition de changement de méthode pédagogique

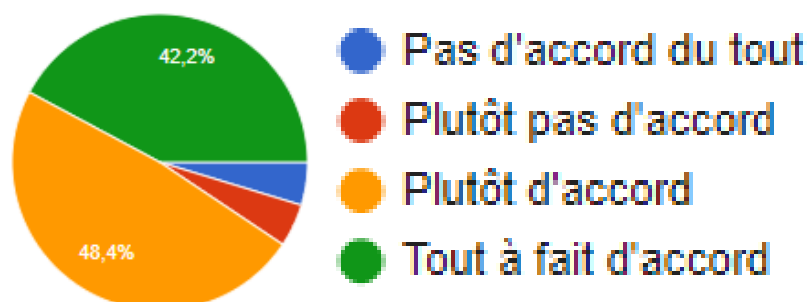
16. La présentation du cours par les objectifs pédagogiques et non par chapitres facilitera l'enseignement et me garantira que tous les objectifs annoncés sont abordés (support de cours et exercices)



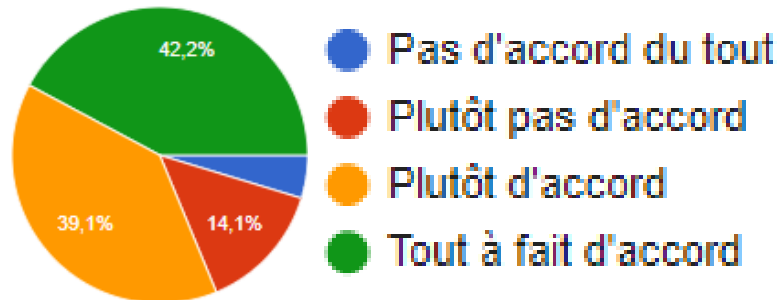
17. Classer les exercices par objectif pédagogique facilitera leur résolution par les apprenants (Ils sauront avec plus de précision, les notions à s'y référer pour la résolution de l'exercice)



18. Pondérer les exercices par objectif pédagogique permet à l'enseignant d'évaluer la charge de travail des apprenants



19. L'évaluation des apprenants est plus objective (évaluation continue) si elle se fait par objectif pédagogique et non à la fin du chapitre



20. Autres propositions (si nécessaire)

01. Il faut évaluer si possible à la fin du chapitre ou des chapitres pour permettre aux apprenants pour voir s'ils ont maîtrisé les connaissances transmises. Si le cours n'est pas su, ils auront l'occasion de combler leurs lacunes lors de la correction de l'évaluation. Donc, ils auront une seconde chance pour assimiler le cours.
02. Aucune
03. Pour moi une évaluation est efficace ou elle ne l'est pas. Ce n'est pas une question objective
04. Une approche par les compétences peut permettre à l'enseignant de placer l'apprenant au centre du cours, lui offrir l'occasion de s'approprier, d'assimiler les contenus et développer les compétences attendues.
05. La compréhension du chapitre, de la partie, du cours doit être globale

Annexe E

Questionnaire du sondage auprès des apprenants pour l'évaluation de l'accompagnement de l'apprentissage

Evaluation de l'accompagnement de l'apprentissage

Cette étude est destinée à recueillir votre opinion sur le modèle pédagogique en vigueur et votre satisfaction sur l'accompagnement de l'équipe pédagogique.

C'est un questionnaire anonyme qui dure en moyenne 5 minutes dont les questions ouvertes sont optionnelles.

Ce questionnaire s'inscrit dans un travail de recherche et vos réponses permettront de faire évoluer le modèle d'apprentissage.

Merci pour votre collaboration.

***Obligatoire**

Direction de la Formation Ouverte et A Distance de l'Université Assane Seck de Ziguinchor



Profil de l'apprenant

1. **Nom de votre université, école ou institut d'appartenance**

2. **Unité de Formation et de Recherche ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Sciences et Technologies
- ☐ Sciences de la Santé
- ☐ Sciences Economiques et Sociales
- ☐ Lettres, Arts et Sciences Humaines
- ☐ Autre :

3. Filière *

Une seule réponse possible.

- ☐ Agroforesterie
- ☐ Géographie
- ☐ Lettres Etrangères Appliquées
- ☐ Lettres Modernes
- ☐ Management Informatisé des Organisations
- ☐ Economie - Gestion
- ☐ Sociologie
- ☐ Tourisme
- ☐ Droit des Affaires
- ☐ Médecine
- ☐ Mathématiques
- ☐ Mathématiques - Physique - Informatique
- ☐ Physique - Chimie
- ☐ Informatique
- ☐ Physique
- ☐ Chimie
- ☐ Création Multimédia
- ☐ Agro-ressources
- ☐ Langues et Tourisme
- ☐ Modélisation et Traitement des Données
- ☐ Histoire
- ☐ Autre : _____

4. Niveau d'étude *

Une seule réponse possible.

- ☐ Licence 1
- ☐ Licence 2
- ☐ Licence 3
- ☐ Master 1
- ☐ Master 2
- ☐ Doctorat 1
- ☐ Doctorat 2
- ☐ Doctorat 3

5. Civilité *

Une seule réponse possible.

- ☐ Madame
- ☐ Mademoiselle
- ☐ Monsieur

6. Tranche d'âge *

Une seule réponse possible.

- ☐ Moins de 18 ans
- ☐ 18 - 20 ans
- ☐ 21 - 22 ans
- ☐ 23 - 24 ans
- ☐ 25 - 30 ans
- ☐ 31 - 35 ans
- ☐ 36 - 40 ans
- ☐ 41 - 45 ans
- ☐ Plus de 45 ans
- ☐ Autre : _____

Evaluation du modèle pédagogique en vigueur

7. Jusqu'à présent, les cours faits, sont organisés et présentés par

Plusieurs réponses possibles.

- ☐ Partie
- ☐ Chapitre
- ☐ Titre
- ☐ Autre : _____

8. Tous les objectifs pédagogiques annoncés dans le cours ont un contenu clairement identifié ou identifiable *

Vous êtes capable d'identifier clairement les parties du cours qui concernent chaque objectif pédagogique

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord
- ☐ Objectif non annoncé

9. Tous les objectifs pédagogiques annoncés dans le cours ont des exercices pour les évaluer *

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord
- ☐ Objectif non annoncé

10. **A la fin d'un cours, j'ai le sentiment que l'apprentissage pouvait se faire dans un ordre différent de celui proposé par l'équipe pédagogique ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

11. **Lorsque que vous êtes en avance par rapport à vos camarades ou la programmation de l'enseignant, souhaitez-vous avoir accès aux notions (partie, chapitre, titre, objectif, ...) suivantes ? ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

12. **Lorsque que vous êtes en retard par rapport à vos camarades ou la programmation de l'enseignant, souhaitez-vous disposer d'un peu plus de temps pour être à jour avant de passer aux notions suivantes ? ***

Vous préférez bien maîtriser un ensemble de notions au détriment des autres si le temps imparti pour l'apprentissage n'est pas suffisant

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

13. **Comment évaluez-vous le temps d'attente des réponses de vos requêtes par le tuteur sur les forums ? ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Très long
- ☐ Long
- ☐ Court
- ☐ Très court
- ☐ Réponse exclusivement en présentiel ou séance synchrone

14. **Comment évaluez-vous le temps d'attente des réponses de vos requêtes par vos camarades sur les forums ? ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Très long
- ☐ Long
- ☐ Court
- ☐ Très court
- ☐ Travail exclusivement en présentiel ou séance synchrone

15. **Quelle est la satisfaction des réponses de vos camarades à vos requêtes ? ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Très insatisfaite
- ☐ Plutôt insatisfaite
- ☐ Plutôt satisfaite
- ☐ Très satisfaite
- ☐ Sans objet

16. **Comment évaluez-vous le temps que vous accordez à vos camarades pour répondre à leurs requêtes ? ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Très insignifiant
- ☐ Plutôt insignifiant
- ☐ Plutôt satisfaisant
- ☐ Très satisfaisant
- ☐ Sans objet
- ☐ Travail exclusivement en présentiel ou séance synchrone

17. **Observation**

Veuillez donner d'autres avis sur l'évaluation si nécessaire

Vos souhaits d'amélioration

18. **L'annonce des objectifs pédagogiques au début du cours facilitera votre apprentissage ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

19. **La présentation du cours par objectif pédagogique et non par chapitre facilitera votre apprentissage ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

20. **Je réussirai mieux les exercices s'ils sont classés par objectif pédagogique et non donnés à la fin du chapitre ou du cours ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

21. **J'obtiendrai de meilleurs résultats si je suis évalué sur chaque objectif pédagogique ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

22. **Je réussirai mieux les exercices si je sais les objectifs pédagogiques qu'ils visent ***

En cas de difficulté, je consulte plus rapidement les notions concernées

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

23. **Ma collaboration avec les autres pour répondre à leurs requêtes est une activité pédagogique pour laquelle mes efforts doivent être récompensés au résultat final ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

24. **Je réussirai mieux si ma progression est conditionnée par l'évaluation de chaque objectif pédagogique (par opposition à l'évaluation par chapitre) ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas d'accord du tout
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord
- ☐ Sans objet

25. **J'apprendrai mieux si j'ai la possibilité de choisir un parcours d'apprentissage pouvant être différent de celui imposé par l'équipe pédagogique ***

Une seule réponse possible.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

26. **Autre souhait ou commentaire**

Si nécessaire

Fourni par



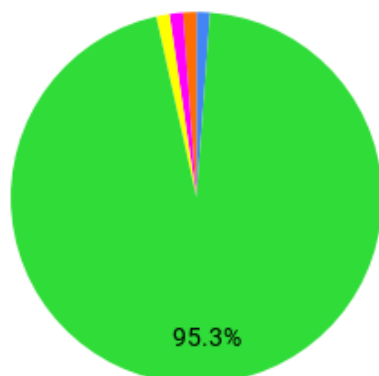
Google Forms

Annexe F

Résumé des réponses du sondage auprès des apprenants pour l'évaluation de l'accompagnement de l'apprentissage

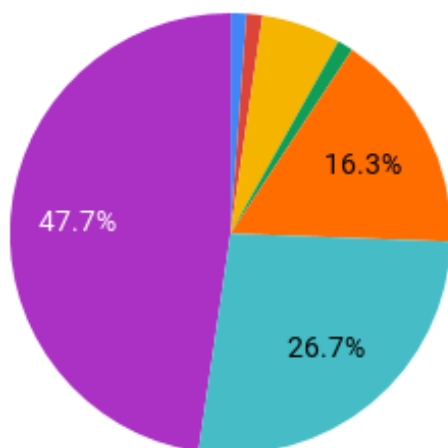
Profil de l'apprenant

1. Nom de votre université, école ou institut d'appartenance



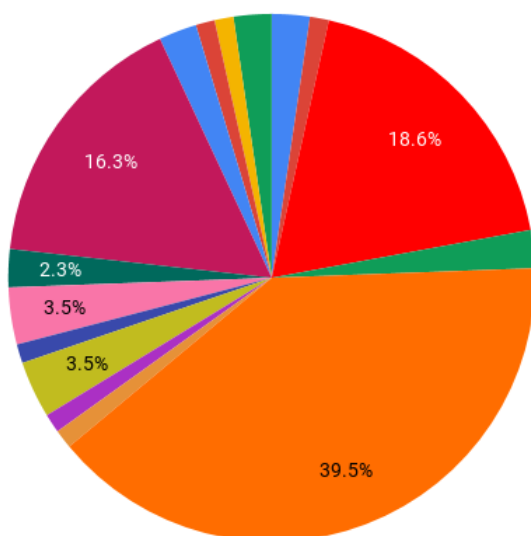
- Université Alioune Diop de Bambey
- Université Assane Seck de Ziguinchor
- Université Cheikh Anta Diop de Dakar
- Université de Versailles Saint Quentin-en-Yvelines
- Université Virtuelle du Sénégal

2. Unité de Formation et de Recherche



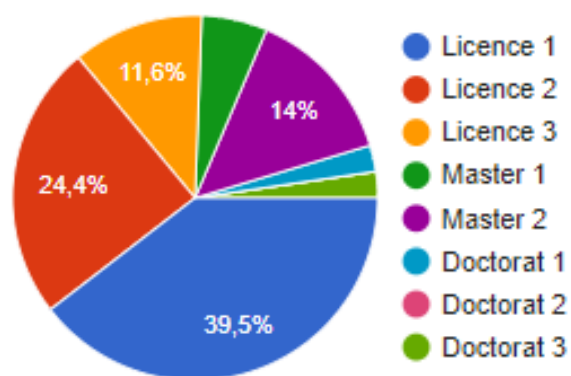
- Centre des Ressources Informatiques
- Faculté des sciences et juridiques
- Lettres, Arts et Sciences Humaines
- Science de la Santé, de l'Environnement et des Territoires Soutenables
- Sciences de la Santé
- Sciences Economiques et Sociales
- Sciences et Technologies

3. Filière

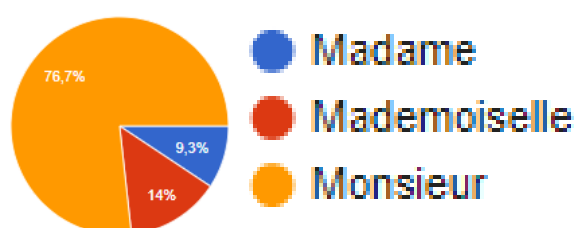


- Agroforesterie
- Centre des Ressources Informatiques
- Droit des Affaires
- Economie - Gestion
- Géographie
- Informatique
- Lettres Etrangères Appliquées
- Lettres Modernes
- Lettres/Anglais
- Management Informatisé des Organisations
- Mathématiques - Physique - Informatique
- Médecine
- Physique
- Sciences de l'éducation
- Sciences Sociales
- Sociologie

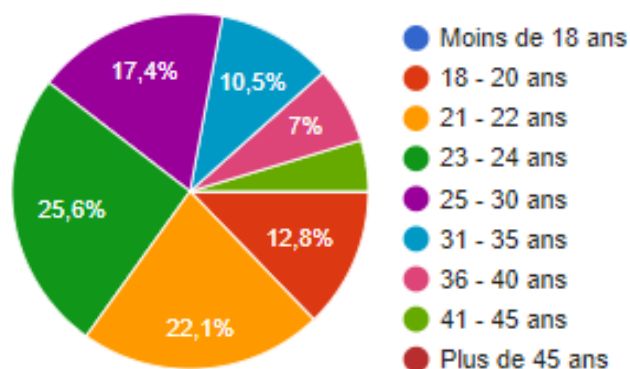
4. Niveau d'étude



5. Civilité

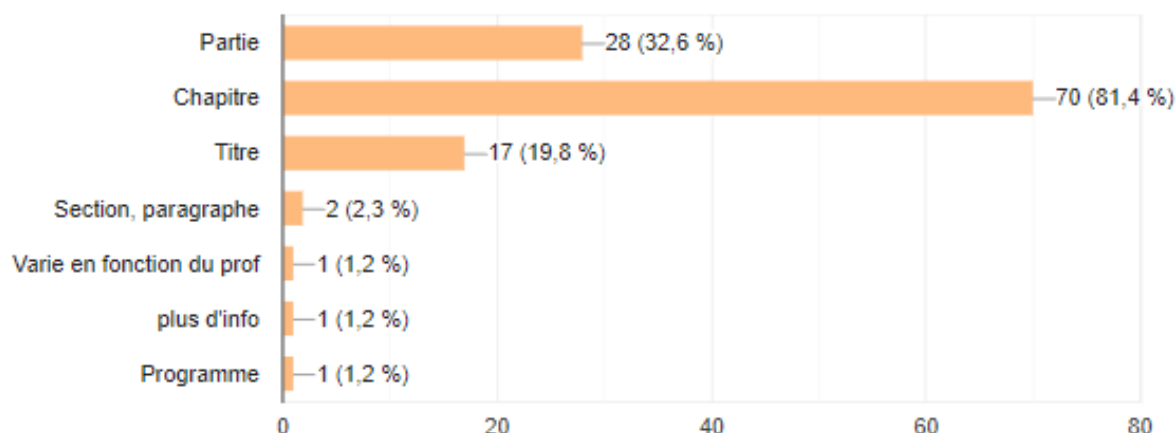


6. Tranche d'âge

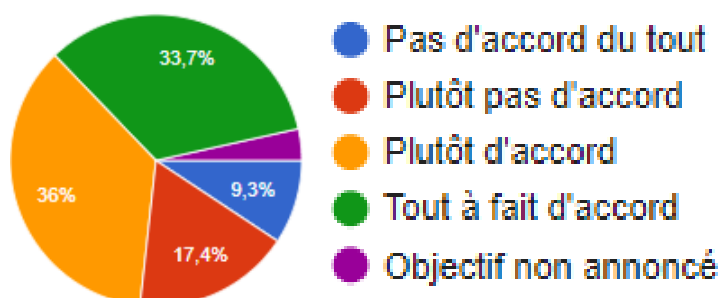


Evaluation du modèle pédagogique en vigueur

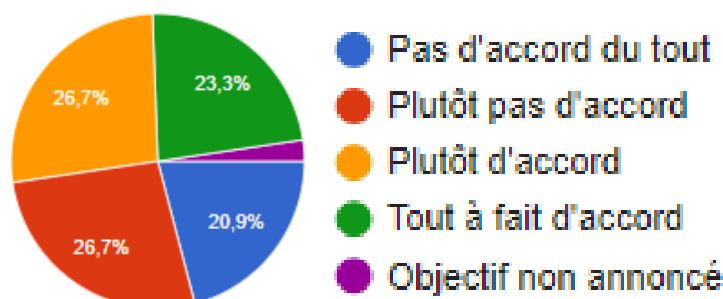
7. Jusqu'à présent, les cours faits, sont organisés et présentés par :



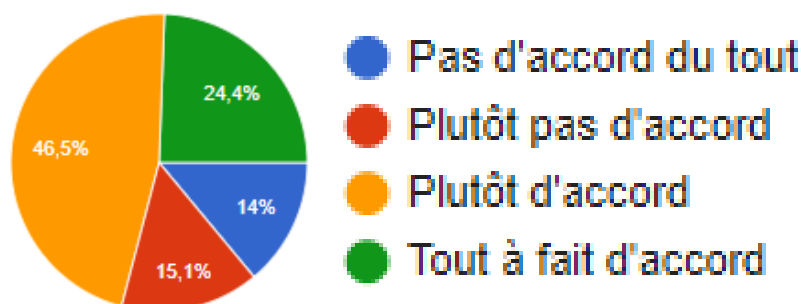
8. Tous les objectifs pédagogiques annoncés dans le cours ont un contenu clairement identifié ou identifiable (Vous êtes capable d'identifier clairement les parties du cours qui concernent chaque objectif Pédagogique)



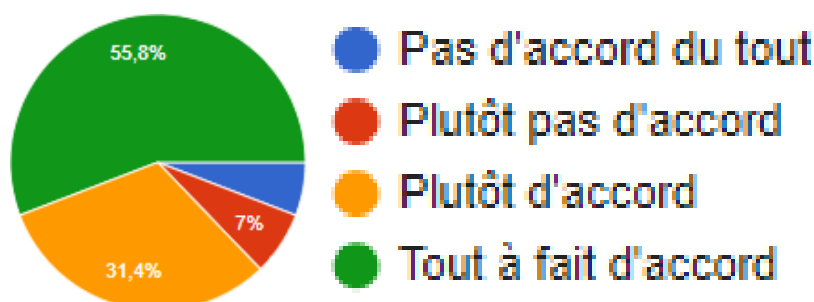
9. Tous les objectifs pédagogiques annoncés dans le cours ont des exercices pour les évaluer



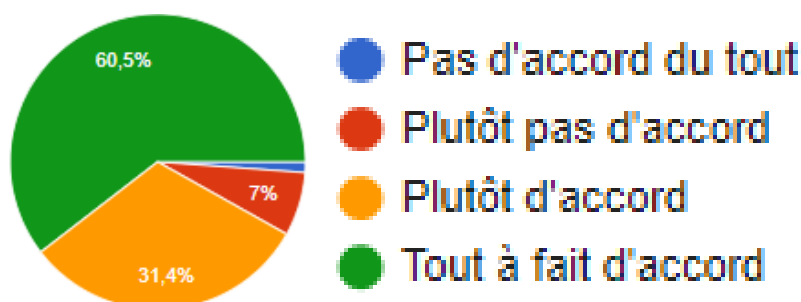
10. A la fin d'un cours, j'ai le sentiment que l'apprentissage pouvait se faire dans un ordre différent de celui proposé par l'équipe pédagogique



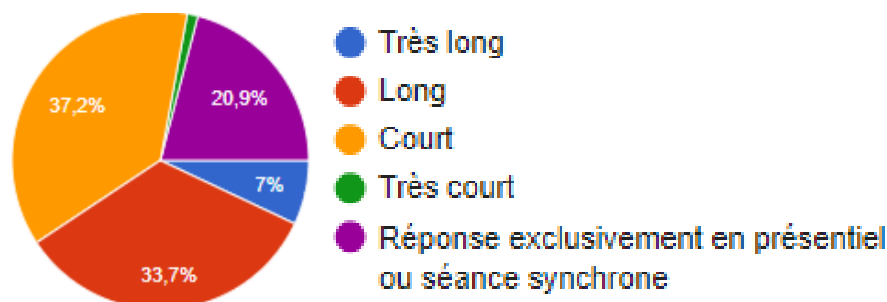
11. Lorsque que vous êtes en avance par rapport à vos camarades ou la programmation de l'enseignant, souhaitez-vous avoir accès aux notions (partie, chapitre, titre, objectif, ...) suivantes ?



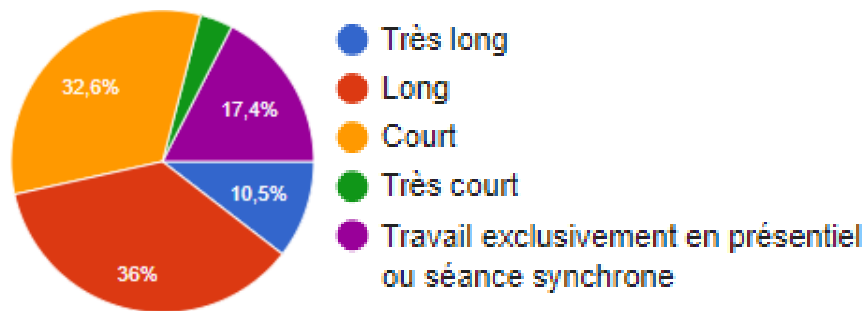
12. Lorsque que vous êtes en retard par rapport à vos camarades ou la programmation de l'enseignant, souhaitez-vous disposer d'un peu plus de temps pour être à jour avant de passer aux notions suivantes ? (Vous préférez bien maîtriser un ensemble de notions au détriment des autres si le temps imparti pour l'apprentissage n'est pas suffisant)



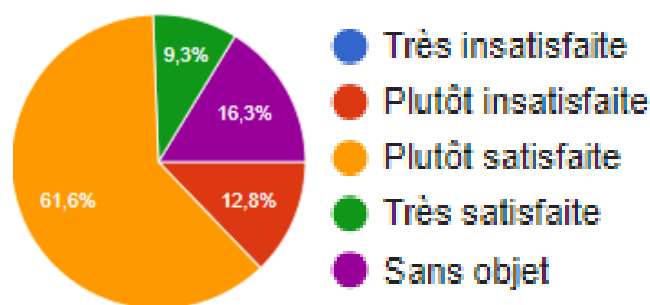
13. Comment évaluez-vous le temps d'attente des réponses de vos requêtes par le tuteur sur les forums ?



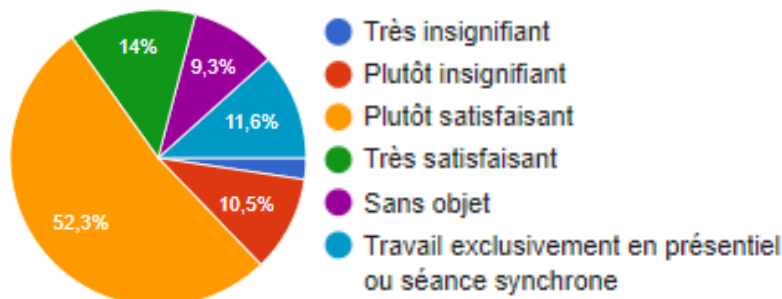
14. Comment évaluez-vous le temps d'attente des réponses de vos requêtes par vos camarades sur les forums ?



15. Quelle est la satisfaction des réponses de vos camarades à vos requêtes ?



16. Comment évaluez-vous le temps que vous accordez à vos camarades pour répondre à leurs requêtes ?



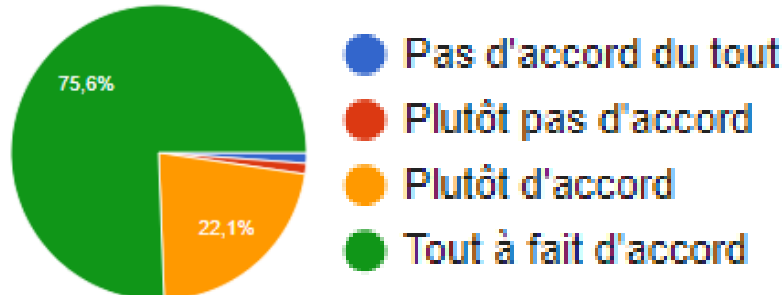
17. Observations (Veuillez donner d'autres avis sur l'évaluation si nécessaire)

01. Il faut que les évaluations se fassent en présentiel pour consolider les acquis
02. La plateforme bugge constamment lors des devoir ou examen en ligne. L'accès est difficile et la plateforme est lente lors des tests.
03. Ne pas fixer des délais courts pour les travaux à soumettre mais plutôt fixer un seul délai de soumission de tous les travaux des cours du semestre en cours afin de laisser les étudiants s'organiser selon leur emploi du temps professionnel. Cela nous ferai un poids de moins sur le stress que nous vivons déjà au quotidien avec le boulot et autres.
04. Accorder plus d'intérêts aux travaux personnels de l'étudiant
05. L'évaluation est rapide et satisfaisante

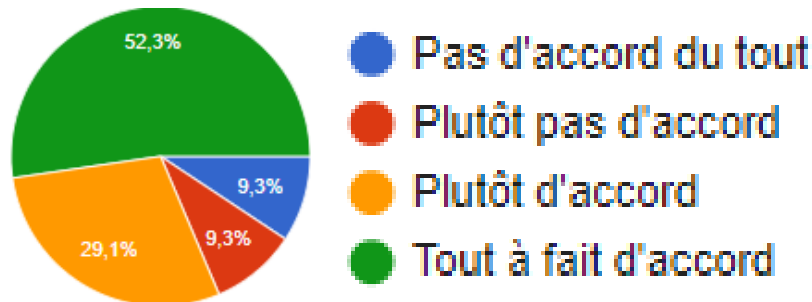
- 06.** Je n'ai pas d'autres avis
- 07.** Je pense que l'évaluation porte moins sur les compétences acquises par l'apprenant car l'évaluateur choisit le sujet sans tenir compte du niveau des apprenants
- 08.** Faire respecter le délai des dépôts de TD enfin de ne pas pénaliser d'autres étudiants.
Nous désigner un responsable au niveau de notre département à qui on peut s'adresser quand on a des soucis d'ordre pédagogique ou administratif. A préciser je suis très satisfaite de l'engagement et l'accompagnement de l'équipe du campus numérique.
Aussi un grand merci à nos différents tuteurs qui ne ménagent aucun effort pour le bon déroulement de notre formation.
- 09.** Les notes d'évaluation doivent être accompagnées d'annotations.
- 10.** L'évaluation doit se faire en fonction de ce qui a été fait en classe
- 11.** À quoi ça peut bien servir ? Ici on n'a presque pas d'administration
- 12.** Évaluer ceux pour qui on est sûr d'avoir installé des compétences
- 13.** Pas d'autre réponse
- 14.** Il faut diminuer les heures de cours journalières.

Vos souhaits d'amélioration

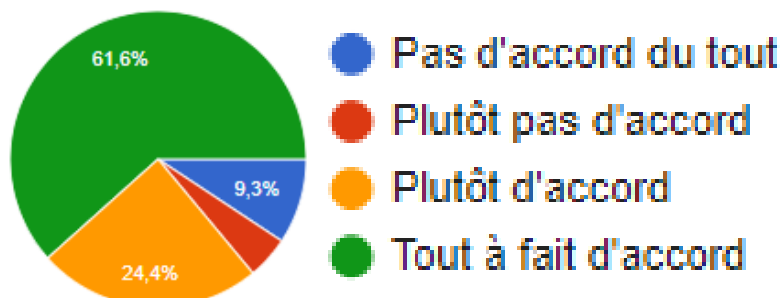
18. L'annonce des objectifs pédagogiques au début du cours facilitera votre apprentissage



19. La présentation du cours par objectif pédagogique et non par chapitre facilitera votre apprentissage



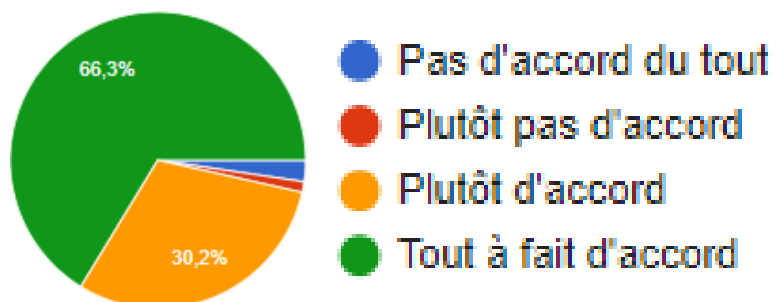
20. Je réussirai mieux les exercices s'ils sont classés par objectif pédagogique et non donnés à la fin du chapitre ou du cours



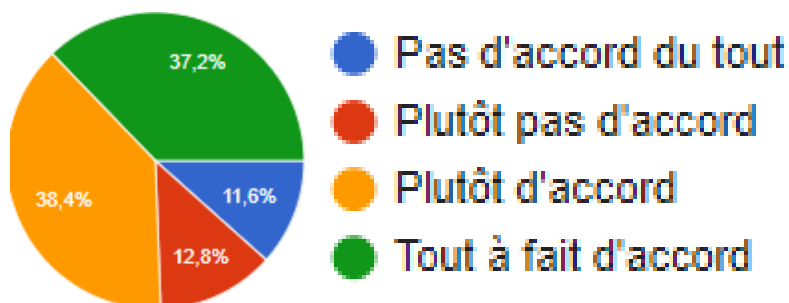
21. J'obtiendrai de meilleurs résultats si je suis évalué sur chaque objectif pédagogique



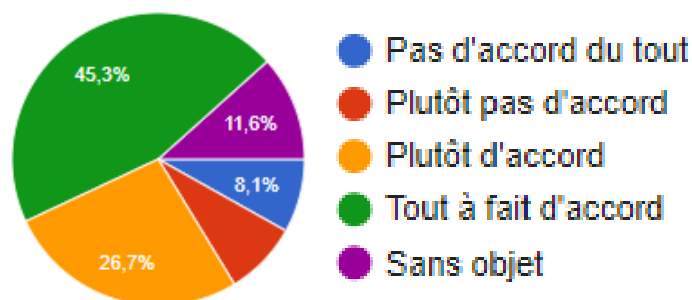
22. Je réussirai mieux les exercices si je sais les objectifs pédagogiques qu'ils visent (En cas de difficulté, je consulte plus rapidement les notions concernées)



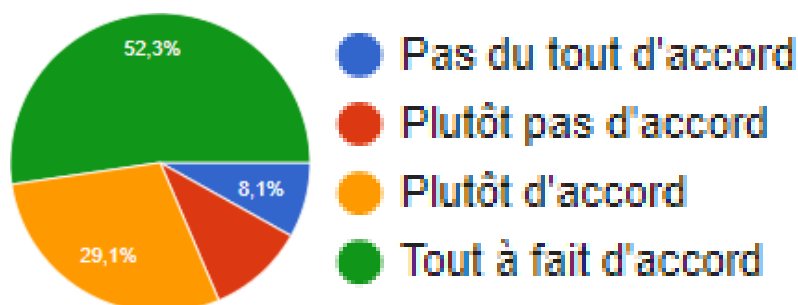
23. Ma collaboration avec les autres pour répondre à leurs requêtes est une activité pédagogique pour laquelle mes efforts doivent être récompensés au résultat final



24. Je réussirai mieux si ma progression est conditionnée par l'évaluation de chaque objectif pédagogique (par opposition à l'évaluation par chapitre)



25. J'apprendrai mieux si j'ai la possibilité de choisir un parcours d'apprentissage pouvant être différent de celui imposé par l'équipe pédagogique



26. Autres souhaits ou commentaires (Si nécessaire)

01. Je trouve le dispositif de la plateforme bien satisfaisante.
02. Donner assez de temps pour la lecture des cours et le traitement des évaluations. En, il est fondamental que de temps en temps nous nous retrouvions en présentiel pour asseoir les acquis. Il faudrait à chaque fois qu'un cours est lancé, regrouper tout le monde en présentiel, expliquer puis enfin libérer, et le reste peut se faire dans la plateforme.
03. Augmenter beaucoup plus le temps pour bien expliquer lors des sessions de formation pour la prise en main de la plateforme.
04. Aussi après chaque module demander l'avis des apprenants.
05. Il serait de notre avantage si nous avions un délai ultime de dépôt des devoirs car la majorité, pour ne pas dire tout le monde, travaille et les imprévus sont présents surtout lorsque les fonctions occupées sont assez hautes. Cela nous permettrait de mieux nous organiser et obtenir des résultats meilleurs.
06. Une synthèse de chaque cours en présentiel est vivement souhaitée pour permettre au apprenant de mieux comprendre et de retenir le cours.
07. Je suggère que l'on accorde plus de temps de recherche aux étudiants pour effectuer leurs travaux personnels. Et j'aimerais qu'on revoie aussi l'emploi du temps des cours car c'est trop chargé.
08. Sans avis
09. Que dire sinon merci et vous encourage dans l'effort permanent pour améliorer la formation en ligne qui est bénéfique pour nous.
10. Ça serait intéressant que toutes les leçons soient données en avance avant le cours pour permettre aux étudiants de se préparer, d'être à jour et de poser des questions pertinentes. D'autant plus qu'on n'a pas souvent l'occasion de poser des questions concernant les cours précédents. Merci.
11. Bonne initiative ... mais je trouve le libellé des questions complexes et les choix de réponse pas simple du tout. Merci
12. Je souhaiterais que les tuteurs proposent un rapport provisoire d'évaluation avant un rapport final. Car il y a parfois des erreurs de calcul de note.
13. Avoir la possibilité de programmer mon évaluation suivante des objectifs pédagogiques.
14. Je maîtriserai mieux mon programme s'il y avait plus de spécialisation et moins de matières.
15. Réduire la maquette pour avoir plus d'heure de concentration et de recherche avant les évaluations.

Vers un modèle d'accompagnement de l'apprentissage dans les *Learning Management Systems* :

Une approche basée sur la modélisation multi-scénarios d'un cours et la co-construction du scénario par les apprenants

Résumé : Cette thèse contribue à l'accompagnement de l'apprentissage dans des EIAH dans le but d'améliorer le processus d'apprentissage. Dans un contexte où nous ne disposons pas des profils, comment accompagner en adaptant l'apprentissage ? Nous optons pour un apprentissage dirigé par l'apprenant sous les contraintes définies par l'enseignant.

Nous avons élaboré un modèle de conception multi-scénarios du cours à destination des enseignants inspiré de la Competence-based Knowledge Space Theory à laquelle 3 extensions (activités à objectifs multiples, contraintes temporelles et seuils de satisfaction) sont ajoutées pour corriger ses faiblesses dans un contexte de formation initiale ou formation tout au long de la vie. Le modèle se base sur les objectifs d'apprentissage et les relations de précedence entre eux pour produire plusieurs scénarios en un temps raisonnable. Un sondage auprès des enseignants montre a priori une acceptabilité du modèle.

Pour accompagner l'apprenant, nous lui offrons la possibilité de co-construire son scénario durant l'apprentissage. La co-construction résulte du respecter des contraintes définies par l'enseignant pour éviter des choix illogiques pouvant conduire à l'échec voire l'abandon. Le processus d'apprentissage se base sur le choix et changement des objectifs à atteindre et des activités à faire. Un sondage auprès des apprenants montre a priori une acceptabilité du modèle.

Les modèles sont implémentés sous forme de plugin intégrable dans Moodle. Une expérimentation auprès des enseignants leur a permis de déceler des incohérences et des insuffisances dans leurs cours. Nous avons observé une diversité de scénarios construits par les étudiants.

Mots clés : Accompagnement de l'apprentissage, Apprentissage dirigé par l'apprenant, Conception multi-scénarios, Co-construction du scénario, Théorie des Espaces de Connaissance, Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain.

Towards a model to support the learning in Learning Management Systems :

An approach based on the multi-scenario modelling of a course and the co-construction of the learning scenario by the learners.

Abstract : This thesis contributes to support learning in Technology Enhanced Learning environment in order to improve the learning process. In a context where we do not have profiles to adapt learning, we have opted for learner-directed learning under the constraints defined by the teacher.

We developed to teachers a model to design multi-scenario course. The model inspired on the Competence-based Knowledge Space Theory to which 3 extensions are added to correct its weaknesses in a context of initial or lifelong training. The model is based on learning objectives and prerequisite relationships among them to produce multiple scenarios in a reasonable time. A survey of teachers shows a priori an acceptability of the model.

We allow learner to co-construct his scenario during the learning. Co-construction results from the fact that the scenario must respect constraints defined by the teacher to avoid illogical choices that may lead to failure or even dropout. The learning process is based on the choice and change of objectives to achieve and activities to do. A survey of learners shows a priori acceptability of the model.

The models are implemented as an integrable plugin in Moodle. An experiment with the teachers allowed them to detect inconsistencies and deficiencies in their courses. We observed a variety of scenarios built by the students.

Keywords : Support of learning, Learner-directed learning, Multi-scenario design, Co-construction of learning scenario, Knowledge Space Theory, Technology Enhanced Learning.