

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB BLIDA 1

Faculté des Sciences

Filière : Informatique



Mémoire de Fin d'Étude pour l'Obtention du Diplôme de Master en Informatique

OPTION : Systèmes Informatiques et Réseaux, Ingénierie du Logiciel

Thème :

**CONCEPTION D'UN OUTIL D'ASSISTANCE A L'AUTOREGULATION
BASÉ SUR L'ANALYTIQUE DE L'APPRENTISSAGE**

Réalisé par :

M^{elle} BENOHALIMA Ikram

M^{elle} TAHRI Nawel

Soutenu le 08/09/2020 devant le jury composé de :

- **M^{me} FARAH Messouada**
- **M^{me} YEKHELEF Hadjer**
- **M^{me} AROUSSI Sana**
- **M^r SADALLAH Madjid**

President
Examinatrice
Promotrice
Encadreur

Année Universitaire : 2019-2020

Remerciements

Nous remercions Dieu de nous avoir donné la santé et le courage pour finaliser ce travail.

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements et exprimer notre profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à l'élaboration de ce travail qui n'aura été que l'aboutissement d'un long parcours.

Nous remercions très chaleureusement Mr. *SADALLAH* Qui a accepté de nous encadrer pour la réalisation de ce travail, pour ses précieux conseils et orientations, nous avons eu le privilège de profiter de ses multiples compétences.

Nous tenons à remercier également notre promotrice Mme. *AROSSI* de nous avoir aidé, orienté et conseillé tout au long de notre démarche.

Nous remercions l'ensemble de nos professeurs sans lesquels ce travail n'aurait pu aboutir.

Merci aux membres du Jury d'avoir accepté d'évaluer notre mémoire et de nous avoir honoré par leur présence.

Résumé

Les environnements d'apprentissage numériques d'aujourd'hui ont évolué avec la diversité du développement technologique pour offrir aux apprenants un meilleur apprentissage en ligne. Pour ce faire, divers chercheurs et développeurs se sont concentrés sur le domaine de l'analytique de l'apprentissage, qui à son tour se concentre sur la collecte de données et de traces concernant le parcours des apprenants qui doivent s'autoréguler pour parvenir à un meilleur apprentissage à distance. La question est de savoir comment fournir une rétroaction aux apprenants et leur permettre d'y arriver ? Pour cela, nous proposons une solution, grâce à l'analyse des apprentissages (Learning Analytics) qui permet de leur fournir ce retour d'expérience afin qu'ils puissent suivre leur apprentissage et leur progression à travers un outil d'autorégulation sous forme de tableau de bord proposant des stratégies d'étude et des suggestions de réglementation sur leur manière d'étudier.

Mots clés : Analyse de l'apprentissage (LA), apprentissage autorégulé (SRL), Apprentissage en ligne (E-learning), Trace, Régulation, Tableau de bord.

Abstract

Today's digital learning environments have evolved with the diversity of technological development to provide learners with better online learning. To do this, various researchers and developers have focused on the area of learning analytics, which in turn focuses on collecting data and traces regarding the journey of learners who in order to achieve better online/offsite learning, must self-regulate. The question is how to provide feedback to learners and enable them to get there? For this, we propose a solution, based on the analysis of learning (Learning Analytics) which allows to provide them this feedback so that they can follow their learning and progress through a tool of self-regulation in the form of a dashboard offering study strategies and regulation suggestions on their way of studying.

Keywords: Learning Analytics (LA), Self-Regulated Learning (SRL), Electronic Learning (E-learning), Trace, Regulation, Dashboard.

ملخص

تطورت بيئات التعلم الرقمية اليوم مع تنوع التطور التكنولوجي لتزويد المتعلمين بتعلم أفضل عبر الإنترنت. للقيام بذلك، ركز العديد من الباحثين والمطورين على مجال تحليلات التعلم، والذي يركز بدوره على جمع البيانات والتبعات المتعلقة بالمتعلمين الذين يجب عليهم التنظيم الذاتي من أجل تحقيق تعلم أفضل عن بعد. السؤال إذاً هو كيف نستطيع تقديم ملاحظات / ردود فعل للمتعلمين حول مسارهم وتمكينهم من تحقيق ذلك؟ لهذا، نقترح حلاً، بفضل تحليل التعلم الذي يسمح بتزويدهم بهذه الملاحظات حتى يتمكنوا من متابعة تعلمهم والتقدم من خلال أداة التنظيم الذاتي في شكل لوحة قيادة التعلم تقدم استراتيجيات الدراسة واقتراحات التنظيم بشأن طريقة دراستهم.

الكلمات الرئيسية:

تحليلات التعلم، التعلم الذاتي التنظيم، التعلم الإلكتروني، التتبع، التنظيم، لوحة معلومات

Table des figures.....	9
Liste des tableaux.....	10
Liste des abréviations.....	11
Introduction générale.....	13
1. Apprentissage numérique et autorégulation	15
1.1. Introduction.....	15
1.2. Apprentissage Numérique (e-learning)	15
1.2.1. Formes du e-learning	16
1.2.2. <i>Les Implications du e-learning sur l'Education</i>	17
1.2.3. Les Technologies de l'Education (<i>EdTech</i>)	17
1.2.4. Systèmes de Gestion de l'Apprentissage	18
1.2.5. Monitoring de l'Apprentissage.....	19
1.2.6. Mirroring (rétroaction) de l'Apprentissage.....	20
1.3. L'Apprentissage Autorégulé (SRL)	21
1.3.1. Développement de l'Apprentissage Autorégulé	22
1.3.2. Modèles d'Apprentissage Autorégulé	23
1.3.2.1. Modèle de Zimmerman	23
1.3.2.2. Modèle de Boekaerts.....	24
1.3.2.3. Modèle de Winne et Hadwin	25
1.3.2.4. Modèle de Pintrich	26
1.3.2.5. Comparaison des modèles	27
1.3.3. Stratégies utilisées durant l'Apprentissage Autorégulé.....	28
1.4. Conclusion.....	32
2. Analyse de l'Apprentissage	33
2.1. Introduction.....	33
2.2. Définition de l'Analyse de l'Apprentissage (LA).....	33
2.2.1. <i>Finalités de l'Analyse de l'Apprentissage (LA)</i>	34
2.2.2. Cycle de Vie de l'Analyse de l'Apprentissage (LA).....	34
2.2.3. Processus de l'Analyse de l'Apprentissage :	35
2.2.4. Techniques et Méthodes de l'Analyse de l'Apprentissage :	37

2.3. Traces et Systèmes à base de traces	37
2.3.1. Notion de Trace Numérique.....	37
2.3.2. Système à Base de Trace (TBS).....	38
2.4. Indicateur d'Auto-inspection	39
2.4.1. Calcul d'un Indicateur	39
2.4.2. Utilisation et Rôle des Indicateurs.....	40
2.4.3. Exemples d'Indicateurs.....	41
2.5. Travaux Antérieurs sur le Calcul des Indicateurs à partir des Traces d'Interaction	42
2.5.1. L'outil MoodDog à partir des traces Moodle	42
2.5.2. L'outil TACSI à partir des traces Moodle	43
2.6. Tableaux de Bord d'Apprentissage	44
2.6.1. Visualisation de l'Information et Analyse Visuelle	44
2.6.2. Tableau de Bord d'Apprentissage (LAD).....	45
2.6.3. Rôles et Valeurs des LADs	45
2.6.4. Quelques Exemples des LADs	46
2.7. Conclusion	46
3. Proposition d'un Outil d'Assistance à l'Autorégulation;;	48
3.1. Introduction	48
3.2. Description de la Solution	48
3.2.1. Sélection d'un Modèle et de Stratégies SRL adaptés au Contexte du e-learning	49
3.2.1.1. Choix du Modèle d'Autorégulation à Utiliser :	49
3.2.1.2. Choix des Stratégies à Implémenter :.....	50
3.2.2. Sélection des Indicateurs d'Auto-inspection et des Traces d'Interactions	51
3.2.2.1. Sélection des indicateurs à utiliser	52
3.2.2.2. Sélection des traces d'interaction à utiliser	53
3.3. Fonctionnement général de l'outil	54
3.4. Conclusion	56
4. Conception et Réalisation	57
4.1. Introduction	57
4.2. Architecture de l'Outil	57
4.3. Conception de l'Outil	58

4.3.1. Diagramme de Cas d'Utilisation	58
4.3.3. Diagramme de Classe	60
4.4. Choix des Technologies	63
4.5. Mise en Œuvre du Moteur d'Analyse	64
4.5.1. Méthodes et Algorithmes de Calcul des Indicateurs	65
4.5.2. Génération des suggestions de régulation.....	66
4.6. Interfaces de l'Application de Rendu	69
4.6.1. Interface d'Accueil.....	69
4.6.2. Interface d'Ajout d'un Cours	70
4.6.3. Interface du Tableau de Bord.....	71
4.7. Conclusion.....	73
Conclusion Générale et Perspectives	74
Bibliographie	77

Table des figures

Figure 1.1 : Monitoring, sensibilisation et réflexion.....	20
Figure 1.2 : Les phases cycliques du modèle SRL de Zimmerman (Zimmerman, 2000).....	24
Figure 1.3 : Modèle d'autorégulation à double traitement de Boekaerts (Boekaerts, 2011).....	25
Figure 1.4 : Les 4 principales phases de modèle SRL de Winne et Hadwin (Winne et Hadwin, 1998)....	26
Figure 2.1 : Cycle de l'analyse de l'apprentissage.....	35
Figure 2.2 : Processus d'analyse de l'apprentissage.....	36
Figure 2.3 : Principe général d'un TBS.....	39
Figure 2.4 : Processus de calcul d'un indicateur.....	40
Figure 2.5 : Calcul d'un indicateur un utilisant des règles de calcul.....	40
Figure 2.6 : Calcul et utilisation des indicateurs.....	41
Figure 2.7: Architecture de MooDog.....	43
Figure 2.8 : Communication entre TACSI et Moodle.....	44
Figure 2.9 : Processus de visualisation de l'information.....	45
Figure 3.1 : Mise en pratique des quatre principales phases du modèle de Winne et Hadwin.....	50
Figure 3.2 : Les stratégies d'apprentissage choisies.....	51
Figure 3.3 : Stratégies d'autorégulation et leurs indicateurs de mesures.....	52
Figure 3.4 : Schéma représentant le fonctionnement général de l'outil.....	54
Figure 4.1 : Architecture générale de l'outil.....	58
Figure 4.2 : Diagramme de cas d'utilisation.....	59
Figure 4.3 : Diagramme de classe.....	60
Figure 4.4 : les technologies utilisées.....	63
Figure 4.5 : Fonctionnement du moteur d'analyse.....	65
Figure 4.6 : La page d'accueil.....	70
Figure 4.7 : La page Ajouter un cours.....	71
Figure 4.8 : Un exemple d'un tableau de bord d'un cours.....	72

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Les différentes formes de E-learning.....	17
Tableau 1.2 : Les pistes de réflexion.....	21
Tableau 1.3 : Les domaines de régulation du modèle SRL de Pintrich.....	27
Tableau 1.4 : Les 3 phases des modèles cycliques d'autorégulation.....	27
Tableau 1.5 : Accentuation sur la cognition, la motivation et les émotions dans les 4 modèles.....	27
Tableau 1.5 : Résumé des stratégies d'apprentissage autorégulé.....	31
Tableau 2.1 : Les étapes de l'analyse de l'apprentissage.....	36
Tableau 2.2 : Exemples des indicateurs d'auto-inspection.....	42
Tableau 2.3 : Résumé de quelques tableaux d'apprentissage.....	46
Tableau 3.1 : Les traces permettant de calculer les indicateurs d'auto-inspection.....	53
Tableau 3.2 : Conseils d'application des stratégies de régulation.....	56
Tableau 4.1 : Description du diagramme de cas d'utilisation.....	59
Tableau 4.2 : dictionnaire de données.....	62
Tableau 4.4 : Suggestion de régulation pour une durée d'accès trop courte.....	66
Tableau 4.5 : Suggestion de régulation pour le non suivi de la stratégie de régulation.....	67
Tableau 4.6 : Suggestions de régulation pour le non suivi de la stratégie de réalisation des exercices proposés.....	67
Tableau 4.7 : Suggestions de régulation pour le non suivi de la stratégie de demande d'aide.....	68
Tableau 4.8 : Suggestions de régulation pour un grand nombre de relecture d'un même chapitre.....	69

Liste des abréviations

BD Base de Données

CAL Computer Assisted Learning

CBL Computer Based Learning

CBT Computer Based Training

Cedefop Centre européen pour le développement de la formation professionnelle

COPEN Conditions, Operations, Produits, Evaluations, Normes

CSS *Cascading Style Sheets*

E-learning Electronic-Learning

EDM Educational Data Mining

EdTech *Educational Technologies*

JS Java Script

HTML Hyper Text Markup Language

ITS Intelligent Tutoring System

LA Learning Analytics

LAD Learning analytics dashboard

LMS Learning management systems

MOOC Massive Open Online Courses

Moodle Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment

MooDog Moodle Tracking System

MVC Modèle, Vue, Contrôleur

MySQL My Structured Query Language

SRL Self-Regulated Learning

TACSI Tuteur d'Activité Collective, pour assurer un Suivi Individualisé

TBS Trace Based System

TIC Technologies de l'Information et de la Communication

VLE Virtual Learning Environnements

WAMP Windwos, Apache, MySql, PHP

webCT web Course Tools

Introduction Générale

Contexte de travail

L'éducation est l'un des domaines les plus touchés par le changement technologique : les approches et les contextes d'apprentissage évoluent rapidement vers une utilisation de plus en plus élevée des technologies de l'information. Cela a conduit à l'adoption généralisée de l'apprentissage à distance ou mixte, à l'émergence de portails éducatifs en ligne et à une augmentation du nombre d'inscriptions aux cours proposés sur ce type de plateformes. En conséquence, de plus en plus de ressources pédagogiques sont mises en ligne par des milliers d'auteurs de cours et consultées par des millions d'apprenants chaque jour, à la fois pour une référence rapide et pour une étude approfondie et ciblée (Sadallah, 2019).

De plus, avec l'utilisation généralisée des plates-formes d'apprentissage dotées de capacités de journalisation (*logging capabilities*), différentes données sur les interactions des apprenants au sein de ces plateformes sont saisies et mises à disposition pour étude. Le domaine émergent du *learning analytics* (analyse de l'apprentissage) a pour objectif d'extraire de nouvelles connaissances en se basant sur l'analyse de données sur les apprenants et leurs activités (telles que renseignées par leurs traces - logs - d'interaction avec la plateforme).

Problématique

La recherche initiale sur l'analyse de l'apprentissage s'est principalement concentrée sur la production de données à l'intention des fournisseurs de cours sur l'engagement et le rendement des étudiants. L'objectif aujourd'hui est de trouver les moyens d'offrir de la rétroaction directement aux étudiants. La valeur de la rétroaction dans l'apprentissage des apprenants est reconnue depuis longtemps, dans la mesure où elle représente un élément clé de leur autorégulation, en leur permettant de suivre leurs progrès par rapport à leurs objectifs et de modifier leurs stratégies pour les atteindre.

Une façon de leur fournir cette rétroaction en utilisant l'analyse de l'apprentissage est d'utiliser des tableaux de bord pour les suivre tout au long de leur processus d'apprentissage. Les tableaux de bord constituent une forme d'analyse de l'apprentissage qui prend les données d'un étudiant et les lui présente dans le but de les aider à améliorer son auto-évaluation et par conséquent son autorégulation.

Objectif du travail

L'objectif principale de notre travail est de proposer un outil d'assistance à l'autorégulation sous forme de tableau de bord afin d'aider les étudiants à s'autoréguler durant leur apprentissage sur des plateformes de

cours en ligne et à réussir. Et cela en leur proposant des stratégies d'études à adopter tout en leur offrant un suivi durant leur parcours.

Organisation du mémoire

Notre mémoire a été rédigé selon l'organisation suivante :

- Chapitre 1 : Initiation à l'apprentissage numérique et à l'autorégulation.
- Chapitre 2 : Présentation de l'analyse de l'apprentissage et des notions des indicateurs d'auto-inspection des traces d'interaction.
- Chapitre 3 : Proposition d'une solution d'autorégulation pour l'apprentissage numérique en se basant sur l'analyse de l'apprentissage.
- Chapitre 4 : Conception et implémentation de la solution proposée et présentation de ses différentes interfaces.

Pour finir, une conclusion générale est proposée afin de récapituler les principaux points abordés et de proposer des perspectives d'améliorations.

Chapitre 1

Apprentissage Numérique et Autorégulation

1.1. Introduction

Les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) sont en train de révolutionner le secteur de l'éducation et de remodeler profondément la façon dont les enseignants offrent leurs cours et dont les étudiants en tirent des enseignements. L'émergence puis l'adoption des différentes formes d'apprentissage numérique par des organismes et des institutions de formation ont permis à de nombreux étudiants d'en tirer des avantages peu existants dans l'apprentissage présentiel classique, à savoir la flexibilité, l'accessibilité, ainsi que l'accès à un contenu adapté et personnalisable. Par conséquent, une partie importante de l'apprentissage se fait aujourd'hui en ligne, à distance et de plus en plus de manière autonome. Contrairement au milieu présentiel où le temps est généralement structuré autour des cours et où chacun suit un horaire fixe, les apprenants en ligne doivent déterminer quand et comment s'engager de leur propre chef dans le contenu des cours. Ce phénomène est particulièrement prononcé dans le contexte de l'apprentissage informel où les environnements éducatifs permettent une grande diversité de profils (âges, origines, besoins) et des comportements très distincts des apprenants (en termes d'usages, de temps, de préférences, etc.). En raison de cette diversité et en l'absence de soutien et d'intervention directs d'un instructeur, les apprenants sont censés assumer la responsabilité de leur processus d'apprentissage et à avoir la capacité à le réguler correctement, ce qui constitue une compétence essentielle pour atteindre les objectifs d'apprentissage. Les apprenants sont appelés à être très autonomes et à disposer d'un grand sens de responsabilité, d'autant plus que certains environnements d'apprentissage en ligne offrent peu de support et d'assistance.

Dans un premier temps, nous allons aborder l'apprentissage numérique et ses implications sur l'éducation, ainsi qu'une introduction au monitoring et au mirroring de l'apprentissage. Nous passerons ensuite à l'apprentissage autorégulé et l'obligation qu'ont les étudiants à s'y initier et présenté ses différents modèles.

1.2. Apprentissage Numérique (e-learning)

Le Cedefop¹ définit l'apprentissage comme étant le processus par lequel un individu assimile des informations, des idées et des valeurs et acquiert de la sorte des connaissances, savoir-faire, qualifications et/ou compétences. Les psychologues s'entendent à le caractériser comme étant une conséquence directe

1 Centre européen pour le développement de la formation professionnelle

de la façon dont les apprenants interprètent et réagissent à leurs expériences résultant en « un changement de comportement relativement permanent dû à l'expérience passée » (Coon, 1983). Ce changement peut advenir au niveau des connaissances, de l'attitude, et du comportement.

Le terme e-learning (ou *electronic-learning*) quant à lui désigne l'ensemble des solutions et moyens technologiques permettant l'apprentissage par des moyens électroniques. Ally (2004) définit l'apprentissage en ligne comme étant « L'utilisation d'Internet qui permet d'accéder à des ressources pédagogiques, à des enseignants, à d'autres apprenants et à des supports, et ceci, durant un processus d'apprentissage, dans l'objectif d'acquérir des connaissances, des compétences et de l'expérience (traduction libre). » (Ally, 2004). Pour Rosenberg et Foshay (2002), il consiste à utiliser les technologies Internet pour fournir un large éventail de solutions qui améliorent les connaissances et les performances. Pour ces auteurs, l'apprentissage en ligne repose sur les critères fondamentaux suivants (Rosenberg et Foshay, 2002) :

1. Il est mis en réseau : par conséquent, la mise à jour, le stockage et la recherche, la distribution et le partage d'informations sont possibles instantanément.
2. Il est fourni à l'utilisateur final en utilisant les technologies Internet standard.
3. Il se concentre sur la vision la plus large de l'apprentissage, allant au-delà des paradigmes traditionnels de la formation.
4. Il implique l'utilisation d'un dispositif électronique (par exemple, un ordinateur, un téléphone portable) d'une manière ou d'une autre pour fournir des ressources de formation, d'éducation ou d'autres ressources d'apprentissage.

1.2.1. Formes du e-learning

Selon (Romiszowski, 2003), il existe deux grandes catégories de formation en ligne (Tableau 1.1) :

- L'apprentissage en ligne ou hors ligne,
- L'apprentissage autonome ou collaboratif.

Le E-learning est généralement basé sur une combinaison de ces deux niveaux. Par exemple, un enseignant peut commencer sa leçon en publiant un exercice sur le site Web qui nécessite la collecte d'informations ; il peut ensuite décider de fournir des ressources dans un cours en ligne téléchargeable. Au même temps, l'enseignant peut fournir des réunions en ligne via le chat pour clarifier certains concepts. Enfin, les étudiants peuvent poser des questions sur les cours, l'organisation de l'enseignement et même les méthodes de contrôle dans les forums de cours.

	Apprentissage autonome	Apprentissage collaboratif/coopératif
Apprentissage en ligne, communication synchrone en temps réel	Surf sur internet, accès à des sites contenant des informations utiles pour une formation	Chat-room avec ou sans vidéo, Audio/Vidéoconférence
Apprentissage hors ligne, communication asynchrone	Téléchargement d'objet pour une utilisation locale	

Tableau 1.1 : Les différentes formes de E-learning

Toutes les méthodes modernes d'apprentissage ligne ont en commun l'utilisation d'Internet. En intégrant en plus, une technologie informatique relativement ancienne, notamment l'enseignement assisté par ordinateur (CAL Computer Assisted Learning ou en français, EAO : Enseignement assisté par ordinateur, CBL : Computer Based Learning, CBT : Computer Based Training, ITS : Intelligent Tutoring System) ou l'enseignement à distance (EAD).

1.2.2. Les Implications du e-learning sur l'Education

De plus en plus, des établissements d'enseignement dans le monde sont désormais entièrement basés sur des cours en ligne. L'apprentissage en ligne est devenu un mode d'apprentissage et d'enseignement courant, tant dans les établissements d'enseignement à distance que dans les universités traditionnelles, les établissements de formation continue et la formation sur le lieu de travail, et il a récemment été étendu aux écoles primaires et secondaires.

Aujourd'hui, une partie importante de l'apprentissage se fait en ligne, devenant plus autodirigé, ouvert et informel. L'apprentissage est passé d'une approche centrée sur l'enseignant (classe traditionnelle) à une approche centrée sur l'apprenant, ce qui rend les apprenants plus responsables de leur propre apprentissage (Gros et García-Peñalvo, 2016). Cela a conduit à la croissance de l'apprentissage personnalisé, auquel cas les individus devraient assumer plus de responsabilités pour guider leur propre apprentissage. (Knowles, 1975) définit l'apprentissage autodirigé comme un processus dans lequel les individus peuvent :

- Diagnostiquer activement leurs besoins d'apprentissage avec ou sans l'aide d'autrui,
- Fixer des objectifs,
- Déterminer les ressources humaines et le matériel,
- Sélectionner et mettre en œuvre les stratégies appropriées,
- Evaluer les résultats.

Cependant, le succès de cette forme d'apprentissage nécessite que les apprenants soient capables de s'autodiriger et s'auto-corriger, ce qui requiert des compétences que ces derniers n'ont pas toujours.

1.2.3. Les Technologies de l'Education (EdTech)

Différentes technologies sont utilisées pour faciliter l'apprentissage et aider les étudiants, en combinant des dispositifs informatiques, des logiciels et des théories et pratiques éducatives (Kennedy, 2018). Le domaine

de la technologie éducative (EdTech) s'intéresse aux processus d'analyse, de conception, de développement, de mise en œuvre et d'évaluation de l'environnement pédagogique et du matériel d'apprentissage afin d'améliorer l'enseignement et l'apprentissage (Kurt, 2015). Son objectif principal et fondamental est donc d'aider les gens à apprendre. L'EdTech couvre un large éventail de technologies informatiques qui peuvent être enseignées et / ou apprises simultanément. On peut citer :

- *La formation assistée par ordinateur* (Computer-Assisted-Learning) : toute forme de formation dispensée par le biais d'un support informatique interactif, ou par le biais d'un ordinateur en plus du matériel supplémentaire tels que les manuels des étudiants, les aides au travail, etc.
- *La technologie de l'information et des communications* (TIC) : la technologie est le portail par lequel on interagit avec les informations. Le plus important, cependant, est la capacité des gens à manipuler l'information - à résoudre des problèmes et à penser de manière critique à l'information. Ces compétences sont appelées les technologies de l'information et de la communication (TIC). Les étudiants qui maîtrisent les TIC apprennent plus rapidement le contenu, résolvent les problèmes, deviennent plus indépendants et ont plus de contrôle sur l'apprentissage.
- *Les environnements d'apprentissage virtuel* (Virtual-Learning-Environments (VLE)) : un VLE est une plate-forme Web fournissant des versions numériques des cours et/ou de ses ressources. La plupart des systèmes VLE actuellement sont basés sur une architecture client-serveur. En général, le client est simplement un navigateur Web utilisé pour accéder aux pages HTML du serveur. Généralement, les utilisateurs d'un VLE sont divisés en deux classes principales : les étudiants et les tuteurs.
- *Les formations en ligne ouverte à tous* (Massive Open Online Courses (MOOC)) : un MOOC est un type ouvert de formation à distance pouvant accueillir un grand nombre de participants. Les MOOC sont un développement récent et largement étudié de l'enseignement à distance, introduit pour la première fois en 2008 et qui est devenu un mode d'apprentissage populaire en 2012. Entre fin 2011 et 2015, 550 établissements ont créé 4 200 cours qui, selon une étude de Class Central (Shah, 2015), ont touché plus de 35 millions de personnes dans le monde.
- *Systèmes de gestion de l'apprentissage* (Learning management systems (LMS)) : un LMS est un environnement destiné à automatiser la gestion de l'enseignement et de l'apprentissage, et à faciliter l'organisation et la fourniture de ressources éducatives aux étudiants. Un LMS met en œuvre des outils pour créer et structurer des cours riches et éventuellement multimédia, publier des tests et/ou des enquêtes, et partager divers outils, services et ressources multimédia pour soutenir le processus d'apprentissage.

1.2.4. Systèmes de Gestion de l'Apprentissage

Pour (Szabo et Flesher, 2002), un LMS peut être vu comme étant une infrastructure qui fournit et gère le contenu pédagogique, identifie et évalue les objectifs d'apprentissage ou de formation individuels et organisationnels, suit les progrès vers la réalisation de ces objectifs, et collecte et présente des données pour superviser le processus d'apprentissage d'une organisation dans son ensemble.

La clé pour comprendre la différence entre LMS et les autres termes de l'éducation informatique comme un VLE, est de comprendre la nature systémique du LMS : C'est le cadre qui traite tous les aspects du processus d'apprentissage.

Différents intervenants peuvent avoir différents objectifs en utilisant un LMS. Selon l'enquête de (Romero et Ventura, 2010) :

- Les étudiants utilisent généralement ces systèmes pour personnaliser leur apprentissage, examiner un contenu spécifique et lancer des discussions liées à la préparation aux examens.
- Les enseignants/instructeurs quant à eux l'utilisent pour donner et recevoir rapidement des commentaires sur leur enseignement et pour fournir un soutien opportun aux étudiants.

Un LMS peut donc contribuer énormément au bon déroulement de l'apprentissage ; Parmi ses rôles nous pouvons citer :

- Suivre le niveau de maîtrise de chaque apprenant, aider les enseignants à comprendre quel type d'orientation est nécessaire, fournir un enseignement et un séquençage appropriés, stocker les preuves de réussite et intégrer systématiquement toutes ces fonctions (schelechy, 1991). Cette description est étroitement liée à la fonction du LMS :
 - Évaluera les connaissances et les compétences actuelles des apprenants,
 - Travailler avec les enseignants et les apprenants pour déterminer les objectifs d'apprentissage appropriés,
 - Identifier et séquencera l'enseignement approprié pour l'apprenant individuel,
 - Évaluer les produits de performance de l'apprenant,
 - Stocker les preuves des réalisations,
 - Soutenir la collaboration et générera des rapports pour fournir des informations afin de maximiser l'efficacité de l'organisation d'apprentissage entière.
- L'enseignement actuel évoluera vers une approche centrée sur l'apprenant, les enseignants ne serviront plus principalement de sources de connaissances, mais deviennent plutôt des facilitateurs durant processus d'apprentissage en agissant comme mentors et encadreurs et cela à mesure que les étudiants deviendront plus actifs dans leur processus d'apprentissage (McCombs et Whisler, 1997).

De nos jours, il existe plusieurs plateformes LMS. Parmi les plus populaires on trouve :

- Plateformes libres (Open source): Moodle², Canvas³, dotLRN⁴, ATutor⁵, Sakai⁶.
- Plateformes commerciales : Blackboard Learn⁷, Intralearn⁸, Desire2Learn⁹.

1.2.5. Monitoring de l'Apprentissage

Le monitoring est une fonction qui consiste à analyser les données de manière systématique et continue afin de pouvoir prendre des mesures si la mise en œuvre s'écarte des résultats escomptés. Les apprenants peuvent se surveiller (se monitorer) eux-mêmes (autosurveillance), ou être supervisés par une autre personne telle qu'un enseignant. Dans ce dernier cas, le suivi et le contrôle peuvent avoir comme objet les

2 <https://moodle.org/>

3 <https://www.canvas.net/>

4 <http://dotlrn.org/>

5 <https://atutor.github.io/>

6 <https://www.sakailms.org/>

7 <https://www.blackboard.com/>

8 <https://www.intralearn.com/>

9 <https://www.d2l.com/>

activités d'apprentissage (processus) ou leurs résultats (produits) ((Florian-Gaviria et al., 2013) cité dans Rodríguez-Triana, 2017)). Pour cela des informations sur leur processus d'apprentissage doivent être retransmises aux apprenants, comme le montre la définition de ((Marriott et Goyder, 2009) cité dans Sadallah, 2019)) : Le monitoring est une fonction permanente qui repose sur la collecte systématique de données sur des indicateurs spécifiques pour fournir aux divers participants à une activité d'apprentissage des indications sur les progrès et les résultats de cette activité.

Le monitoring est une étape importante au bon déroulement de l'apprentissage. La figure 1.1 représente la nécessité du monitoring à la prise de décision, en précédant la sensibilisation et la réflexion (Rodríguez-Triana, 2017) :

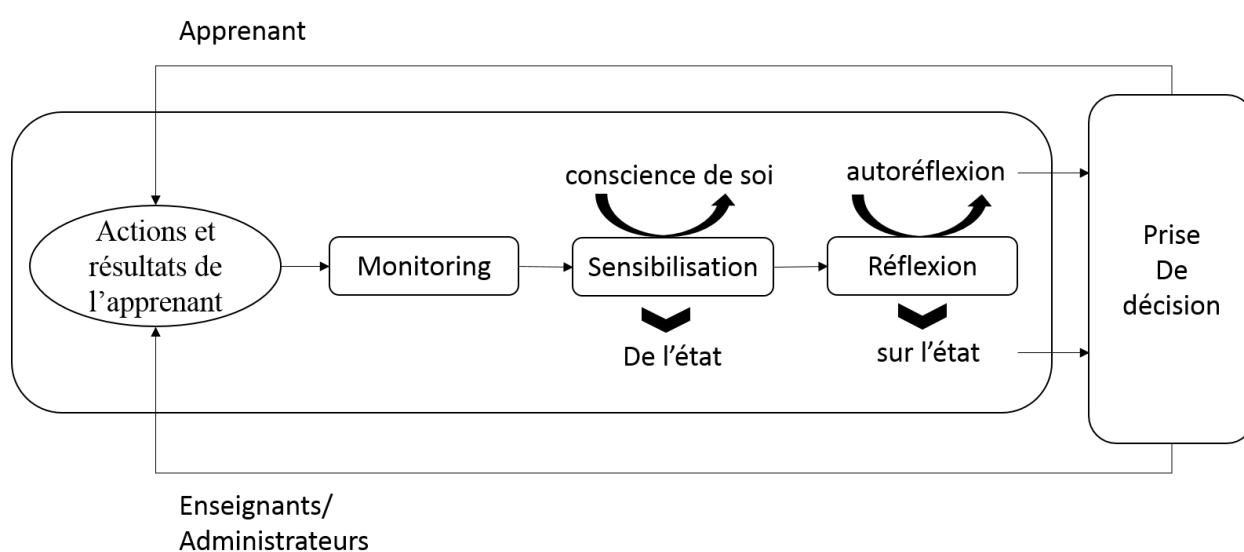


Figure 1.1 : Monitoring, sensibilisation et réflexion

- Sensibilisation : Pour les apprenants, la sensibilisation se réfère au processus cognitif consistant à être conscient de son propre état de compréhension et de progrès (conscience de soi) ((Dillenbourg et al., 2011) cité dans (Rodríguez-Triana, 2017)). Elle, permet de déduire l'état actuel de la connaissance de l'apprenant ou des objets d'apprentissage.
- Réflexion : Elle s'appuie sur la sensibilisation. Selon ((Hoyrup et Elkjær, 2006) cité dans (Rodríguez-Triana, 2017)) la réflexion exige généralement un esprit critique pour examiner l'information présentée, réfléchir sur ses expériences, remettre en question leur validité et tirer des conclusions critiques. Il peut s'agir d'une autoréflexion qui permet aux apprenants de se faire une idée de leurs expériences ou bien d'une réflexion menée par d'autres personnes (comme les enseignants ou les administrateurs). Elle conduit à la prise de décision qui influence les activités d'apprentissage ultérieures.

1.2.6. Mirroring (rétroaction) de l'Apprentissage

La rétroaction est considérée comme l'un des facteurs les plus puissants qui influencent le rendement et la rétention des apprenants, elle consiste à fournir de l'information à la suite d'une tâche effectuée par un étudiant à un moment donné dans la séquence d'enseignement et d'apprentissage. Elle fait partie d'une

approche qui vise à surveiller l'apprentissage afin de s'assurer que les apprenants peuvent répondre aux critères de réussite établis et s'adapter aux nouveaux besoins. Pour (William, 2010), la rétroaction constitue une composante essentielle du processus d'apprentissage car elle contribue à maintenir leur engagement et à soutenir leur persévérance dans les tâches d'apprentissage complexes.

Le mirroring a pour mission de fournir aux apprenants des pistes de réflexion sur quatre dimensions de leur travail qui sont énumérées dans Tableau 1.2 (Rodet, 2000) :

<i>Dimension</i>	<i>Fonction</i>
Cognitive	<ul style="list-style-type: none"> - Corriger les erreurs - Préciser ce qui manque - Souligner la justesse de la réponse
Métacognitive	<ul style="list-style-type: none"> - Valider le processus utilisé - Proposer d'autres façons d'arriver à la bonne réponse
Méthodologique	<ul style="list-style-type: none"> - Qualifier la structure générale du travail - Commenter l'utilisation des stratégies d'organisation du contenu (tableaux, schémas, figures)
Affective	<ul style="list-style-type: none"> - Complimenter les forces du travail ou de la production - Confirmer les principaux apprentissages

Tableau 1.2 : Les pistes de réflexion

La rétroaction a donc pour finalité d'aider les apprenants à maximiser et optimiser leur potentiel à différents niveaux de la formation. Elle leur permet notamment de prendre conscience de leurs points forts et des domaines à améliorer, et d'identifier les actions à entreprendre pour améliorer les performances.

1.3. L'Apprentissage Autorégulé (SRL)

Chaque auteur a sa propre approche et sa propre définition de l'apprentissage autorégulé, bien qu'ils partagent tous certains points communs. (Pintrich, 1995) souligne trois dimensions présentées dans la plupart des définitions de l'apprentissage autorégulé : le comportement, la motivation et l'affect, et la cognition. Par conséquent, il définit l'apprentissage autorégulé comme étant un processus actif et constructif par lequel les apprenants fixent des objectifs pour leur apprentissage et tentent ensuite de surveiller, de réguler et de contrôler leur cognition, leurs intentions et leur comportement, guidés et limités par leurs objectifs et les caractéristiques contextuelles de l'environnement. Pour (Zimmerman et al., 2000), l'apprentissage autorégulé implique un regard critique de l'apprenant sur ses processus d'apprentissage afin d'en améliorer les résultats, donc d'établir un lien entre ses efforts les efforts faits par l'apprenant, les stratégies utilisées et les résultats qui en découlent.

Une caractéristique commune des différentes définitions de l'apprentissage autorégulé est que l'apprenant qui développe l'apprentissage autorégulé n'est pas un participant passif au processus d'apprentissage, mais un acteur impliqué : « S'autoréguler est un processus coûteux en temps et en effort dans lequel on ne peut s'engager que si l'activité est investie d'une valeur suffisante et que l'on se perçoit suffisamment compétent pour la mener à son terme » (Cosnefroy, 2011). L'apprenant s'implique donc dans son processus d'apprentissage dans un contexte d'apprentissage autorégulé, et ce peu importe l'approche.

1.3.1. Développement de l'Apprentissage Autorégulé

La recherche sur l'autorégulation s'est rapidement développée en ce qui concerne divers aspects de la capacité des apprenants à se concentrer et à apprendre de manière optimale dans différentes situations académiques et sociales (Shanker, 2013). Selon (Zimmerman, 1990), les apprenants autodirigés se distinguent par leur utilisation systématique de stratégies métacognitives, motivationnelles et comportementales, leur réceptivité au retour d'information concernant l'efficacité de leur apprentissage et leur propre perception des résultats pédagogiques.

Les aptitudes à s'autoréguler diffèrent entre apprenants, mais peuvent être apprises et développées. Pour ce faire, (Zimmerman et all., 2000) suggèrent d'implémenter dans l'ordre les quatre étapes du cycle d'apprentissage autorégulé suivant :

- 1) autoévaluation et autocontrôle ;
- 2) planification et fixation d'objectifs;
- 3) application de la stratégie et suivi et contrôle des résultats;
- 4) amélioration de la stratégie.

Diverses compétences doivent être renforcées chez l'apprenant afin de permettre le développement d'un apprentissage autorégulé, notamment (Zimmerman et all., 1996) :

- la gestion du temps
- l'adaptation de ses actions au retour d'information obtenu
- la fixation des objectifs par l'apprenant
- la comparaison de ses réalisations avec les résultats précédents et l'analyse de la tâche d'apprentissage à effectuer
- l'utilisation d'une stratégie choisie dans des contextes structurés
- la planification et l'amélioration de la stratégie pour atteindre l'objectif fixé précédemment
- le contrôle de la précision de la mise en œuvre de cette stratégie et l'attention portée aux liens entre les résultats d'apprentissage et les approches stratégiques mises en œuvre.

Plusieurs chercheurs s'entendent à dire que l'enseignant a une grande part de responsabilité dans l'enseignement des compétences menant à l'apprentissage autorégulé. Le développement de l'apprentissage autorégulé se ferait soit par motivation intrinsèque, soit par intervention de l'enseignant. Or, mis à part un élève qui a des préférences d'apprentissage et la motivation de développer l'apprentissage autorégulé, c'est l'intervention de l'enseignant qui permet de le développer (Buisse, 2007).

1.3.2. Modèles d'Apprentissage Autorégulé

Différents modèles d'autorégulation abordent une variété de domaines de recherche : la régulation des émotions, l'apprentissage collaboratif, l'auto-évaluation, etc. Par conséquent, selon leurs besoins et objectifs, les chercheurs utilisent et parfois élaborent des modèles adaptés (Panadero, 2017). Selon (Cosnefroy, 2010), tous ces modèles partagent quatre présupposés quant aux conditions requises pour pouvoir prendre le contrôle de l'apprentissage

- une motivation initiale suffisante
- la définition d'un but à atteindre
- la possibilité de recourir à des stratégies d'autorégulation
- la capacité à s'auto-observer.

Il existe de nombreux modèles dans la littérature. Nous avons choisi de discuter les quatre modèles les plus communément utilisés car ayant un fondement théorique et/ou empirique solide (Panadero, 2017) : Zimmerman; Boekaerts; Winne et Hadwin et Pintrich.

1.3.2.1. Modèle de Zimmerman

Le modèle proposé par (Zimmerman, 2000) est probablement le modèle SRL le plus connu. Il insiste particulièrement sur deux facettes indissociables de l'autorégulation : une autorégulation proactive, créatrice de buts et de plans d'action, et une autorégulation réactive destinée à dépasser les obstacles empêchant l'atteinte du but.

Le modèle est organisé en trois phases représentées sur Figure 1.2 : prévoyance, performance et autoréflexion. Dans la phase de prévoyance, les apprenants analysent la tâche, fixent des objectifs et planifient. Dans la phase de performance, les élèves effectuent réellement la tâche, tout en surveillant leurs progrès, et en utilisent plusieurs stratégies. Enfin, dans la phase d'autoréflexion, les élèves évaluent comment ils ont accompli la tâche, en attribuant leur réussite ou leur échec (Panadero, 2017) :

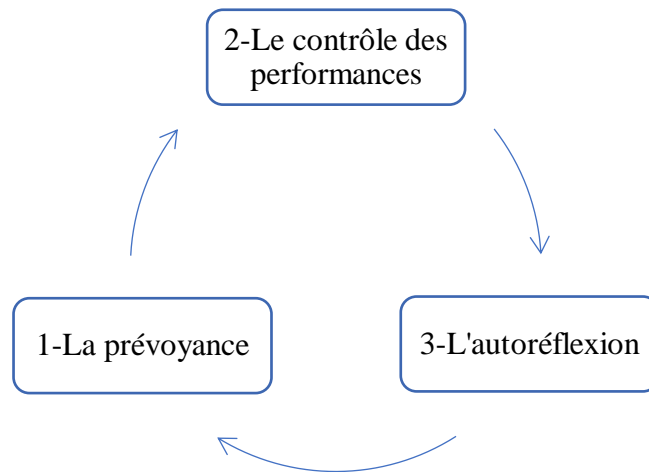


Figure 1.2 : Les phases cycliques du modèle SRL de Zimmerman (Zimmerman, 2000)

1.3.2.2. Modèle de Boekaerts

Le modèle proposé par (Boekaerts, 2011) décrit l'autorégulation comme un ensemble de processus de régulation dynamiques et interactifs (Figure 1.3). Il fait entrer dans sa conception de l'apprentissage autorégulé la notion d'émotion car toute situation d'apprentissage va générer directement ou indirectement un champ d'émotions qui va impacter le sentiment de bien-être. Il se base sur les évaluations des apprenants, étapes cruciales car elles attribuent un sens aux tâches d'apprentissage et aux situations. Les apprenants démarrent une activité d'apprentissage dans un mode conscient ensuite ils forment une représentation mentale rapide de la situation. Durant l'apprentissage, s'ils perçoivent que la tâche pourrait menacer leur bien-être, des cognitions et des émotions négatives sont déclenchées et des stratégies sont alors utilisées, et ainsi les élèves s'engagent sur une voie de bien-être. En revanche, si la tâche est conforme aux objectifs et aux besoins des élèves, ils voudront amplifier leurs compétences, et déclencher de ce fait des cognitions et des émotions positives, et donc à passer sur le chemin de la maîtrise / croissance (Boekaerts, 2011).

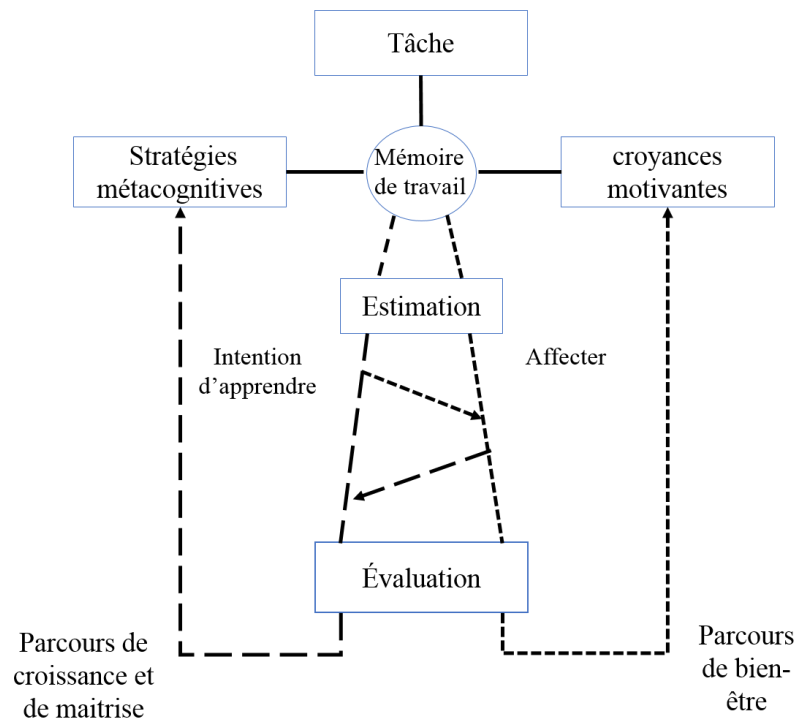


Figure 1.3 : Modèle d'autorégulation à double traitement de Boekaerts (Boekaerts, 2011)

1.3.2.3. Modèle de Winne et Hadwin

Le modèle introduit par (Winne et Hadwin, 1998) se base sur le postulat que l'autorégulation est un processus de base des apprentissages et par conséquent, la question à traiter est de savoir comment avoir un apprentissage autorégulé efficace. Ce modèle suppose que l'apprentissage se déroule en quatre étapes de base (figure 1.4) : définition des tâches, fixation et planification des objectifs, mise en œuvre des stratégies et enfin adaptation à la métacognition (Winne, 2001). La première phase, qui consiste à définir la tâche, est caractérisée par la perception qu'a l'apprenant de la tâche à réaliser. La deuxième phase est le choix des buts, la fixation des objectifs et une planification pour les atteindre. La troisième phase est la mise en place des stratégies planifiées lors de l'étape précédente, et la dernière étape est celle de l'adaptation des techniques d'apprentissage durant laquelle l'apprenant peut décider d'apporter des modifications à ses croyances, à sa motivation et à ses stratégies.

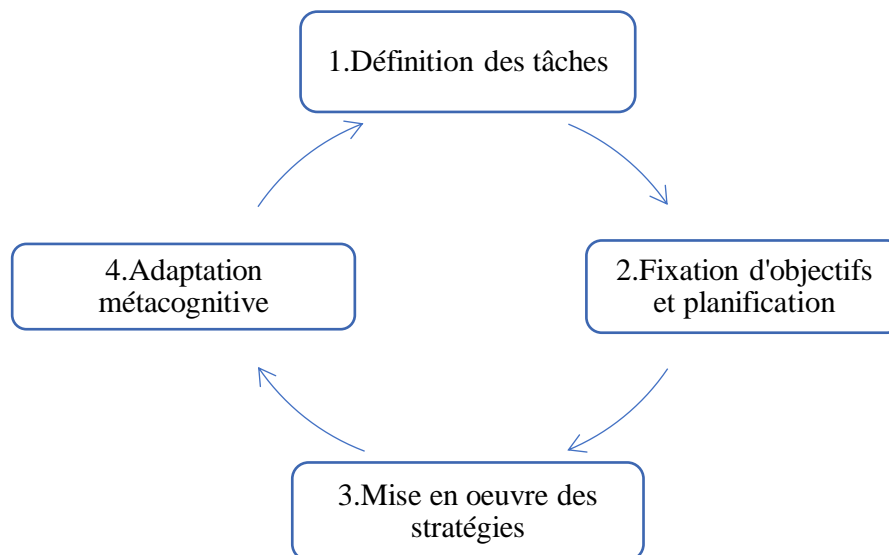


Figure 1.4 : Les 4 principales phases de modèle SRL de Winne et Hadwin (Winne et Hadwin, 1998)

1.3.2.4. Modèle de Pintrich

Le modèle SRL proposé par (Pintrich, 2000) s'est orienté principalement vers le concept de la motivation. Selon ce modèle, l'autorégulation se fait selon quatre phases : (1) la prévoyance, la planification et l'activation ; (2) Surveillance ; (3) Contrôle et (4) Réaction et réflexion. Chacun d'eux a quatre domaines différents de régulation (tableau 1.3) : cognition, motivation, comportement et contexte. Le tableau 1.3 explique ces phases en regard de leurs domaines de régulation.

Phases	Domaines de régulation				
	Cognition	Motivation	Comportement	Contexte	
1- Prévoyance, planification et activation	Fixation et planification d'objectifs	et Adoption des objectifs	des Planification du temps et efforts	et Perception de la tâche	
2- Surveillance (monitoring)	Sensibilisation + surveillance de la cognition	+ Sensibilisation + surveillance de la motivation	+ Sensibilisation + surveillance de l'effort, de l'utilisation du temps, du besoin d'aide	+ Surveillance de l'évolution des conditions de la tâche et du contexte	
3- Contrôle	Sélection et adaptation stratégies cognitives	et de gestion de la motivation	Sélection et des de la	- Augmentation/diminution de l'effort - Persister, abandonner - Recherche d'aide	Modification ou renégociation la tâche

4- Réaction et réflexion	Jugements cognitifs	Réactions affectives	Choix de comportement	- Évaluation de la tâche et du contexte
---------------------------------	---------------------	----------------------	-----------------------	---

Tableau 1.3 : Les domaines de régulation du modèle SRL de Pintrich

1.3.2.5. Comparaison des modèles

Dans ce qui suit, nous allons établir une comparaison de ces quatre modèles du point de vue de leurs phases, ainsi que l'accent qu'ils mettent sur la cognition, motivation et l'émotion.

Dans tous les modèles, les auteurs s'entendent à dire que le processus d'autorégulation est cyclique, toutefois chaque modèle présente différentes phases comme montré dans le tableau 1.4 (Panadero,2017) :

Modèles	Phase 1	Phase 2	Phase 3
Zimmerman	Prévoyance	Performance	Autoréflexion
Pintrich	Prévision, activation	planification, Surveillance, contrôle	Réaction et réflexion
Boekearts	Identification, interprétation, évaluation et établissement d'objectifs	Définition d'objectifs	Rétroaction
Winne et Hadwin	Définition des tâches, définition d'objectifs et planification	Application des tactiques et des stratégies	Métacognition

Tableau 1.4 : Les 3 phases des modèles cycliques d'autorégulation

Comme le montre le tableau 1.5 ci-dessous, l'importance donnée aux trois principaux domaines d'activité du SRL (cognition, motivation et émotions) diffère d'un modèle à un autre :

Modèles	Cognition	Motivation	Émotions
Zimmerman	++	++	++
Pintrich	++	++	++
Boekearts	+	++	+++
Winne et Hadwin	+++	+	+

Tableau 1.5 : Accentuation sur la cognition, la motivation et les émotions dans les 4 modèles

Pour Winne et Hadwin, l'étape de la cognition est la plus importante durant l'apprentissage, c'est la porte vers un apprentissage autorégulé. Pintrich et Zimmerman l'incluent dans leurs modèles mais affirment que la motivation précède la cognition et qu'avant tous les apprenants doivent avoir un certain degré de motivation pour pouvoir étudier. Boekaerts quant à lui mentionne la cognition mais ne lui associe pas de stratégies qui peuvent la favoriser (Panadero, 2017).

Concernant la motivation, Pintrich, Zimmerman et Boekaerts affirment que la motivation est le critère le plus important durant le processus d'apprentissage. Selon Zimmerman, la définition des objectifs est l'étape la plus importante qui permet l'autorégulation d'un étudiant. Quant à Winne et Hadwin, ils citent la motivation dans leur modèle ainsi que son rôle en aidant l'apprenant à mieux diriger son apprentissage, mais ne la considèrent pas comme suffisamment puissante pour mener l'étudiant vers la réussite (Panadero, 2017).

Dans le modèle de Boekaerts les émotions dirigent le processus d'autorégulation, durant l'apprentissage ce sont les émotions des apprenants concernant leurs avancement vers l'achèvement de leurs objectifs qui leur fait basculer soit sur la voie de bien-être ou sur la voie de la croissance et de la maîtrise. Pintrich et Zimmerman considèrent que les émotions ont leur rôle à jouer durant l'évaluation de leur travail et leur avancement, ce sont eux qui déterminent leurs réactions. Wine et Hadwin quant à eux mentionnent le rôle que jouent les émotions dans leur modèle mais ne s'y attardent pas (Panadero, 2017).

En résumé, les quatre modèles diffèrent dans quelques aspects du SRL. Dans un premier temps, bien que le processus d'autorégulation soit le même, ils proposent un enchaînement différent de ce dernier. Dans un second temps, chaque auteur s'intéresse différemment aux trois principaux domaines constituant le SRL à savoir la cognition, la motivation et les émotions. Les quatre auteurs ont donc la même perspective de l'apprentissage autorégulé, mais diffèrent sur la manière de le développer.

1.3.3. Stratégies utilisées durant l'Apprentissage Autorégulé

Les stratégies d'apprentissage sont des activités effectuées par l'apprenant afin de faciliter l'acquisition, l'entreposage, le rappel et l'application de connaissances au moment de l'apprentissage. Elles sont choisies en fonction du but à atteindre, des caractéristiques de la tâche et des ressources de la personne (Boulet, Savoie-Zajc et Chevrier, 1996).

Dans cette optique, plusieurs études ont été réalisées par différents chercheurs dans le domaine des stratégies d'apprentissage, dans lesquelles ils ont énuméré les stratégies les plus utilisées et les plus bénéfiques aux étudiants. Dans le tableau 1.5, nous avons résumé les stratégies citées dans quatre articles publiés dans le contexte des recherches menées dans le cadre du développement de l'apprentissage autorégulé, à savoir :

- Recherches portant sur les stratégies d'apprentissage autorégulées et leur impact sur le comportement de l'apprenant et l'atteinte des objectifs dans les MOOC (Rene et all., 2017).
- Une synthèse sur les outils et les plateformes d'apprentissage en ligne utilisés pour soutenir les stratégies de formation continue, en particulier pour les étudiants en informatique (Garcia et all., 2018).

- Une revue systématique réalisée en 2019, présentée durant la conférence mondiale sur l'apprentissage mobile et contextuel en septembre 2019, faite en sélectionnant des recherches antérieures publiées dans la période de janvier 2011 à mars 2019 (ElSayed et al., 2019).
- Un article publié par l'université du Connecticut, USA portant sur l'autorégulation où les stratégies d'autorégulation les plus couramment utilisées sont citées.¹⁰

Catégorie	Stratégies	Description
Métacognitive	Demande d'aide	Cette stratégie est positivement liée aux performances d'apprentissage en constituant une forme importante d'autorégulation comportementale (Karabenick & Newman, 2006).
	Suivi (Self-monitoring)	Le suivi permet aux apprenants d'évaluer leur progrès d'apprentissage ainsi que les objectifs prédéfinis, qui à leur tour activent le processus de contrôle pour réduire les différences (Winne et Hadwin, 2008). Il peut se faire en se posant des questions liées à la progression de l'apprentissage : - Est-ce que j'arrive à bien comprendre ? - Suis-je en train d'apprendre et de me souvenir de ce qui est le plus important ? etc. (Harris,2014).
	Auto-évaluation	L'auto-évaluation de ses capacités et de ses progrès est extrêmement importante pour maintenir l'auto-efficacité afin d'apprendre et de bien performer (Schunk, 2003). Elle favorise la métacognition sur ce qui est appris et les pratiques efficaces d'apprentissage (Gehring, 2017).
	Auto-explication	Les apprenants communiquent dans leurs propres ce qu'ils ont appris, ce qui soutient considérablement l'apprentissage en appuyant l'intégration de nouvelles informations avec les connaissances déjà acquises (Dunlosky et al., 2013).
	Régulation des émotions	La régulation des émotions implique que l'on veut diriger ses émotions selon des règles. Cela se réfère à la capacité de comprendre ses propres émotions et leur expression, ainsi qu'à la capacité de mettre de l'ordre, lorsqu'ils interfèrent avec la poursuite d'importants objectifs. (Boekaerts,2011).
Gestion des ressources	Recherche d'informations	Par exemple en utilisant un partenaire d'étude ou de choisir des modèles, des enseignants ou des livres spécifiques pour s'aider à apprendre. Il existe des preuves considérables que les étudiants qui ne sont pas auto-régulés ont tendance à éviter de demander de l'aide en raison de leur inquiétude quant aux conséquences sociales négatives de telles demandes (Zimmerman, 1998).
	Structuration de l'environnement	de Selon Cosnefroy le contrôle de l'environnement est l'une des stratégies les plus propices à l'autorégulation, quel que soit leur niveau de réussite, c'est d'abord en contrôlant l'environnement que les apprenant se régulent (Cosnefroy, 2010).

Cognitive	Régularité	Étudier régulièrement est une caractéristique typique des apprenants autorégulés et a été reconnue comme un indicateur fort de l'apprentissage auto-régulé dans des contextes d'apprentissage en ligne en étant lié à leur persévérance et à leur conscience (Kim et al., 2018).
	Gestion du temps	C'est un facteur très important qui détermine la compétence d'apprentissage autorégulée d'un apprenant en les aidant à achever les tâches liées aux objectifs fixés (Khat, 2019).
	Planification stratégique	En estimant et en budgétisant l'utilisation du temps : les étudiants qui réussissent sur le plan scolaire déclarent planifier des plages horaires quotidiennes régulières pour terminer leurs devoirs et étudier. (Kovach, 1997)
	Fixation d'objectifs	Les objectifs ciblent et dirigent les activités quotidiennes et fonctionnent comme des normes implicites d'auto-évaluation. Des objectifs spécifiques à court terme offrent une meilleure orientation et davantage de possibilités de rétroaction. (Schunk, 1994)
	Organisation et transfert	Par exemple, dans le domaine de l'informatique, les étudiants conçoivent des plans avant d'initier la programmation. Une technique de résolution de problèmes qui aide à identifier les exigences et les tâches contenues dans une description de problème (Garcia et al., 2018).
	Élaboration	Combiner de nouvelles connaissances avec des connaissances antérieures et construire un sens à partir des matériaux appris. (Niemi et al., 2003)
	Relecture pour consolidation ou rectification	Relire les chapitres où des lacunes sont ressenties, la relecture est une stratégie souvent entreprise spontanément par les apprenants autorégulés lorsqu'ils ont besoin d'améliorer leur niveau de compréhension (Wise et al., 2012) ou lorsqu'ils se sentent confus et désorientés (Akçapınar et al., 2010))
	Répétition et mémorisation	Efforts initiés par les étudiants pour mémoriser les objectifs du programme à travers la pratique. Les élèves utilisent cette stratégie lorsque par exemple ils se préparent à des tests, mettent en pratique leurs compétences grâce à des tutoriels et utilisent des exemples inspirés des solutions d'experts. (Garcia et al., 2018).

Tableau 1.5 : Résumé des stratégies d'apprentissage autorégulé

À l'exception des opérations, tous ces aspects sont des types d'informations que les gens utilisent ou génèrent au cours du processus d'apprentissage. C'est dans cette architecture cognitive composée de COPEN, que le travail de chaque étape est terminé. Par conséquent, le modèle de Winne et Hadwin complète d'autres modèles SRL en introduisant une description plus profonde du processus sous-jacent à chaque étape (Greene et Azevedo, 2007).

1.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit l'apprentissage numérique et l'autorégulation, les différents modèles proposés dans la littérature qui décrivent les processus permettant d'appliquer l'autorégulation ainsi que les différentes stratégies qui peuvent la favoriser. Dans le chapitre suivant, nous allons discuter de l'analyse de l'apprentissage et comment peut-elle favoriser l'autorégulation et aider les étudiants en ligne à réussir leurs cours. Nous allons aussi introduire les tableaux de bord d'apprentissage comme l'un des outils de suivi et réflexion sur le processus d'apprentissage.

Chapitre 2

Analyse de l'Apprentissage

2.1. Introduction

L'apprentissage en ligne présente d'énormes défis pour les apprenants en termes d'autorégulation, ce qui engendre au fil de temps de sérieux problèmes d'efficacité et de performance aux systèmes éducatifs reposant sur cette forme d'apprentissage. Les récentes tentatives de développement de nouvelles technologies pour l'apprentissage numérique ont amélioré la manière dont les contenus sont conçus et présentés, facilitant aux apprenants dans une certaine mesure aussi bien leur apprentissage que la régulation de ce dernier. Cependant, aux dires de plusieurs acteurs du domaine, l'effet le plus spectaculaire sur le façonnement de l'avenir de l'éducation provient des nouveaux domaines de la fouille de données massives (EDM pour Educational Data Mining) et de l'analyse de l'apprentissage (LA pour Learning Analytics) qui pourraient être liées à l'amélioration de la qualité de l'éducation et à l'engagement des apprenants. Cela se fait grâce aux nombreuses traces laissées par les utilisateurs (apprenants, enseignants, etc.) dans les plateformes de formation virtuelles qui permettent de produire diverses données sur leur comportement (Daniel, 2019).

Les données de log collectées au cours des sessions d'apprentissage peuvent être analysées moyennant différents algorithmes de fouille et autres méthodes du LA afin de fournir des inférences sur la manière dont les apprenants s'autorégulent et de générer des rapports de visualisation aussi bien aux enseignants qu'aux apprenants eux-mêmes. Selon Roll et Winne (2015), le domaine de LA offre une toute nouvelle dimension pour une meilleure recherche en matière de SRL pour les apprenants et les environnements d'apprentissage. En effet, contrairement à l'utilisation d'outils d'auto-évaluation pour collecter des informations sur la manière dont les étudiants s'autorégulent en fonction de leurs perceptions d'eux-mêmes, LA s'appuie sur les "traces" que les apprenants laissent derrière eux lorsqu'ils étudient un cours en ligne.

2.2. Définition de l'Analyse de l'Apprentissage (LA)

L'émergence et la popularisation de l'analyse d'apprentissage (Learning Analytics, LA) est « un phénomène assez récent apparu avec la généralisation du numérique éducatif et la disponibilité de données massives sur l'apprentissage » (Bonnin et Boyer, 2015). On peut les assimiler, dans le milieu de

l'enseignement, à la pointe d'un iceberg dont la partie immergée représente ce que l'on appelle communément le « Big Data¹¹ ».

Plusieurs définitions sont associées à cette approche, Siemens la définit comme suit¹² : L'analyse de l'apprentissage est la mesure, la collecte, l'analyse et la communication de données sur les apprenants et leurs contextes, dans le but de comprendre et d'optimiser l'apprentissage et les environnements dans lesquels il se déroule (Siemens, 2011). Par la suite, les définitions de cette approche ont évolué et sont devenues plus complexes à mesure de l'évolution de l'approche de l'exploration des données éducatives (EDM, Educational Data Mining) qui intervient dans ce processus. Les domaines de l'analyse de l'apprentissage (LA) et de l'exploration des données éducatives (EDM) explorent l'utilisation des données pour mieux comprendre les environnements d'apprentissage et améliorer la qualité globale de l'expérience des étudiants. Les deux disciplines couvrent un large spectre lié à la conception pédagogique, au tutorat, à l'engagement des étudiants, à la réussite des étudiants, au bien-être émotionnel, etc. ((Padro et all., 2017) cité dans (Daniel, 2019)).

2.2.1. Finalités de l'Analyse de l'Apprentissage (LA)

Depuis toujours, certaines des utilisations les plus courantes de l'analyse de l'apprentissage sont la prédiction de la réussite scolaire des étudiants, et plus particulièrement l'identification des étudiants qui risquent d'échouer à un cours ou d'abandonner leurs études. Mais LA offre encore bien plus¹³

1. Soutenir le développement des compétences et des stratégies d'apprentissage tout au long de la vie des apprenants,
2. Fournir un retour d'information personnalisé et opportun aux apprenants concernant leur apprentissage,
3. Soutenir le développement de compétences importantes telles que la collaboration, l'esprit critique, la communication et la créativité,
4. Développer la sensibilisation des élèves en soutenant l'autoréflexion,
5. Soutenir un apprentissage et un enseignement de qualité en fournissant des preuves empiriques sur le succès des innovations pédagogiques.

2.2.2. Cycle de Vie de l'Analyse de l'Apprentissage (LA)

L'analyse de l'apprentissage comprend quatre étapes, comme le montre la figure 2.1 (Clow, 2012) :

11 – mégadonnées ou données massives - désigne un ensemble volumineux de données qu'il est difficile voire impossible de gérer dans une base de données classique, par l'importance des volumes concernés et/ou par la diversité des formats, c'est ce qu'on appelle les trois V (Volume, vitesse, variété). Par extension, le Big Data est souvent associé à l'analyse de données de masse.

12 « Learning analytics is the measurement, collection, analysis and reporting of data about learners and their contexts, for purposes of understanding and optimizing learning and the environments in which it occurs ». (Siemens, 2011)

13 <https://www.solaresearch.org/about/what-is-learning-analytics/>

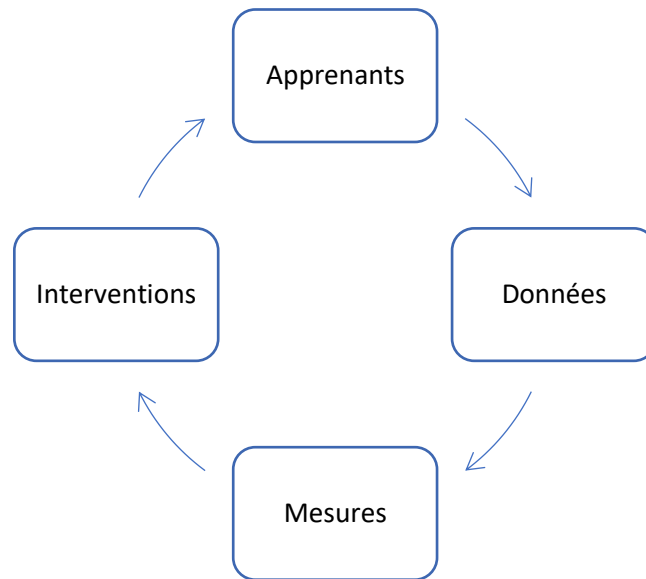


Figure 2.1 : Cycle de l'analyse de l'apprentissage

1. Les apprenants : Peuvent s'inscrire à un apprentissage (formel / informel), ou participer à une conférence de recherche.
2. Les données : peuvent, entre autres, être liées aux profils des apprenants ou à leur activité sur la plateforme. Elles peuvent être générées automatiquement ou saisies explicitement par les apprenants.
3. Les mesures : permettent de fournir un aperçu du processus d'apprentissage sous forme de visualisations, de rapports, de tableaux de bord, etc. Si certaines mesures peuvent être obtenues automatiquement et directement, d'autres peuvent nécessiter plus d'efforts pour être générées.
4. Les interventions : C'est l'étape finale du cycle où les mesures calculées servent à piloter les interventions qui sont supposées avoir un impact sur les apprenants, comme par exemple le pousser à faire des modifications sur ses méthodes de travail si les résultats ne sont pas satisfaisants. Cette intervention peut être par exemple un tableau de bord, qui montre les mesures directement à un apprenant, ou à un tuteur/instructeur.

2.2.3. Processus de l'Analyse de l'Apprentissage :

Avant de passer à l'étude des méthodes de l'analyse de l'apprentissage, il est nécessaire d'avoir un processus par lequel le flux d'informations analytiques doit être dirigé. Dans le domaine de l'éducation, comme décrit dans la figure 2.2, l'analyse des données peut être considérée comme un moteur fonctionnant en cinq étapes (John et all., 2007) :

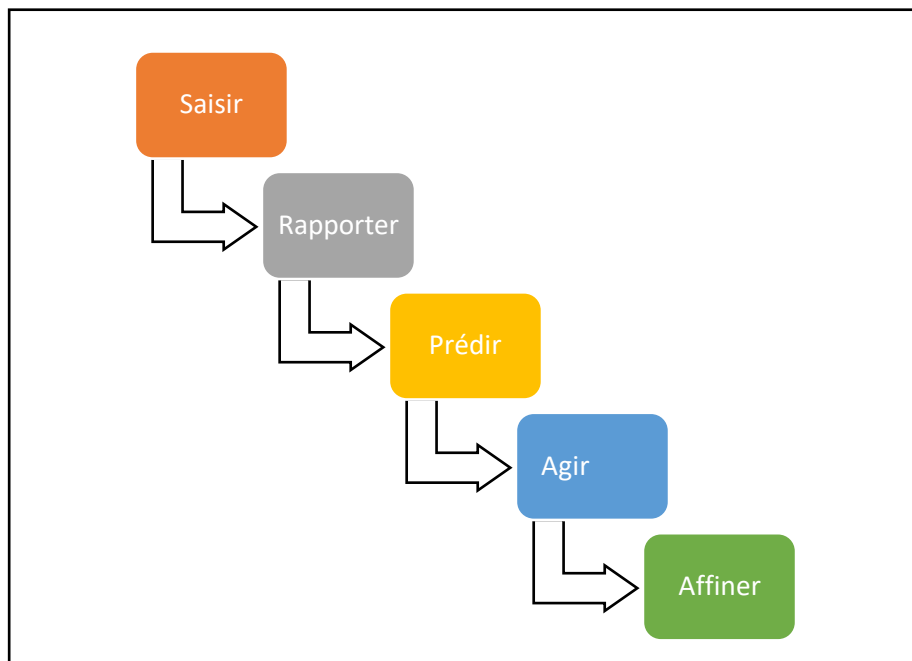


Figure 2.2 : Processus d'analyse de l'apprentissage

La description de ces étapes a été adaptée au contexte de l'analyse de l'apprentissage par (Pardo, 2014) comme suit :

Etape	Description
1- Saisir (capturer)	Sélectionner les données et les mesures appropriées.
2- Rapporter	Traiter les données collectées et les résumer ou les combiner pour l'établissement de rapports à l'aide d'outils appropriés (statistiques, tableaux de bord ...etc.).
3- Prédire	Faire des prédictions sur la base des données saisies et des rapports générés. L'objectif est de fournir des réponses aux questions précédemment formulées qui ont initié la saisie des données. Différentes techniques de prédiction peuvent être utilisées.
4- Agir	Cibler n'importe lequel des acteurs de l'analyse en utilisant des techniques de prédiction de l'étape précédente pour générer des actions (manuellement ou automatiquement) qui modifieront un aspect donné de l'activité d'apprentissage.
5- Affiner	Procéder à des évaluations régulières et à des ajustements ponctuels du processus global. Les affinements peuvent porter sur la qualité des données saisies, les informations incluses dans les rapports, les algorithmes de prédiction utilisés et les actions nécessaires pour modifier l'expérience d'apprentissage.

Tableau 2.1 : Les étapes de l'analyse de l'apprentissage

2.2.4. Techniques et Méthodes de l'Analyse de l'Apprentissage :

Il existe une grande variété de méthodes populaires couramment utilisées dans l'analyse de l'apprentissage. Nombre de ces méthodes appartiennent à des catégories générales de data mining comme la *classification*, le *clustering*, l'*association-rule mining* et le *sequential mining*. Baker et al. (2010) propose cinq approches/méthodes : la prédiction, le regroupement (*Clustering*), l'exploration des relations (*Relationship mining*), la visualisation (ou distillation) des données pour le jugement humain et la découverte à l'aide de modèles.

1. *La prédiction* : permet de développer un modèle capable de déduire un seul aspect des données (la variable prédite) à partir d'une combinaison d'autres aspects (variables prédictes).
2. *Le regroupement* : et plus largement la découverte de structures, est très populaire et consiste à diviser l'ensemble des données en un ensemble de groupes appelés clusters. Il est effectué de telle manière que les objets d'un même groupe sont plus semblables (d'une manière ou d'une autre) les uns aux autres que ceux d'autres groupes. Il est particulièrement utile lorsque les catégories communes de l'ensemble de données ne sont pas connues à l'avance.
3. *L'exploration des relations* : permet de découvrir, dans un ensemble de données comportant un grand nombre de variables, les relations entre celles-ci. Il peut s'agir, par exemple, de trouver les variables les plus fortement associées à une seule variable présentant un intérêt particulier ou de rechercher des relations possibles entre deux variables. Il existe quatre types de méthodes : l'extraction de règles d'association, l'extraction de corrélations, l'extraction de modèles séquentiels et l'extraction de données causales.
4. *La visualisation* : correspond à la génération de statistiques et de visualisations de synthèse, où les données sont distillées pour permettre à un humain d'identifier ou de classer rapidement ses caractéristiques. Cela peut permettre aux enseignants et aux administrateurs, par exemple, d'identifier des modèles d'apprentissage, de comportement ou de collaboration des apprenants, et d'étiqueter les données pour les utiliser dans l'élaboration d'un modèle de prévision.
5. *La découverte à l'aide de modèles*. En général, un modèle d'un phénomène est élaboré par prévision, regroupement ou, dans certains cas, ingénierie de la connaissance (en utilisant le raisonnement humain plutôt que des méthodes automatisées). Ce modèle est ensuite utilisé comme composante d'une deuxième analyse ou d'un deuxième modèle, par exemple dans le cadre de la prédiction ou de l'exploration des relations.

2.3. Traces et Systèmes à base de traces

Chercher à définir la notion de trace numérique nous ramène à la définition même d'une « Trace », qui possède plusieurs sens généraux et communs aujourd'hui. Selon (Djouad et al., 2010), la définition la plus générale est une chose ou une suite de choses laissées par une action quelconque et relatives à un être ou un objet ; une suite d'empreintes ou de marques que laisse le passage d'un être ou d'un objet ; ce à quoi on reconnaît que quelque chose a existé ; ce qui subsiste d'une chose passée.

2.3.1. Notion de Trace Numérique

Dans notre contexte particulier du e-learning, une trace numérique ou encore trace d'activité numérique est un ensemble de données enregistrées pour décrire les actions-réactions entre un utilisateur ayant une activité

à réaliser et un système informatique médiatisant cette activité, issues de l'observation de cette interaction et ordonnées selon la chronologie de celle-ci pour fournir une description plus ou moins fiable de l'activité réalisée (Yahiaoui, 2012). Parmi les données enregistrées :

- Fichiers d'accès à la plate-forme d'enseignement.
- Nombre de pages de cours visitées.
- Nombre de messages envoyés (au tuteur, aux enseignants, à l'administration, aux autres étudiants)
- Participations aux forums de discussion.
- Résultats de tests d'évaluation.
- Détails sur les choix et les parcours de formation suivis... etc.

Ces traces numériques peuvent être stockées au sein d'une base de données, afin d'être réutilisables pour construire des analyses fines de l'attitude de l'apprenant dans le processus d'enseignement à distance (Mille, 2013). Ainsi, elles permettent d'aider les apprenants à évaluer les actions passées et leurs méthodes d'étude et à estimer le potentiel des actions futures, afin de prendre de meilleures décisions et d'adopter des stratégies plus efficaces (Cooper, 2012).

Les traces d'interaction peuvent être catégorisées en 3 grand types :

- Apprenant-enseignant, apprenant-tuteur.
- Apprenant-environnement-matériel (pages Web, évaluations, exercices... etc.).
- Apprenant-apprenant : Elles peuvent être de l'apprenant vers lui-même, ou de l'apprenant vers un autre apprenant.

Par exemple, depuis la plateforme d'apprentissage en ligne américaine WebCt, les informations suivantes peuvent être récoltées :

- La navigation générale au sein de la plate-forme.
- Les portions auxquelles l'étudiant a accédé.
- Le nombre de pages de chaque cours auxquelles l'étudiant a accédé (Historique global).

2.3.2. Système à Base de Trace (TBS)

Plusieurs chercheurs ont étudié l'utilisation des interactions des apprenants pour déterminer le niveau de connaissances dans les environnements de e-learning. Pour ce faire, ils suggèrent d'utiliser un système à base de traces. Comme l'explique a figure 2.3, un Système à base de trace (Trace Based System, TBS) recueille les traces d'interaction et les transforme en indicateurs qui peuvent être interprétables et mesurables. Il utilise le cadre conceptuel de la trace et du modèle de trace (Belgroun et Admane, 2018) :

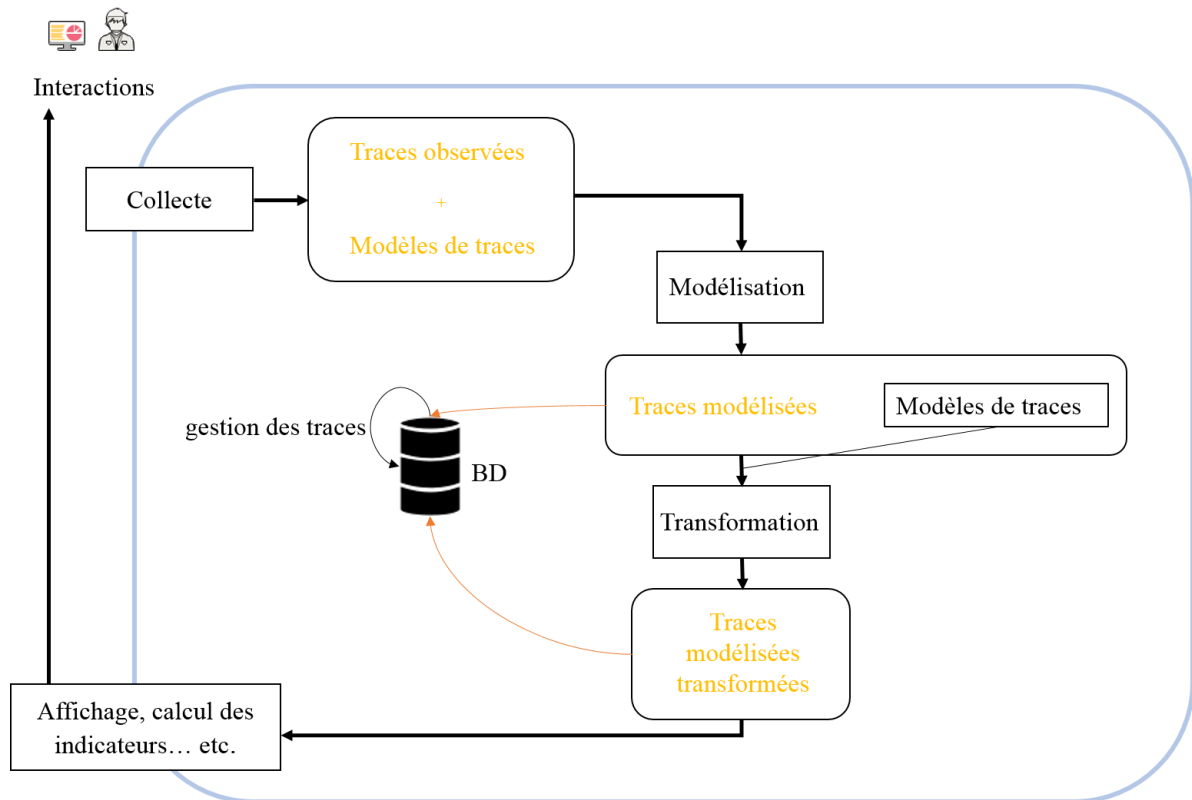


Figure 2.3 : Principe général d'un TBS.

Comme expliqué dans la figure, l'exploitation des traces d'interaction passe donc par trois étapes :

- 1- D'abord, le TBS collecte et recueille les traces d'interaction à partir des sources de traces en tant qu'éléments observés ;
- 2- Ensuite, il les transforme en traces modélisées : les traces sont réécrites selon un modèle de trace ;
- 3- La dernière étape, c'est l'étape la plus importante car elle permet d'analyser les traces (transformation) afin de calculer les indicateurs.

2.4. Indicateur d'Auto-inspection

Selon ((Dimitrakopoulou et all., 2006) cité dans (Belgroun et Admane, 2018)) un indicateur est défini comme une variable mathématique qui représente certaines caractéristiques sous différentes formes (numériques, alphanumériques ou aussi graphiques). Il peut représenter le mode ou la qualité de la contribution individuelle ou collaborative ou encore la qualité du produit (qualité de la plateforme, qualité de l'apprentissage, ...).

2.4.1. Calcul d'un Indicateur

Un indicateur peut être calculé à partir d'un ensemble de traces suivant une formule ou une méthode. Sa valeur obtenue peut être utilisée pour le calcul d'autres indicateurs (Djouad et Mille, 2017). Dans l'ordre, trois principales étapes sont nécessaires au calcul (figure 2.4) : la collecte de données, la transformation de trace utilisée pour préparer le calcul de l'indicateur, et enfin l'étape du calcul.

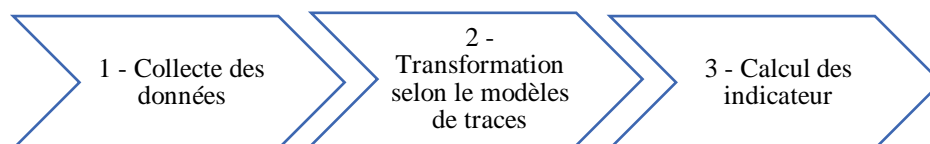


Figure 2.4 : Processus de calcul d'un indicateur

Comme le montre la figure 2.5 (Djouad et all.,2010), durant la 3eme étape, une règle de calcul (une formule ou une méthode) est utilisée pour calculer l'indicateur à partir d'une ou plusieurs traces qui sont organisées selon un modèle de traces :

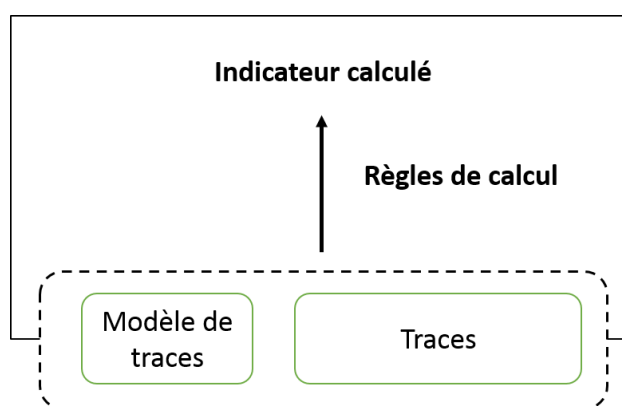


Figure 2.5 : Calcul d'un indicateur un utilisant des règles de calcul

2.4.2. Utilisation et Rôle des Indicateurs

Les indicateurs sont des concepts importants utilisés pour communiquer des informations sur le niveau d'apprentissage en ligne d'un apprenant. Ils aident à comprendre et à suivre l'apprentissage afin d'aider les apprenants à avoir un regard attentif sur leurs méthodes d'apprentissage (Bousbia et all., 2008). La figure 2.6 suivante explique l'utilisation des indicateurs dans un TBS, après leur calcul (Belgroun et Admane, 2018) :

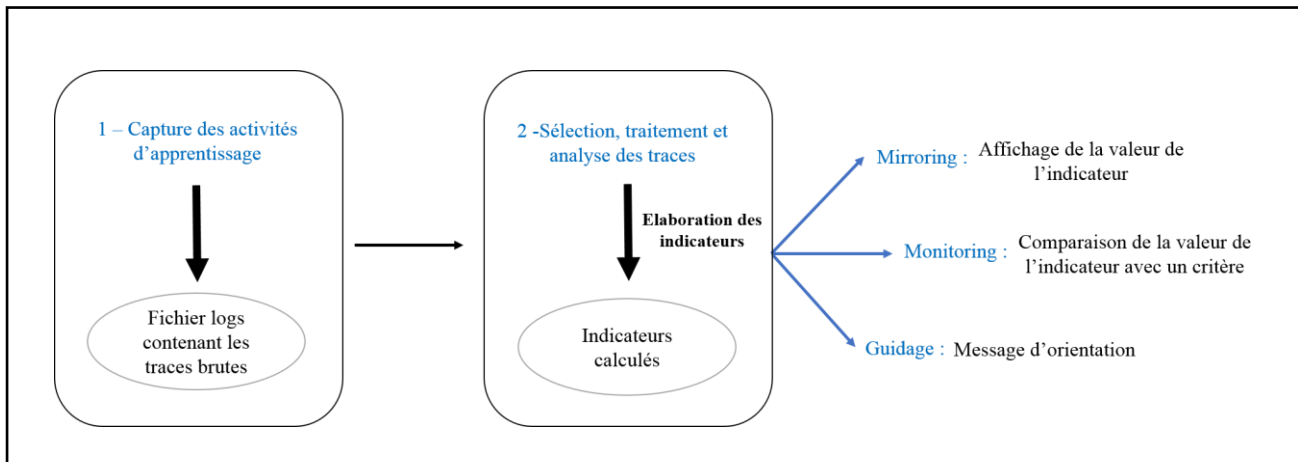


Figure 2.6 : Calcul et utilisation des indicateurs

Une valeur d'indicateur peut être utilisée pour construire un feedback développé par l'utilisateur. Il existe trois catégories de cette rétroaction :

- 1- Il peut s'agir d'une visualisation directe de la valeur de l'indicateur (Mirroring) ;
- 2- Il peut être comparé à la valeur cible (Monitoring) ;
- 3- Ou transformée en information qui oriente l'apprenant pendant la session d'apprentissage (Guidage) à l'aide d'outils spécifiques.

2.4.3. Exemples d'Indicateurs

Le tableau suivant regroupe des exemples des indicateurs utilisés dans notre contexte d'apprentissage autorégulé :

Indicateur	Description
<i>Nombre de quiz terminés</i>	Il s'agit du nombre total de quiz validés depuis le début de l'apprentissage. Cet indicateur est lié au degré de complétude du cours (Li et al., 2018a).
<i>Taux d'achèvement</i>	Représente le nombre total d'activités terminées avec succès lors de l'apprentissage. Il informe sur le niveau de compréhension de l'apprenant (Li et al., 2018a).
<i>Temps d'accès total</i>	Représente le temps cumulé consacré à la révision du matériel d'apprentissage (entre la première action (clic de souris) d'un apprenant et sa dernière action sur la plateforme) (Li et al., 2018a).
<i>Temps sur une tâche et la segmentation du temps</i>	Représente le temps consacré aux différentes activités d'apprentissage (lecture des chapitres, résolution des exercices, accès au forum...etc.) et comment le temps est réparti entre chaque activité, à l'exclusion des temps entre les activités (Li et al., 2018a).
<i>Irrégularité de l'intervalle d'étude</i>	Montre comment l'intervalle d'apprentissage de chaque élève est dispersé. L'écart de l'intervalle d'étude (c.à.d. l'accès aux matériels

	d'apprentissage) de chaque élève est calculé. Les étudiants qui étudient régulièrement ont des scores d'irrégularité inférieurs dans la mesure de l'intervalle d'étude. Cette mesure est utilisée pour déterminer le degré d'apprentissage continu (Li et al., 2018a).
<i>Utilisation du forum</i>	Représente l'utilisation du forum et de la section questions/réponses par l'apprenant, en calculant le nombre total de messages lus et créés (You, 2016).
<i>Séquence d'apprentissage</i>	Indique si les activités d'apprentissage ont été effectuées de façon linéaire (linéarité de navigation), c.à.d. si l'ordre de lecture correspond au même ordre défini par le plan d cours. Cet indicateur fournit le pourcentage de navigation vers l'élément situé juste après ou à partir de l'élément situé juste avant, dans le plan de parcours (Sadallah, 2019).
<i>Nombre de relecture des chapitres</i>	Définit comme le pourcentage de visites de retour (des mêmes apprenants) à l'élément de cours. (L'élément étant déjà lu par le même apprenant au moins une fois auparavant) (Sadallah, 2019).

Tableau 2.2 : Exemples des indicateurs d'auto-inspection

2.5. Travaux Antérieurs sur le Calcul des Indicateurs à partir des Traces d'Interaction

Différents travaux ont été publiés dans la littérature concernant le calcul des indicateurs en respectant la définition générale proposée par (Dimitracopoulou, 2006) précédemment citée. Nous présentons ici deux exemples :

2.5.1. L'outil MoodDog à partir des traces Moodle

MoodDog (Moodle Tracking System) est un outil qui permet de visualiser les différentes traces laissées par les apprenants (Djouad, 2011) :

- Concernant les cours : Les différentes ressources disponible pour un cours, les ressources les plus visitées, la liste des étudiants qui l'ont consulté, et le temps passé par chaque étudiant sur le cours.
- Concernant l'apprenant : Permet aux enseignants de visualiser le parcours des étudiants à savoir leurs connexions, à quels cours ils ont accédé, combien de fois, le temps passé sur la plateforme, les messages postés sur le forum... etc.
- Concernant les différentes ressources : Les étudiants qui ont accédé à une ressource, quand et combien de fois.
- Concernant le temps d'accès à la plateforme.

Comme expliqué dans la figure 2.7, l'architecture de MoodDog gère quatre principales tâches :

- 1- Récupérer et sélectionner les données (traces) nécessaire pour sa base de données.
- 2- Analyser les différentes traces à partir de la base de données créée.
- 3- Filtrer les résultats selon ce qu'on veut calculer.

4- Afficher les résultats des indicateurs calculés sur Moodle.

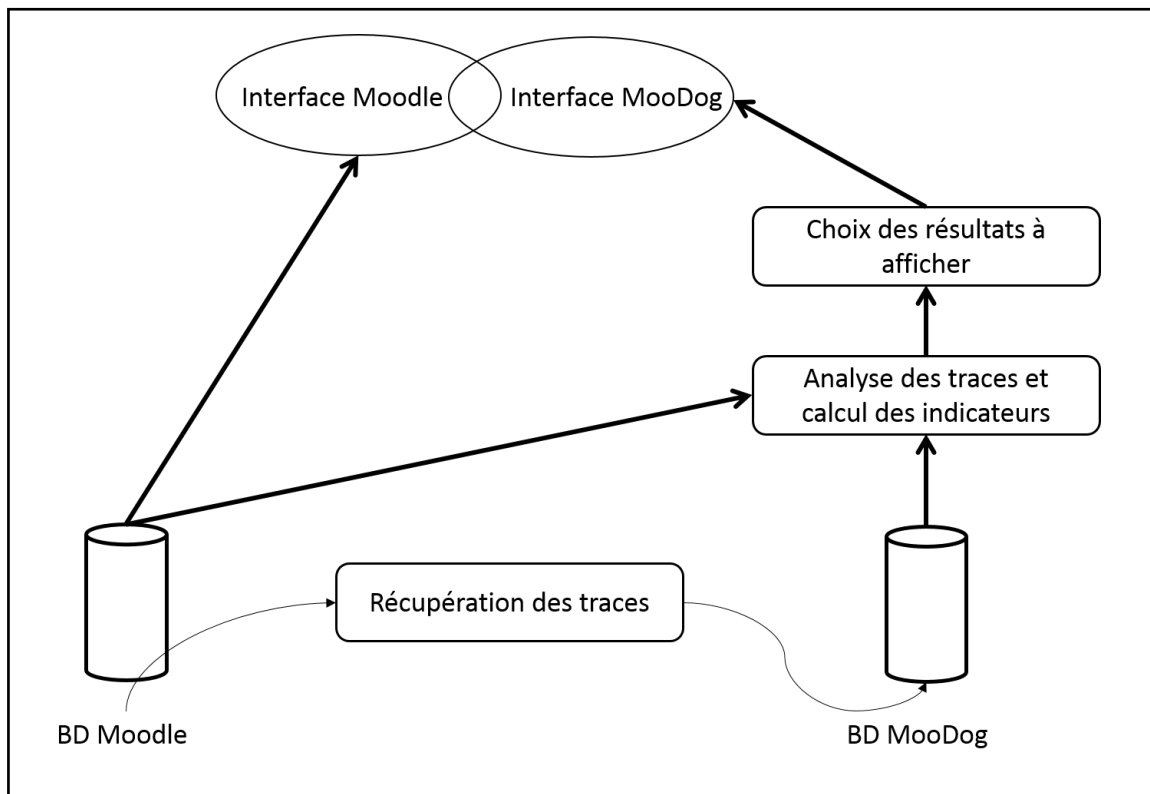


Figure 2.7: Architecture de MooDog

2.5.2. L'outil TACSI à partir des traces Moodle

L'intérêt de TACSI (Tuteur d'Activité Collective, pour assurer un Suivi Individualisé) est de donner les moyens à l'enseignant de visualiser les productions des apprenants selon le point de vue qui l'intéresse. Un lien (connexion) est établi entre l'outil TACSI et Moodle en utilisant une librairie de fonctions Moodle qui accède aux différentes traces des apprenants (figure 2.8). En ouvrant l'outil, la librairie est appelée, permettant de visualiser les différentes informations sur les apprenants et leur parcours ((Laperrousaz, 2006 cité dans (Djouad, 2011)).

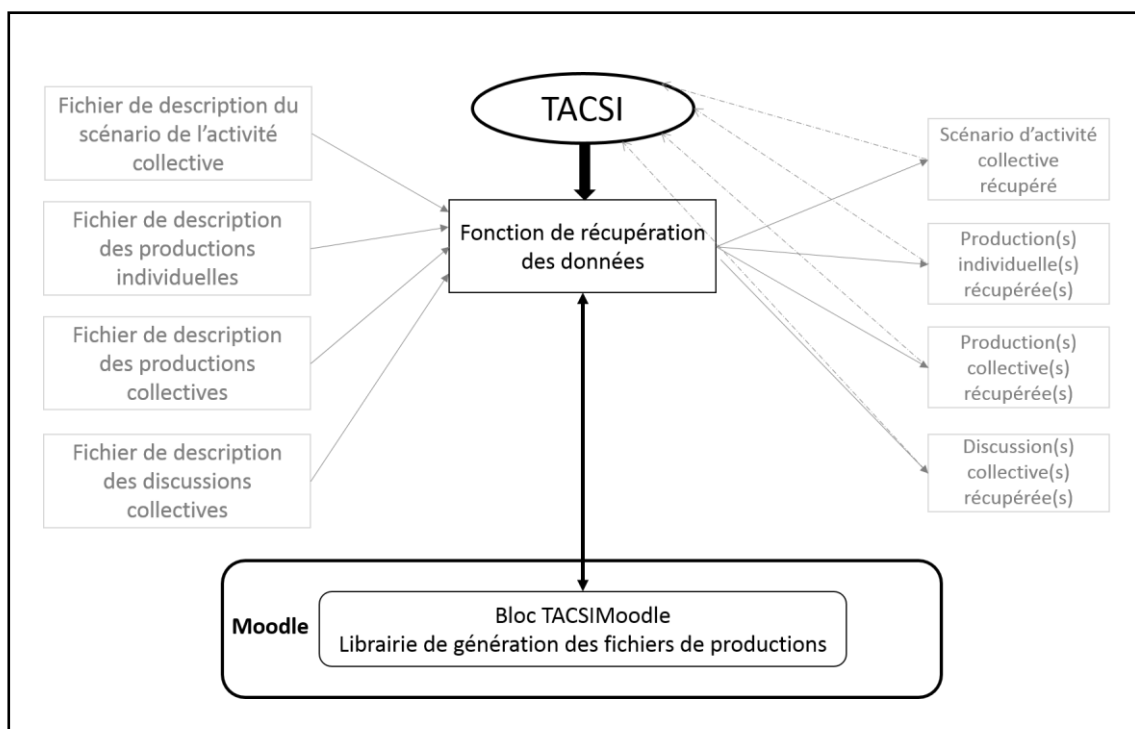


Figure 2.8 : Communication entre TACSI et Moodle

2.6. Tableaux de Bord d'Apprentissage

Dans le domaine du e-learning, des milliers de traces sont laissées par les utilisateurs (apprenants) durant la totalité de leurs parcours. Une bonne visualisation de ces traces est donc primordiale afin de pouvoir tirer les bonnes informations et aider les étudiants à mieux diriger leur apprentissage. L'un des outils qui permettent cette visualisation est le **tableau de bord d'apprentissage (LAD)**.

2.6.1. Visualisation de l'Information et Analyse Visuelle

Il s'agit de représenter sous la forme de graphiques une information souvent abstraite (des données, des processus, des relations ou des concepts). En manipulant des entités graphiques (points, lignes, formes, images, texte, surface) et leurs attributs (couleur, intensité, taille, position, forme, mouvement). C'est donc un processus permettant d'avoir comme résultat des représentations visuelles faciles à comprendre, comme le montre la figure 2.9 (Vidal, 2006) :

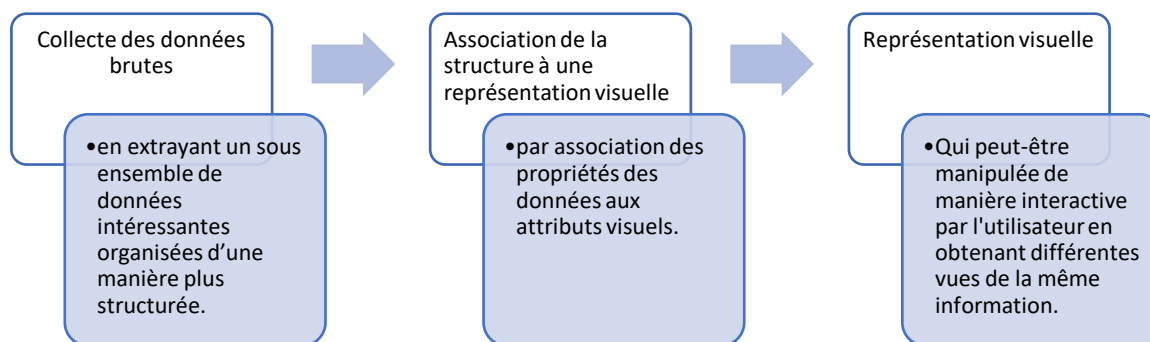


Figure 2.9 : Processus de visualisation de l'information

Face aux nombreuses données disponibles, une question importante s'impose : "Pourquoi une visualisation serait-elle utile ?" (Benoit,2019) a répondu à la question par :

- Réduire la quantité de données affichées en morceaux gérables, mais en permettant des détails sur demande.
- Être capable de décider quoi faire, en se basant sur les statistiques affichées,
- Être capable de répondre à une question plus en profondeur, en ayant une vision plus claire.

2.6.2. Tableau de Bord d'Apprentissage (LAD)

Un tableau de bord d'apprentissage (Learning Analytics Dashboard, LAD) est une application qui montre les modèles de comportement en ligne des élèves dans un environnement d'apprentissage virtuel. Cet outil de support fonctionne en suivant les fichiers journaux des élèves (log-files) : (1) en extrayant les énormes quantités de données (Big Data) et (2) en visualisant les résultats afin de leur donner un sens et qu'ils puissent être compris en un coup d'œil (Park et Jo, 2015). Les LAD ont été conçu en tant qu'outil efficace d'autorégulation et de soutien à la motivation des étudiants ((Corrin et de Barba, 2014) cité par (Kim et al, 2016)). Ils se composent d'éléments visuels, notamment des tableaux, des graphiques, des indicateurs et des mécanismes d'alerte. Il permet aux apprenants de vérifier leurs progrès par rapport à d'autres apprenants suivant le même cours, (avec anonymat garanti), des apprenants précédents, de leurs propres performances antérieures ou des objectifs qu'ils ont l'intention d'atteindre (Siemens et all. 2011).

2.6.3. Rôles et Valeurs des LADs

Les principaux rôles des LADs sont (Kim et all. 2016) :

- Permettre aux enseignants de connaître le statut d'apprentissage des élèves en temps réel et de manière évolutive.
- Aider les étudiants à améliorer leur confiance en eux en examinant leur statut d'apprentissage : grâce à la visualisation d'informations quantifiées concernant leur parcours.
- Identifier les élèves à risque ou de prédire les élèves les plus performants ainsi que de suggérer des commentaires et des directives appropriés aux élèves.

- Motiver les élèves et améliorer leur capacité d'apprentissage autonome.

2.6.4. Quelques Exemples des LADs

Plusieurs LADs existent, le tableau 2.3 résume les plus connus d'entre eux :

Nom	Utilisateur visé	Informations fournies	Source
LOCO-Analyst	Professeur	Activités réalisées, Utilisation/compréhensibilité des contenus préparés, interactions sociales entre étudiants	(Jovanović et al., 2007)
Student inspector	Professeur	Suivi des interactions des apprenants et proposition de commentaires significatifs sur leur processus d'apprentissage	(Scheuer et Zinn, 2007)
Teacher ADVisor	Etudiant		(Kim et al., 2016)
SAM	Professeur et étudiant	Régularité des connexions, performances, utilisation du contenu, analyse des messages	
Student Success System	Professeur	Performances, prédiction des étudiants à risque, réseau social	
SNAPP	Professeur	Utilisation du contenu, réseau social, analyse des messages	
GLASS	Professeur et étudiant	Régularité des connexions, performances, utilisation du contenu	(Yoo et al., 2015)
Blackboard Analytics	Professeur et étudiant	Régularité des connexions, performances, utilisation du contenu, réseau social	
Course Signal	Étudiant	Régularité des connexions, performances, utilisation du contenu, prédiction des étudiants à risque	

Tableau 2.3 : Résumé de quelques tableaux d'apprentissage

2.7. Conclusion

Les environnements d'apprentissage en ligne modernes enregistrent tous les logs qui montrent comment et quelles activités les apprenants effectuent pendant leurs périodes d'études en ligne. Les données sont analysées afin de fournir des indications sur l'autorégulation de chaque apprenant. L'analyse de l'apprentissage aide à la compréhension et à l'optimisation de l'apprentissage dans des environnements informatisés et en ligne en soutenant le développement des compétences et des stratégies d'apprentissage des étudiants et en les aidant à s'autoréguler. En effet, les traces laissées par ces derniers durant leur parcours permettent de calculer différents indicateurs qui seront utilisés pour suivre leur avancement et

prédire leur réussite. Les apprenants pourront ensuite grâce aux tableaux de bord d'apprentissage visualiser toutes ses données et entreprendre les actions nécessaires à leur succès.

L'avantage de l'utilisation de LA ou de EDM par rapport à d'autres approches de mesure et de promotion de la SRL sont qu'elles sont de nature discrète, par opposition aux méthodes obstructives telles que les méthodes d'auto-évaluation. Avec des méthodes à intervention directe, en plus de les encourager à être distraits, les apprenants sont souvent conscients que leur comportement est surveillé et que des mesures à leur sujet sont prises (Schraw, 2010). Par conséquent, ils ont tendance à ajuster temporairement leur comportement en de telles circonstances. Or, avec les méthodes non obstructives, issues du *learning analytics*, des informations sont recueillies et analysées d'une manière discrète et continue en arrière-plan, permettant à la fois de mesurer la SRL et d'intervenir.

Bien que les méthodes issues du *learning analytics* soient encore à leurs débuts dans des environnements d'apprentissage numérique, il ne fait aucun doute que leur mise en œuvre va contribuer de manière significative à l'avenir de l'environnement d'apprentissage numérique en général et aux efforts d'autorégulation des apprenants en particulier. Dans le prochain chapitre, nous présenterons une solution d'aide à l'auto-régulation basée sur l'analyse de l'apprentissage en exploitant les traces d'interaction et les indicateurs d'auto-inspection.

Chapitre 3

Proposition d'un Outil d'Assistance à l'Autorégulation

3.1. Introduction

Après avoir présenté une vue globale sur l'apprentissage en ligne et sur le vaste domaine de l'analyse de l'apprentissage, nous allons dans ce chapitre présenter notre solution de soutien à l'apprentissage autorégulé. Nous allons décrire en détails la solution proposée. En expliquant d'abord son principe de fonctionnement, le choix du modèle d'autorégulation et des stratégies d'apprentissage ainsi que les différents indicateurs d'auto-inspection et les traces leurs correspondant, et en passant ensuite à la partie conception où seront présentés les différents modèles de données.

3.2. Description de la Solution

Il est difficile d'évaluer l'apprentissage autorégulé (SRL : Self Regulated Learning) car c'est un processus dynamique, qui manque généralement d'indicateurs objectifs et d'informations de suivi (traces) (Winne et all., 2011). De plus, les traces ne sont essentiellement pas le meilleur moyen de collecter des données sur le SRL. Le SRL est un auto-phénomène, et les points de vue des apprenants sur ce qu'ils font et comment ils le font sont très importants (Winne et all., 2011). D'autre part, il est presque impossible de mesurer des processus cognitifs par des données telles que les traces. Il est donc évident que l'évaluation de phénomènes complexes comme le SRL nécessite généralement une combinaison entre plusieurs méthodes pour être efficace (Winne et all., 2011).

Nous proposons d'exploiter les traces des apprenants (log files) sur la plateforme d'apprentissage pour concevoir un outil d'assistance à l'auto-régulation, c.à.d. une régulation semi-automatique qu'on pourra implémenter sous forme de tableau de bord. Le principe de la solution est le suivant :

- 1- Proposer aux apprenants un ensemble de stratégies à utiliser afin de les aider à adopter de bonnes habitudes d'apprentissage et les aider à réussir.
- 2- Suivre l'utilisation de ces stratégies par les apprenants en analysant leurs traces d'interaction avec la plateforme de cours.

- 3- Enfin, leurs proposer des suggestions de régulation, en se basant sur les résultats obtenus lors de l'analyse de leurs traces.

Dans ce qui suit, et avant de présenter la solution en détail, nous commencerons par décrire les bases théoriques sur lesquelles nous élaborerons sa conception en termes de choix de modèles et de stratégies d'autorégulation.

3.2.1. Sélection d'un Modèle et de Stratégies SRL adaptés au Contexte du e-learning

L'immersion de l'apprentissage numérique a eu un impact énorme sur le processus d'apprentissage. Les apprenants doivent être disciplinés et surtout être capables de s'autoréguler pour réussir, cela nécessite une forte volonté et des stratégies d'apprentissage efficaces (Li et al. 2018b). Ainsi, dans ce contexte particulier, le modèle d'apprentissage et les stratégies les plus appropriées devraient être utilisés. Nous présenterons ci-dessous, le modèle ainsi que les stratégies que nous utiliserons lors de la mise en œuvre de notre solution d'autorégulation.

3.2.1.1. Choix du Modèle d'Autorégulation à Utiliser :

Nous nous intéressons à l'apprentissage autorégulé dans le cadre du e-learning. Parmi les modèles présentés, celui de Winne et Hadwin demeure le plus largement adopté car il est plus adapté au contexte de l'apprentissage assisté par ordinateur (Panadero, 2017, Panadero et al., 2015b) tel que les MOOCs. Il s'agit un modèle complet mais tout en restant pratique et facile à mettre en place. Il se compose de quatre étapes claires en commençant par l'élaboration des tâches, la fixation des objectifs, l'utilisation des stratégies d'étude et enfin l'étape de l'adaptation métacognitive durant laquelle l'apprenant corrige sa méthode d'apprentissage. Cette approche du SRL choisie par Winne et Hadwin nous donne la possibilité de nous baser sur ce modèle pour la mise en œuvre de notre solution. De plus, comme conclu lors de la comparaison des quatre modèles (chapitre 1, section 3.2.5), c'est le seul dont les phases sont ordonnées de la sorte.

Cependant, aucun instrument de mesure classique n'a été construit basé sur le modèle de Winne et Hadwin, mais il existe un certain nombre d'outils qui mesurent les traces de SRL en utilisant le modèle comme cadre théorique (framework). Par exemple Winne et ses collaborateurs ont développé nStudy et gStudy, qui sont des environnements d'apprentissage assistés par ordinateur dans lesquels l'utilisation de SRL est échafaudée pendant que les activités des étudiants sont enregistrées pour les données de trace et de journal (Winne et al., 2010).

Comme décrit précédemment, Winne et Hadwin supposent que l'apprentissage se déroule en quatre étapes de base. De plus, à l'aide de l'acronyme COPEN, ils ont décrit cinq aspects différents de tâches qui peuvent se dérouler durant ces quatre phases « COPES/COPEN » (Greene et Azevedo, 2007) :

- Conditions : Présentent les moyens dont une personne dispose et les contraintes inhérentes à une tâche ou à un environnement (ex : le contexte, le temps)
- Opérations : Où sont décrites les tactiques et stratégies utilisés par l'apprenant (ex : la planification de l'exécution d'une tâche)
- Produits : Contiennent les informations créées par les opérations (ex : le temps, la durée, la qualité, la quantité, le type de travail, etc.)

- Évaluations : Représentent le feedback (Retour d'information) sur l'adéquation entre les produits et les normes qui sont soit générés en interne par l'étudiant, soit fournis par des sources externes (par exemple, le retour d'information de l'enseignant ou des pairs)
- Normes : Où sont décrits les différents critères par rapport auxquels les produits sont contrôlés.

À l'exception des opérations, tous ces aspects sont des types d'informations que tout apprenant utilise ou génère au cours du processus d'apprentissage. C'est dans cette architecture cognitive composée de COPEN, que le travail de chaque étape est terminé. Par conséquent, le modèle de Winne et Hadwin complète d'autres modèles SRL en introduisant une description plus profonde du processus sous-jacent à chaque étape (Greene et Azevedo, 2007).

L'outil permettra donc de mettre en pratique les 4 phases du modèle Winne et Hadwin, comme expliqué dans la figure 3.1 :

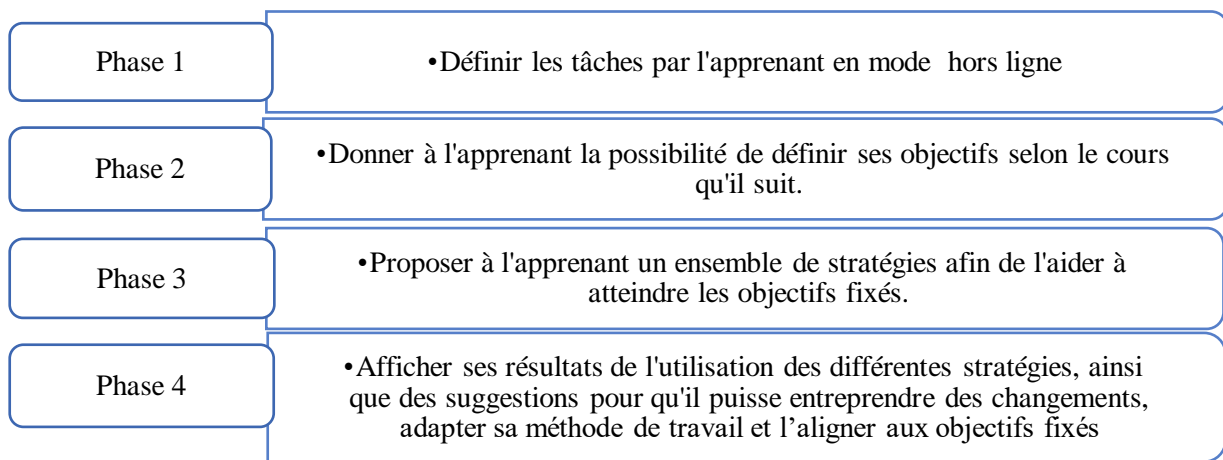


Figure 3.1 : Mise en pratique des quatre principales phases du modèle de Winne et Hadwin

3.2.1.2. Choix des Stratégies à Implémenter :

Selon une étude menée par (Kizilcec et al., 2017) les stratégies métacognitives et les stratégies de gestion des ressources et des tâches sont les plus efficaces dans les environnements en ligne. Dans une autre étude par Arend (2007), les auteurs ont pu déceler quatre stratégies les plus utilisées par les apprenants qui utilisent des environnements d'apprentissage en ligne : La répétition, l'élaboration, l'organisation, l'esprit critique et les stratégies de métacognition. En se basant sur ces deux études et sur tout ce qui a été cité précédemment et en prenant en considération le contexte d'apprentissage en ligne, nous avons essayé de sélectionner (Figure 3.2) les stratégies d'apprentissage qui nous semblent les plus efficaces dans le contexte du e-learning.

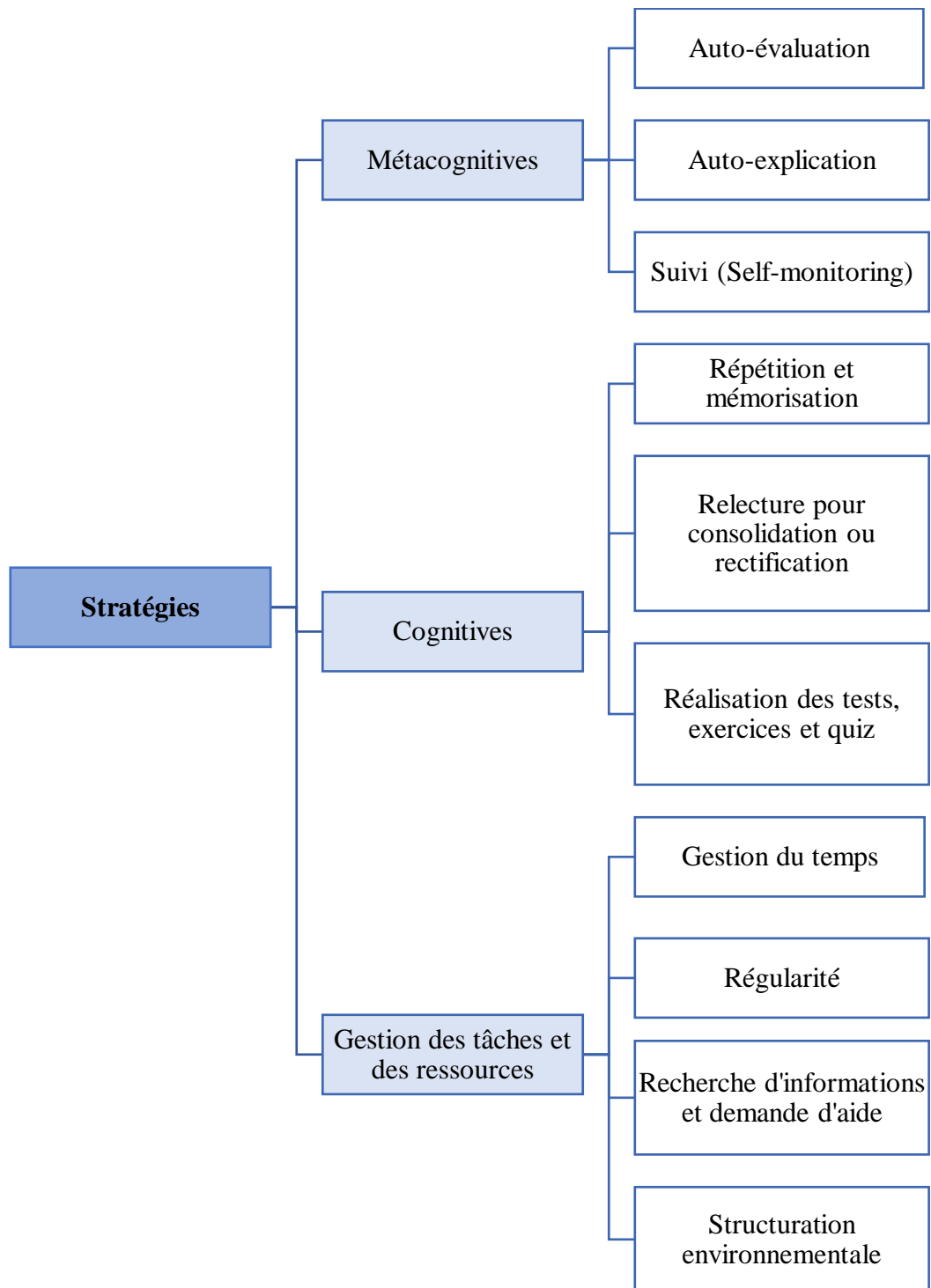


Figure 3.2 : Les stratégies d'apprentissage choisies

3.2.2. Sélection des Indicateurs d'Auto-inspection et des Traces d'Interactions

Comme expliqué précédemment, la méthodologie d'identification des apprenants auto-régulés consiste à interpréter des indicateurs observables calculés à partir des traces laissées sur les différentes plateformes d'apprentissage. Le principe de la solution d'autorégulation que nous proposons est de suivre l'utilisation

des apprenants des différentes stratégies proposées. Pour cela il faudrait associer à chacune d'elles un ensemble d'indicateurs observables :

3.2.2.1. Sélection des indicateurs à utiliser

Le but est de correspondre à chaque stratégie choisie un ensemble d'indicateurs pertinents (figure 3.3) qui nous permettent au mieux, de suivre utilisation de ces stratégies par les apprenants.

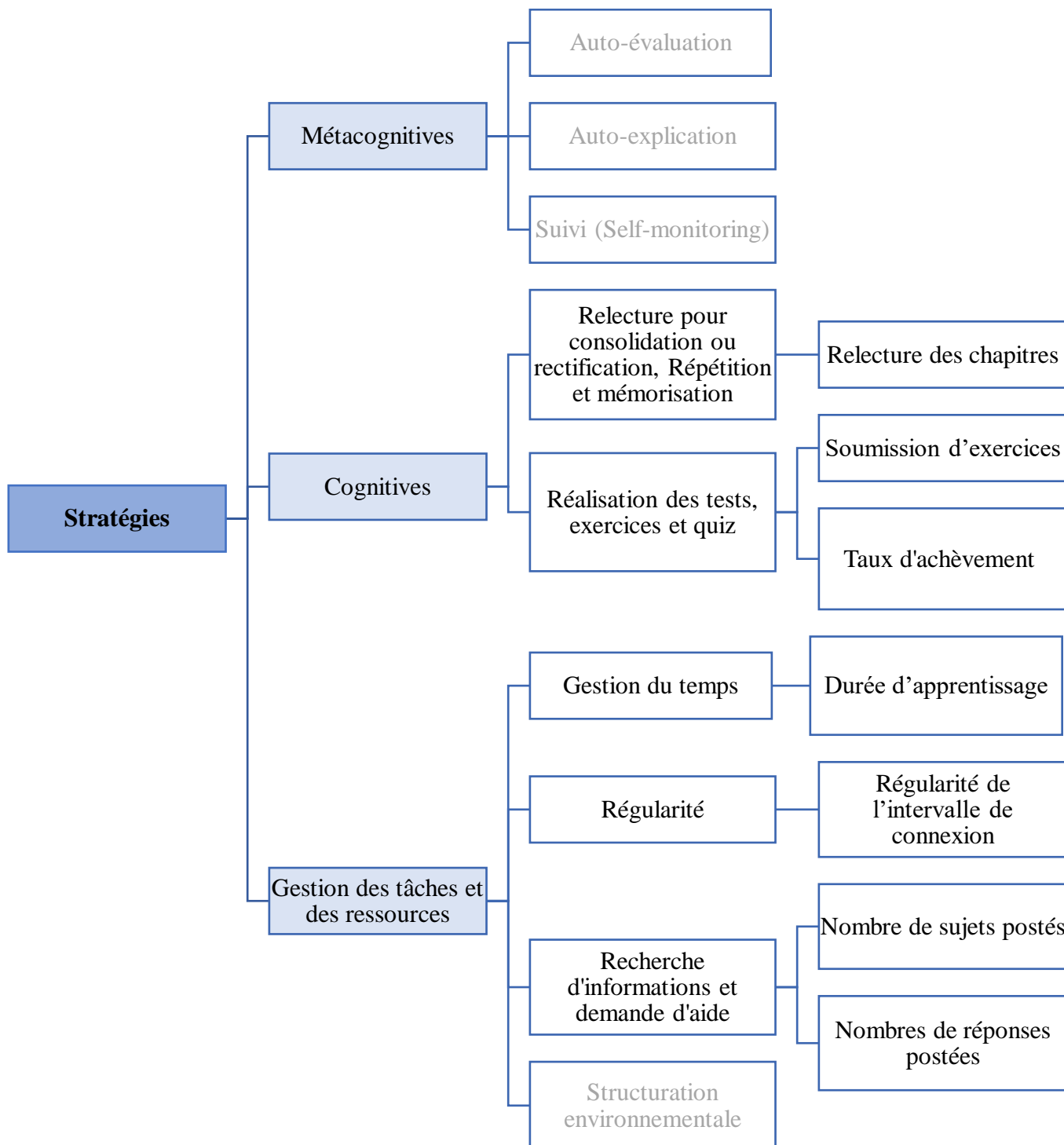


Figure 3.3 : Stratégies d'autorégulation et leurs indicateurs de mesures

Les stratégies : **autoévaluation**, **auto-explication**, **auto-suivi** (monitoring) et **structuration environnementale** sont des stratégies dont l'utilisation est impossible à suivre à l'aide des traces récoltées depuis la plateforme d'apprentissage. Ce sont des stratégies utilisées par les apprenants en mode hors ligne, sans forcément utiliser un outil informatique donc sans laisser de traces. Il est donc impossible de leur correspondre des indicateurs et de les calculer. Par conséquent, comme il est impossible de déduire leur utilisation via des données, nous allons les proposer aux étudiants comme stratégies à utiliser durant leur parcours mais sans leur proposer un suivi de ces derniers.

3.2.2.2. Sélection des traces d'interaction à utiliser

Les données extraites des fichiers journaux (log files) documentent l'action des apprenants dans un environnement d'apprentissage en ligne. Ils sont constitués d'un ensemble de traces représentant la totalité de leur parcours sur la plateforme. Pour chaque indicateur choisi, nous avons sélectionné un ensemble de traces qui y correspondent (tableau 3.1).

Indicateur	Traces	Règle du calcul
Nombre de soumission d'exercices	Validation d'un exercice	Calculer la somme des exercices validés
Taux d'achèvement des exercices	Scores obtenus	Calculer le nombre d'exercices réussis par rapport aux exercices validés (ratio exercices réussis /exercices validés)
Temps total d'apprentissage sur la plateforme	-Connexion sur la plateforme -Déconnexion de la plateforme	Calculer le temps moyen (durée moyenne) des accès à la plateforme de cours
Régularité de l'intervalle de connexion		Calculer le temps écoulé entre les deux derniers accès à la plateforme de cours
Relecture et répétition	-Ouverture d'un chapitre -Fermeture d'un chapitre	Calculer le nombre de relecture de chaque chapitre de cours
Nombres de sujets postés	Création d'un sujet sur le forum	Calculer la somme des sujets créés sur le forum de la plateforme
Nombre de réponses postées	Publication d'une réponse sur le forum	Calculer le total des réponses publiées sur le forum de la plateforme

Tableau 3.1 : Les traces permettant de calculer les indicateurs d'auto-inspection

3.3. Fonctionnement général de l'outil

Nous avons conçu un outil d'aide à l'apprentissage autorégulé pour suivre les activités d'apprentissage et les visualiser sous forme de tableau de bord d'apprentissage. Ainsi, l'outil se composera d'une application web représentant l'espace de travail de l'étudiant (tableau de bord) et d'un outil d'analyse et de monitoring qui permettra d'analyser son apprentissage.

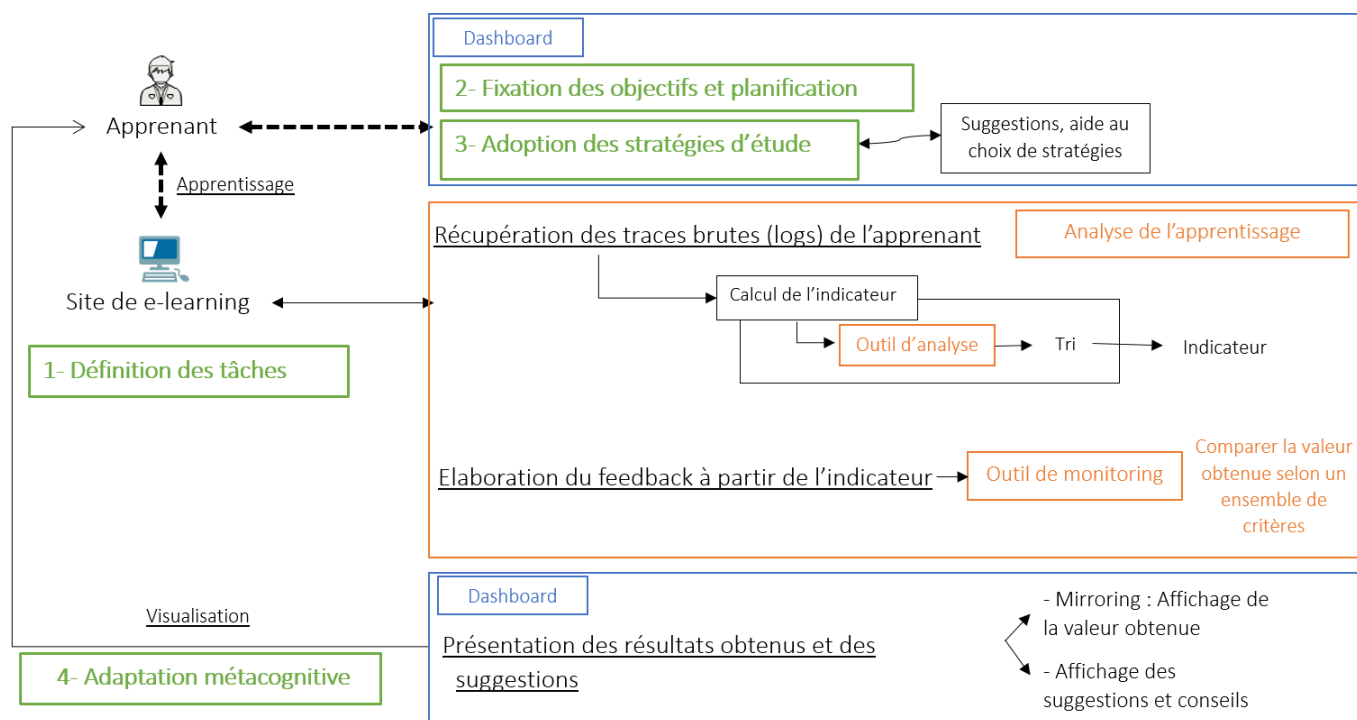


Figure 3.4 : Schéma représentant le fonctionnement général de l'outil

Comme illustré dans la figure 3.4 ci-dessus, durant le fonctionnement de l'outil, les tâches suivantes seront effectuées :

1. Définition des tâches :

Cette première étape est initiée par l'apprenant en mode hors ligne, selon ce qui doit être appris et des notions qu'il veut acquérir. Il pourrait lister ce qu'il a à faire tout au long du cours, en examinant par exemple, la liste de directives du cours et établir une liste de concepts clés à apprendre dans chaque chapitre. Et il planifiera son apprentissage en se fixant un temps spécifique pour étudier, loin des distractions comme les réseaux sociaux.

2. Fixation d'objectifs et planification :

Durant cette étape, l'apprenant définit et saisi les objectifs qu'il veut atteindre, le but de son programme d'étude et les connaissances qu'il veut acquérir. Cela lui fournira une meilleure vision de ce qu'il veut faire et accomplir et l'aidera à organiser un meilleur planning d'étude.

3. Adoption des stratégies d'étude :

Le but est de l'aider à réussir ses cours en l'initiant à l'autorégulation et l'organiser son apprentissage. L'ensemble de stratégies choisies lui seront proposées. Pour chaque stratégie d'autorégulation, des directives/conseils lui seront proposés afin de le guider et de lui permettre de les appliquer (Tableau 3.2).

4. Adaptation métacognitive :

Dans cette étape, l'apprenant réévalua sa méthode de travail et essayera, en se basant sur les résultats de l'analyse de son apprentissage et sur les suggestions proposées d'entreprendre les changements adéquats pour mieux s'auto-discipliner et s'autoréguler.

Stratégie	
Gestion du temps et régularité	- Estimez le temps nécessaire à la formation et répartissez les heures uniformément entre les différents jours de la semaine en fixant un planning clair et en définissant le nombre d'heures à étudier chaque jour (entre deux à trois heures par jour), cela vous permettra d'être régulier.
Structuration de l'environnement	- Aménagez et organisez votre espace de travail et trouvez un endroit dédié à l'apprentissage (calme), idéalement un bureau, loin de toute distraction. - Dégagez votre espace de travail de tout objet inutile et distrayant (smartphone, magazines, nourriture ...), désactivez les notifications sur tous vos appareils connectés, fermez voire bloquez les accès aux réseaux sociaux sur votre ordinateur. - Prenez soin d'avoir à portée de main tout le matériel nécessaire.
Recherche d'information et demande d'aide	- Accédez régulièrement au forum de discussion de la plateforme d'apprentissage, demandez de l'aide chaque fois que vous en avez besoin en posant des questions pertinentes. - Essayez également d'aider en répondant aux questions déjà posées, cela vous permettra de consolider ce que vous avez appris.
Réalisation des tests, exercices et quiz	- Essayez de compléter tous les quiz et exercices proposés, cela vous aidera à connaître les parties du cours que vous n'avez pas bien comprises, et vous permettra d'identifier facilement vos lacunes.
Relecture pour consolidation ou rectification	- Relisez les chapitres où vous ressentez des lacunes, cela vous permettra d'améliorer votre niveau de compréhension. - Si vous trouvez qu'un chapitre est difficilement compréhensible, prenez aussi la peine de relire les chapitres précédents.
Auto-explication	- Essayez de reformuler ce que vous avez lu et appris et expliquez-le à vous-même en utilisant vos propres mots. Cela soutiendra et consolidera votre compréhension et vous aidera à intégrer les nouvelles informations avec vos connaissances déjà acquises.
Auto-suivi et auto-évaluation	- Évaluez régulièrement vos progrès en analysant vos objectifs prédéfinis, cela vous permettra de savoir si vous êtes sur la bonne voie.

-Posez vous les bonne questions (ex. Est-ce que j'arrive à bien comprendre ? Suis-je entrain de bien avancer ?) cela vous permettra d'être plus efficace lors de votre apprentissage.

Tableau 3.2 : Conseils d'application des stratégies de régulation

Notons ici que, durant l'analyse de l'apprentissage, les différentes traces (fichiers logs) des apprenants seront récupérées et analysées afin de calculer les indicateurs d'auto-inspection grâce à un outil d'analyse, et de générer les suggestions de régulation adéquates grâce à un outil de monitoring.

3.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté notre solution d'aide à l'autorégulation des apprenants dans le contexte d'un apprentissage en ligne, en présentant ses différentes caractéristiques fonctionnelles et les choix de conception relatifs au développement de l'outil. Dans le prochain chapitre, nous aborderons l'étape de l'implémentation où nous présenterons les deux principaux composants de l'outil : le moteur d'analyse côté serveur et le côté client.

Chapitre 4

Conception et Réalisation

4.1. Introduction

Après avoir expliqué le fonctionnement général de l'outil, les différents choix des modèles à utiliser et les choix de conception. Nous allons, dans ce chapitre aborder l'étape de l'implémentation : Nous introduirons les différentes technologies utilisées, expliquerons le fonctionnement du moteur d'analyse côté serveur ainsi que les différentes interfaces côté client.

4.2. Architecture de l'Outil

L'application est conçue en suivant l'architecture MVC (modèle, vue, contrôleur), qui comprend trois couches :

- Le modèle : définit les données utilisées par l'application. Le lien entre notre application et la base de données. Ces données pourront être mises à jour dans le contrôleur et affichées au niveau de la vue.
- La vue : définit la façon dont les informations seront affichées à l'écran. Il s'agit de l'interface utilisateur.
- Le contrôleur : Où nous retrouvons toute la logique métier. Lorsque l'utilisateur interagit avec la vue, la requête est traitée par le contrôleur. Il fonctionne comme un "listener", c'est-à-dire qu'il attend que l'utilisateur interagisse avec la vue pour en récupérer la requête. Ainsi, c'est le contrôleur qui définira la logique d'affichage, et affichera la vue suivante à l'écran.

La structure de l'application se compose d'une base de données, d'un processus serveur, d'une logique client et d'une interface utilisateur, comme le montre la figure 4.1. Le code côté client est responsable de l'interaction avec l'apprenant, le code côté serveur quant à lui est responsable de la récupération des traces depuis le fournisseur du cours, de l'analyse de ces données et du calcul des indicateurs d'auto-inspection et de stocker dans la base de données les données persistantes de l'application (traces nettoyées et résultats du calcul des indicateurs).

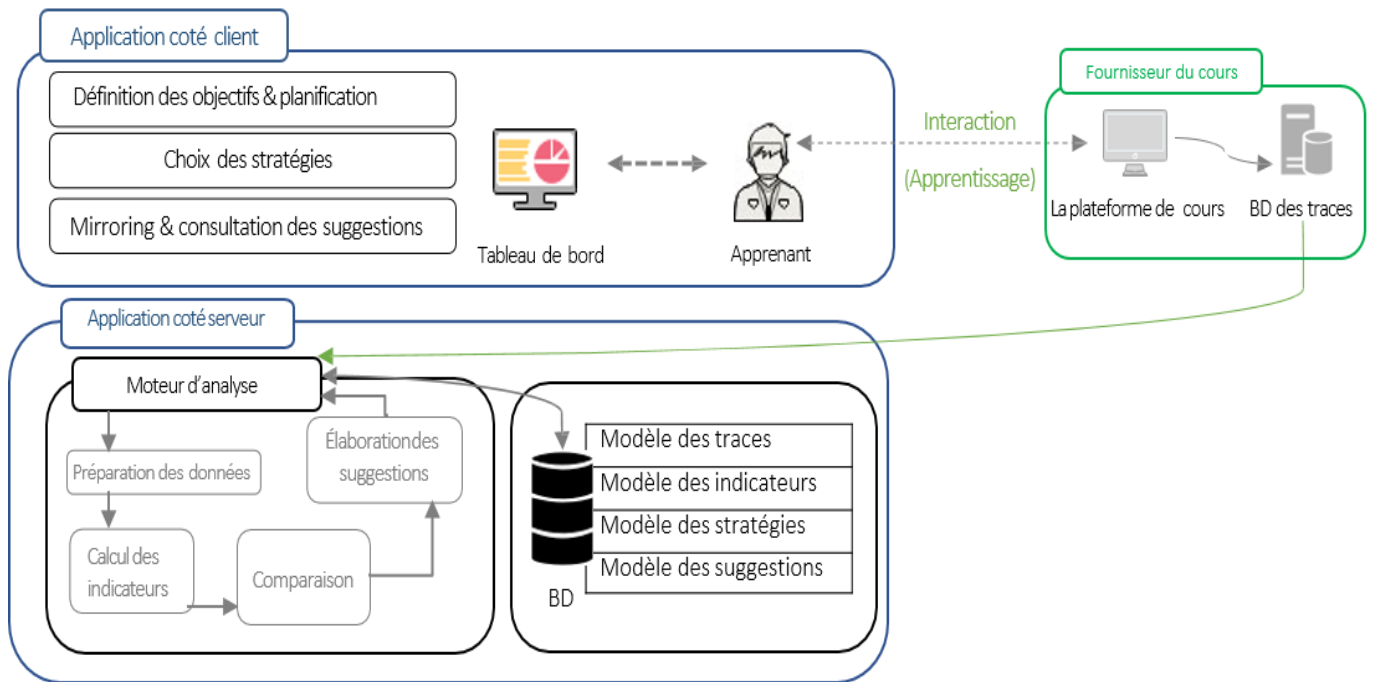


Figure 4.1 : Architecture générale de l'outil

4.3. Conception de l'Outil

Après avoir présenté et décrit notre proposition de solution et son architecture, dans cette section nous aborderons la partie conception où nous illustrerons notre approche avec différents schémas explicatifs.

4.3.1. Diagramme de Cas d'Utilisation

Afin de bien définir les besoins de fonctionnement de l'application, nous avons opté pour le diagramme des cas d'utilisation suivant :

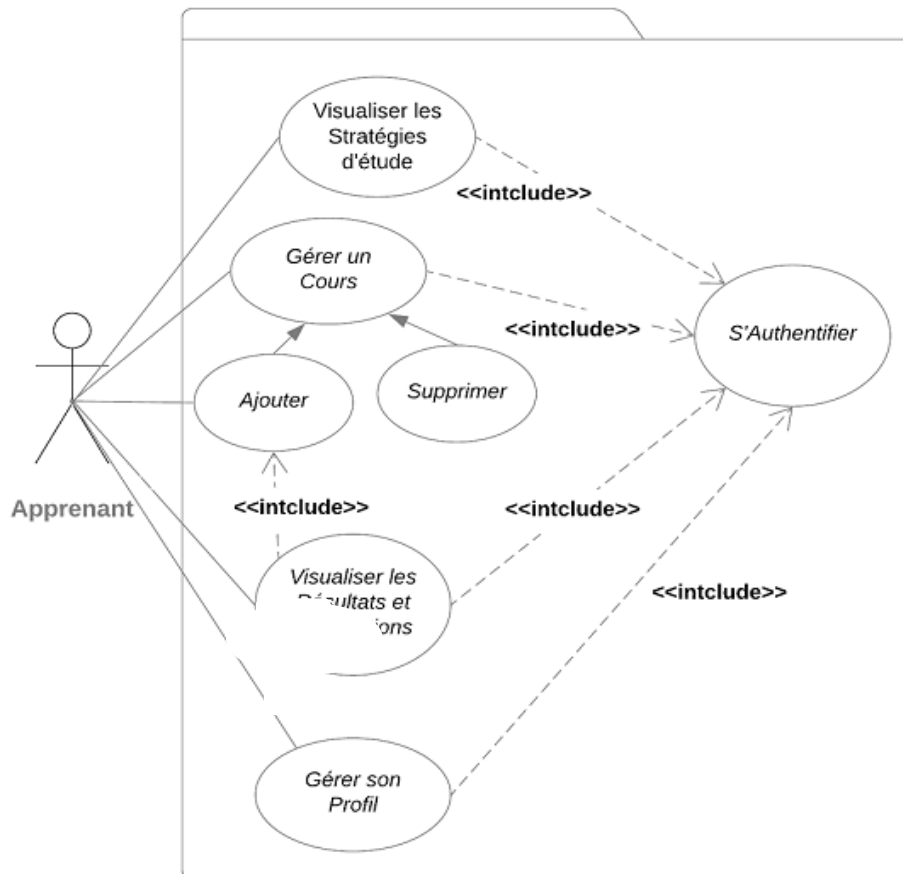


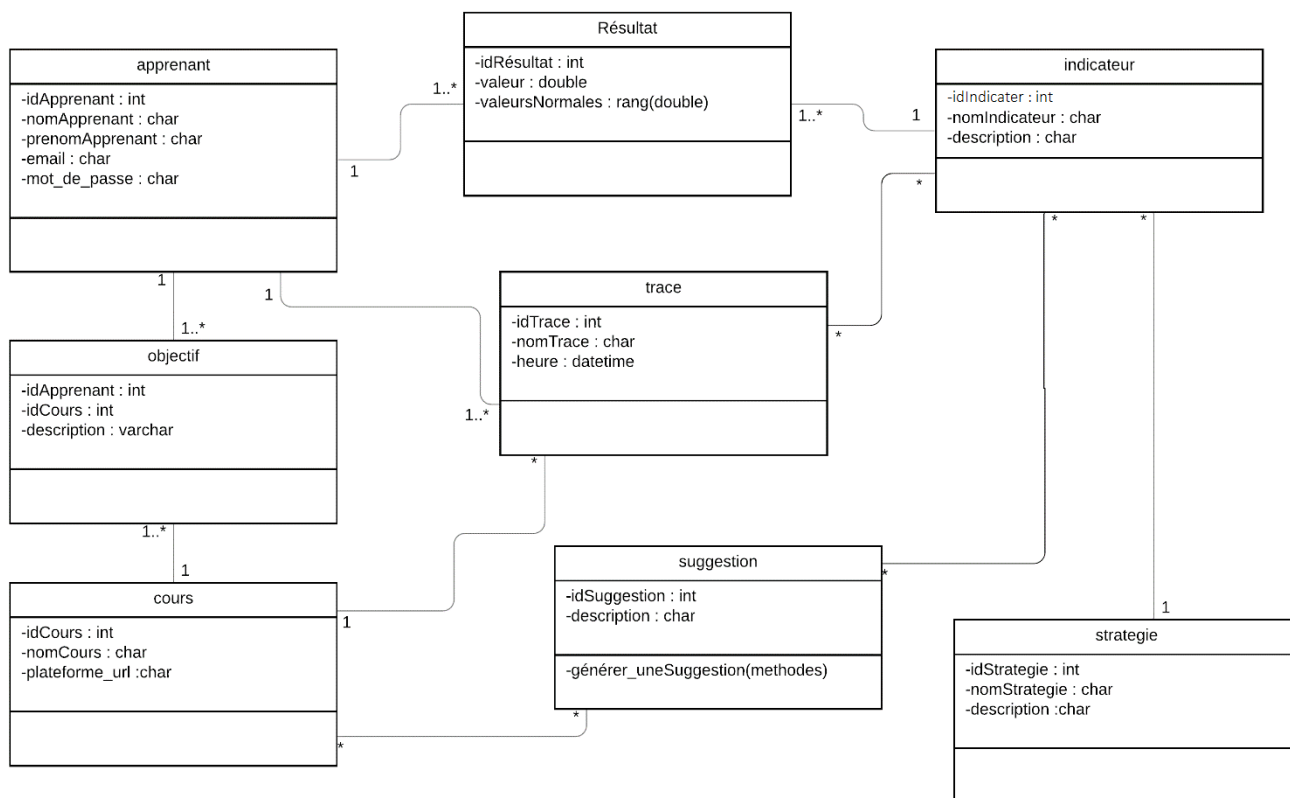
Figure 4.2 : Diagramme de cas d'utilisation

Une fois connecté, un apprenant peut donc effectuer les tâches suivantes (tableau 4.2)

Cas d'utilisation	Description
Visualiser les Stratégies d'étude	Consulter les différentes stratégies proposées en accédant à la page d'accueil
Ajouter	Ajouter un cours à la liste de cours suivis
Gérer un Cours	
Supprimer	Supprimer un cours ainsi que toutes les données récoltées le concernant, et les résultats calculés
Visualiser les Résultats et Suggestions	Consulter ses résultats et statistiques d'autorégulation, ainsi que des suggestions et des conseils pour améliorer son apprentissage
Gérer son Profil	Modifier ses informations personnelles (nom et prénom, email et mot de passe)

Tableau 4.1 : Description du diagramme de cas d'utilisation

4.3.3. Diagramme de Classe



Les données utilisées par l'application sont stockées dans la base de données de l'outil qui définit un ensemble de classes (figure 4.3).

Figure 4.3 : Diagramme de classe

Dans le tableau qui suit, sont présentées les différentes classes ainsi que leur description et attributs.

Classe	Description	Attributs	Désignation
Indicateur	Représente l'indicateur à calculer en utilisant les traces appropriées	nomIndicateurs	Un nom l'identifiant de manière unique
		Description	Une brève explication de l'intérêt de l'indicateur
Trace	Définit la structure sous laquelle les traces récoltées sont enregistrées dans la BD	idTraces	Une clé unique qui identifie la trace
		nomTrace	Le nom de l'activité que représente la trace (exemple : poster u sujet sur le forum)
		Heure	L'heure de la date de la génération de la trace
Résultat	Dans cette classe, sont enregistrés les résultats obtenus lors du calcul d'un indicateur	idRésultat	Identificateur unique d'un résultat calculé
		Valeur	La valeur résultante du calcul de l'indicateur correspondant
		valeursNormales	L'intervalle de valeurs normales (optimales) de l'indicateur correspondant
Stratégie	Représente la structure sous laquelle les stratégies sont enregistrées dans la BD.	idStratégie	Une clé unique qui identifie la stratégie
		nomStratégie	Le nom représentant la stratégie
		dexription_stratégie	Ce que l'apprenant devrait faire pour appliquer la stratégie
Apprenant	Dans cette classe, sont stockés les informations d'identification d'un apprenant, à savoir son adresse mail et le mot de passe de connexion	idApprenant	Une clé unique qui identifie l'apprenant
		nomApprenant	Son nom
		prenomApprenant	Son prénom
		Email	Son adresse électronique de connexion
		mot_de_passe	Son mot de passe de connexion
Objectif	Contient l'ensemble des objectifs fixés par un apprenant dans pour un cours donné	apprenant_idApprenant	Clé unique qui identifie les objectifs d'un apprenant pour un cours (concaténation de deux attributs)
		cours_isCours	
		description_objectif	L'ensemble des objectifs fixés
Cours	L'ensemble des informations permettant de récolter les	idCours	Une clé unique qui identifie le cours
		plateforme_url	La plateforme d'apprentissage qui héberge le cours

	données auprès du fournisseur de ce dernier	nomCours	Le nom du cours
		Id_apprenant_plateforme	L'identifiant de l'apprenant sur la plateforme d'apprentissage
Suggestion	Représente l'ensemble des suggestions proposées pour l'indicateur y correspondant	idSuggestion	Une clé unique qui identifie la suggestion
		Description	
		Générer_une_suggestion()	La fonction permettant de générer une suggestion

Tableau 4.2 : dictionnaire de données

4.4. Choix des Technologies

Pour l'implémentation de l'outil, nous avons utilisé un ensemble de technologies, à la fois pour le côté serveur et les interfaces utilisateur (figure 4.4) :

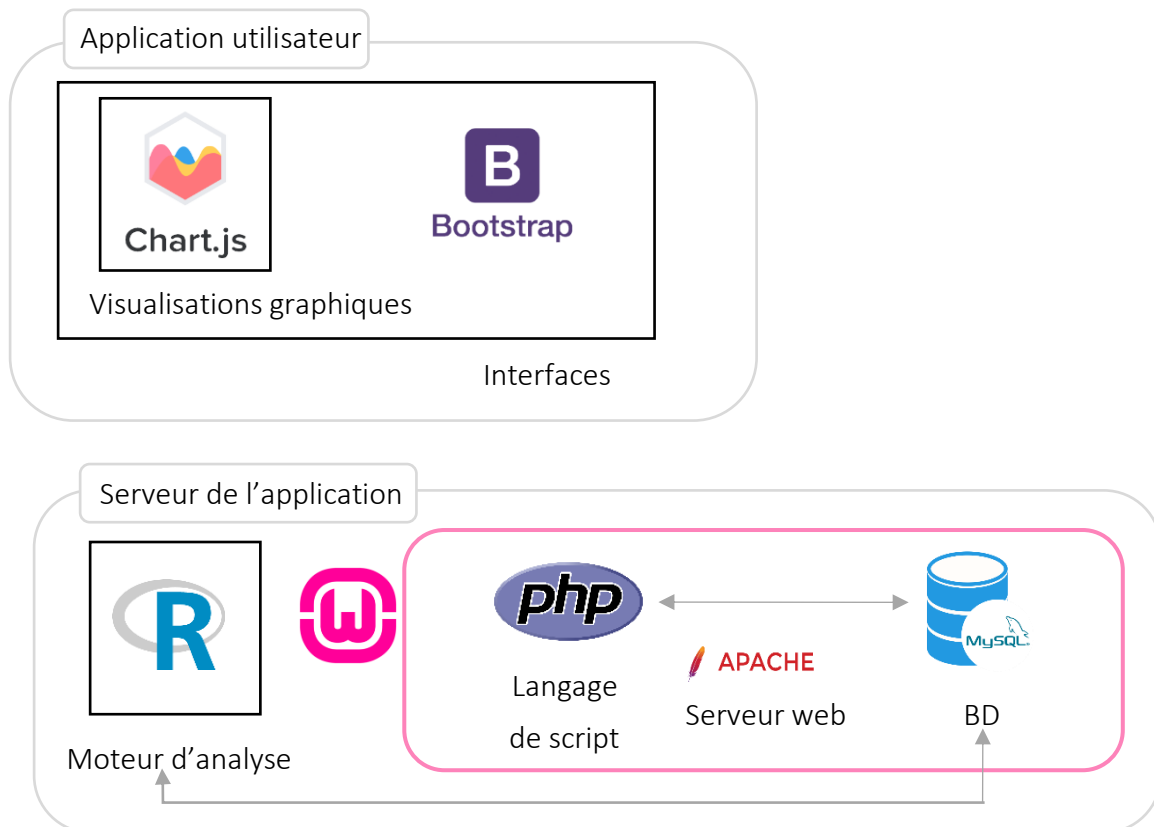


Figure 4.4 : les technologies utilisées

- *Un Framework web pour la représentation des données et les interactions de l'utilisateur* : en utilisant Bootstrap¹⁴, qui est un framework destiné à la création du design des sites et applications web, Il contient des modèles de conception basés sur CSS et JavaScript. Ainsi que la bibliothèque JavaScript open-source chart.js¹⁵ qui nous permet de produire des visualisations graphiques dynamiques des données numériques dans les navigateurs.
- *La combinaison Apache, Mysql, PHP pour le développement coté serveur* : en utilisant la plateforme de développement WAMP (Windows, Apache, MySQL, PHP) :
 - Apache est le serveur web qui répond aux requêtes du client web ;
 - PHP est le langage de script qui sert à implémenter la logique métier ;

14 <https://getbootstrap.com/>

15 <https://www.chartjs.org/>

- MySQL est le système de gestion de bases de données pour stocker et manipuler toutes les données de l'application.
- *Des outils de calcul statistique pour l'analyse des données et les tâches de traitement* : en utilisant le langage R¹⁶ qui est un environnement et un langage de programmation pour le calcul statistique et les graphiques. L'analyse des données avec R se fait en une série d'étapes : programmer, transformer, découvrir, modéliser et communiquer les résultats.

4.5. Mise en Œuvre du Moteur d'Analyse

Comme montré dans la figure 4.5, le moteur d'analyse se charge de deux principales fonctions :

- 1) L'élaboration des résultats : grâce à un TBS (système à base de trace), qui se charge de :
 1. Récupération des données : Récupérer les traces (logs) des apprenants depuis le fournisseur de cours.
 2. Préparation et modélisation des données : Prétraiter les fichiers logs récupérés, les organiser selon les modèles de trace dont on a besoin et les stocker dans la base de données.
 3. Calcul des indicateurs en utilisant R : A partir des traces récoltées, selon des algorithmes prédéfinis.
 4. Enregistrement des résultats : Stocker les résultats obtenus de chaque indicateur dans la base de données prêts à être affichés.
 5. Affichage des résultats : Afficher les résultats obtenus, sous forme graphique selon le type d'indicateur : histogramme, diagramme circulaire ...etc.
- 2) L'élaboration des suggestions de régulation : Pour chaque résultat non concluant, des suggestions seront proposées à l'apprenant.

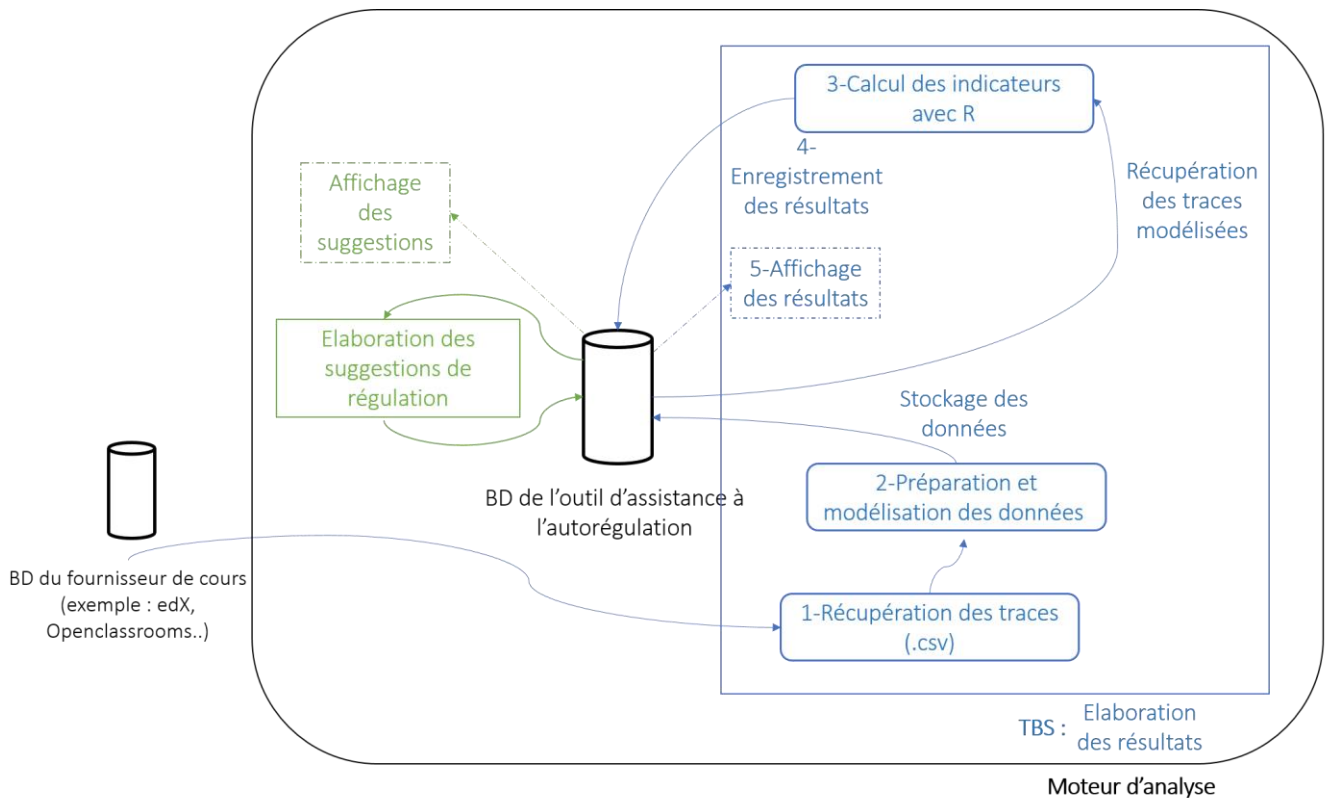


Figure 4.5 : Fonctionnement du moteur d'analyse

4.5.1. Méthodes et Algorithmes de Calcul des Indicateurs

Dans cette section, nous allons présenter les méthodes de calcul des indicateurs (algorithmes) utilisées par le moteur d'analyse pour calculer les résultats.

Les différentes données (traces) sont récupérées depuis la base de données du fournisseur dans des fichiers sous le format csv. Elles seront ensuite chargées dans les structures de données afin de calculer les indicateurs. Pour cela, nous utiliserons des algorithmes qui nous permettront de :

- Algorithme 1 : Retourner la durée moyenne d'apprentissage (le temps moyen des accès à la plateforme de cours).
- Algorithme 2 : Retourner l'intervalle de connexion (Calcul du temps écoulé entre les deux derniers accès à la plateforme).
- Algorithme 3 : Retourner le nombre de réponses postées et de sujets créés sur le forum en comptant le nombre total de sujets et de réponses postées.
- Algorithme 4 : Retourner le nombre de relecture d'un chapitre (le nombre d'accès à un chapitre de cours après le premier accès (répétition)).
- Algorithme 5 : Retourner le nombre d'activités validées (soumission d'exercices) et le taux d'achèvement des activités.

4.5.2. Génération des suggestions de régulation

Pour chaque indicateur calculé, des suggestions de régulation sont associées. Ces suggestions sont affichées aux apprenants pour chaque indicateur dont le résultat ne correspond pas aux valeurs normales (optimales) de ce dernier.

- Gestion du temps : la plupart des problèmes de gestion du temps sont liés à la planification inefficace et à la sous-évaluation du temps nécessaire pour terminer, ce qui induit au découragement et à l'abandon de la tâche en cours de réalisation. Une session de connexion doit durer entre 20 et 30 minutes minimum, c'est le temps moyen d'une session d'apprentissage dans le contexte du e-learning. Ce qui suit représente la suggestion proposée pour une durée d'accès trop courte (tableau 4.3).

Il est impossible de savoir avec précision si l'apprenant a été actif durant toute la durée de connexion si celle-ci a été longue, néanmoins sa courte durée peut être un bon indicateur de son découragement à étudier.

Indicateur	Suggestion	Condition de génération
Durée moyenne de connexion pour chaque accès.	Essayez d'optimiser au mieux votre temps : Programmez des séances de travail sérieuses avec comme objectif, un chapitre à terminer au minimum durant chaque session, pour cela fixez des séances de 30 à 60 minutes lors de l'élaboration de votre planning.	Si la durée de connexion est inférieure à 20 minutes.

Tableau 4.3 : Suggestion de régulation pour une durée d'accès trop courte

- Régularité : La régularité de l'apprentissage est étroitement liée à la capacité à s'autodiscipliner et à suivre le planning d'étude fixé. La durée de l'intervalle de temps entre deux accès successifs à la plateforme de cours peut être un bon indicateur sur l'désorganisation de l'apprenant. Dans le tableau 4.4 sont proposées les suggestions pour un intervalle d'accès trop long et par conséquent une faible fréquence d'accès à la plateforme d'apprentissage.

Indicateur	Suggestion	Condition de génération
Intervalle de connexion et fréquence d'accès	1- Il est très important de trouver le rythme qui vous convient le plus, l'assiduité et l'implication sont indispensables ! Essayez donc d'élaborer un planning adapté que vous pouvez facilement intégrer à votre routine quotidienne et de bloquer dans votre agenda des plages horaires pour vous consacrer à votre cours chaque semaine, c'est la meilleure façon de s'auto-discipliner.	Si la durée entre deux accès à la plateforme de cours dépasse les 2 jours.

2- Essayez d'être plus consciencieux et de tenir le plus possible au planning que vous avez élaboré en programmant des rappels (sur votre téléphone par exemple).

Tableau 4.4 : Suggestion de régulation pour le non suivi de la stratégie de régulation

- Réalisation des tests, exercices et quiz : La plupart des apprenants ont tendance à ignorer les différents quiz et exercices proposés durant le cursus si ces derniers ne sont pas obligatoires. Dans le tableau 4.5 sont proposées les suggestions pour une faible validation des exercices ainsi qu'un taux d'achèvement faible.

Indicateur	Suggestion	Condition de génération
Nombre de soumissions d'exercices	Ne pas résoudre les exercices proposés lors des différentes parties du cours est une très mauvaise habitude d'apprentissage. Il est très important d'appliquer activement vos connaissances acquises et de les mettre en pratique. Cela vous permettra de consolider vos acquis.	Si aucun exercice n'a été validé par chapitre. (Valider, au minimum un exercice par chapitre)
Taux d'achèvement	Il est peut-être conseillé de relire les chapitres/ parties du cours où vous avez obtenus des scores moyens, et de revoir les concepts appris. Si vous ressentez des lacunes, il est impératif de s'arrêter et d'essayer de comprendre et d'assimiler parfaitement ce que vous avez appris plutôt que de succéder les chapitres. Cela vaut peut-être la peine d'utiliser la section d'aide de la plateforme (forum) pour poser des questions sur les concepts que vous n'avez pas compris et sur les erreurs que vous avez commises.	Si plus de la moitié des exercices validés ont été réussis.

Tableau 4.5: Suggestions de régulation pour le non suivi de la stratégie de réalisation des exercices proposés

- Recherche d'informations et demande d'aide : Les forums de discussion peuvent être un puissant moyen de formation en ligne car ils favorisent l'interaction entre les différents apprenants sur la plateforme, ce qui leur permet d'avoir des connaissances plus approfondies sur le sujet et les aident

à en découvrir de nouveaux aspects. Dans le tableau 4.6 sont présentées les suggestions pour une faible utilisation du forum.

Indicateur	Suggestion	Condition de génération
Nombre de réponses postées	Les forums de discussion peuvent être un moyen puissant pour votre formation. Essayez de participer davantage aux discussions créées, en apportant des réponses et des commentaires sur les chapitres que vous avez lus, par exemple en consacrant 10 minutes à la fin de chaque chapitre pour jeter un œil sur les sujets postés le concernant et essayez d'apporter des éléments des réponse.	Si aucune réponse n'a été postée durant la semaine.
Nombre de sujets postés	-Demander de l'aide sur les concepts que vous ne comprenez pas en posant des questions peut les faire sembler moins complexes. Essayez d'en faire une habitude, chaque fois que vous vous sentez désorienté de demander de l'aide, les réponses des autres étudiants vous encouragerons à avancer. -Pour en faire une habitude essayez de créer un calendrier d'accès au forum, par exemple en programmant un jour chaque semaine pour publier vos questions.	Si aucun sujet n'a été posté durant la semaine

Tableau 4.6 : Suggestions de régulation pour le non suivi de la stratégie de demande d'aide

- Relecture pour consolidation ou rectification, répétition et mémorisation : Comme cité précédemment la relecture est une stratégie souvent entreprise spontanément par les apprenants autorégulés lorsqu'ils ont besoin d'améliorer leur niveau de compréhension. Seulement, relire, plusieurs fois un même chapitre ou une même partie d'un cours peut être signe de stagnation et d'une mauvaise façon d'apprendre.

Indicateur	Suggestion	Condition de génération
Nombre de relecture de chapitres	- Essayez de revoir la façon dont vous lisez et apprenez les parties de votre cours : ne passez outre aucun concept important et donnez de l'importance à chaque information présentée.	Si un chapitre a été relu plus de 2 fois.

- Concentrez-vous dès le début et assurez-vous d'être dans un environnement calme sans aucune distraction autour de vous.

Tableau 4.7 : Suggestions de régulation pour un grand nombre de relecture d'un même chapitre

4.6. Interfaces de l'Application de Rendu

Nous avons développé une application web, dont la principale partie est le tableau de bord (dashboard) pour assister les étudiants suivant des cours sur des plateformes d'apprentissage en ligne (exemple : des MOOC) et les aider à s'autoréguler pour réussir. Dans ce qui suit, nous allons présenter les différentes interfaces de l'application.

4.6.1. Interface d'Accueil

L'interface d'accueil de l'outil est accessible par l'apprenant après la connexion. Elle comporte deux sections principales, les cours que l'apprenant suit sur diverses plateformes d'apprentissage et qu'il a ajouté, et les stratégies qu'il devrait adopter afin de réussir. Dans la figure 4.6 nous présentons un exemple de la page qui s'affiche en prenant comme exemple un apprenant et un cours (CS50's Web Programming with Python and JavaScript) présenté sur la plateforme d'apprentissage edX¹⁷.

17 <https://www.edx.org/>, une plateforme d'apprentissage en ligne fondée par Harvard et le MIT.

Accueil localhost

OUTIL D'ASSISTANCE A L'AUTOREGULATION

BIENVENU

Abbad Yacine

EDITER PROFIL

Cours enregistrés Ajouter un cours +

Nom	Plateforme	
CSS0's Web Programming with Python and JavaScript	edX	SUPPRIMER

Stratégies à utiliser

- > Gestion du temps
 - Estimez le temps nécessaire à la formation et répartissez les heures uniformément entre les différents jours de la semaine en fixant un planning clair et en définissant le nombre d'heures à étudier chaque jour (entre deux à trois heures par jour), cela vous permettra d'être régulier.
- > Structuration de l'environnement
 - Aménagez et organisez votre espace de travail et trouvez un endroit dédié à l'apprentissage (calme), idéalement un bureau, loin de toute distraction.
 - Dégagez votre espace de travail de tout objet inutile et distrayant (smartphone, magazines, nourriture ...), désactivez les notifications sur tous vos appareils connectés, fermez voire bloquez les accès aux réseaux sociaux sur votre ordinateur.
 - Prenez soin d'avoir à portée de main tout le matériel nécessaire.
- > Recherche d'information et demande d'aide
 - Accédez régulièrement au forum de discussion de la plateforme d'apprentissage, demandez de l'aide chaque fois que vous en avez besoin en posant des questions pertinentes.
 - Essayez également d'aider en répondant aux questions déjà posées, cela vous permettra de consolider ce que vous avez appris.
- > Réalisation des tests, exercices et quiz
 - Essayez de compléter tous les quiz et exercices proposés, cela vous aidera à connaître les parties du cours que vous n'avez pas bien comprises, et vous permettra d'identifier facilement vos lacunes.
- > Relecture pour consolidation ou rectification
 - Relisez les chapitres où vous ressentez des lacunes, cela vous permettra d'améliorer votre niveau de compréhension.
 - Si vous trouvez qu'un chapitre est difficilement compréhensible, prenez aussi la peine de relire les chapitres précédents.
- > Auto-explication
 - Essayez de reformuler ce que vous avez lu et appris et expliquez-le à vous-même en utilisant vos propres mots. Cela soutiendra et consolidera votre compréhension et vous aidera à intégrer les nouvelles informations avec vos connaissances déjà acquises.
- > Auto-suivi et auto-évaluation
 - Évaluez régulièrement vos progrès en analysant vos objectifs prédéfinis, cela vous permettra de savoir si vous êtes sur la bonne voie.
 - Posez vous les bonnes questions (ex. Est-ce que j'arrive à bien comprendre ? Suis-je entraîné de bien avancer ?) cela vous permettra d'être plus efficace lors de votre apprentissage.

Figure 4.6 : La page d'accueil

4.6.2. Interface d'Ajout d'un Cours

En cliquant sur le bouton Ajouter un cours, l'apprenant sera redirigé vers une page où il pourra enregistrer un cours qu'il suit sur n'importe quelle plateforme en ligne afin de lui fournir un suivi. La figure 4.7 représente une capture d'écran de la page. Pour ajouter un cours, l'apprenant devra mentionner la plateforme sur laquelle il suit ce cours, l'intitulé du cours, ainsi que son nom d'utilisateur (son identifiant) sur la plateforme d'apprentissage. Il devra aussi écrire les différents objectifs qu'il veut atteindre pour le cours en question.

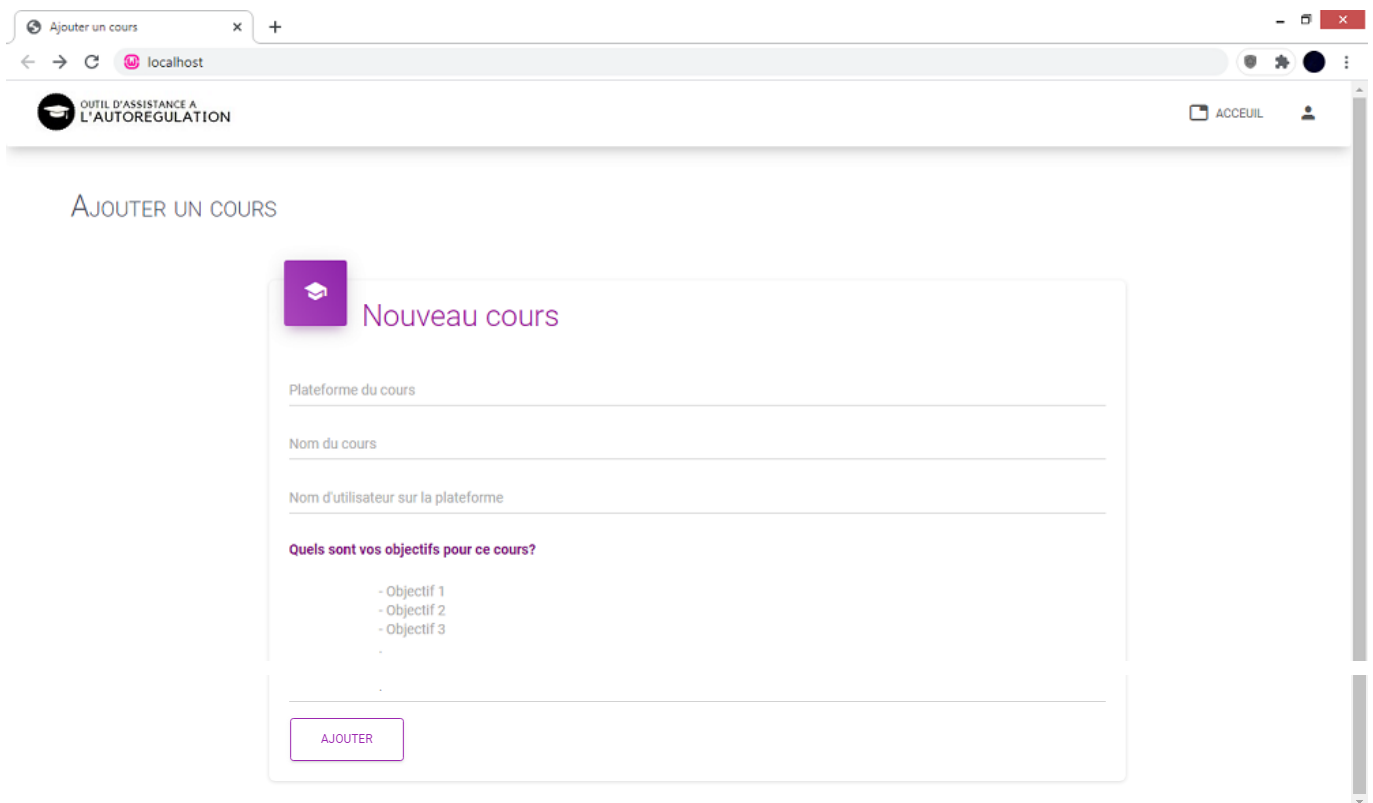


Figure 4.7 : La page Ajouter un cours

4.6.3. Interface du Tableau de Bord

En cliquant sur un cours, dans la table des cours enregistrés dans la page d'accueil, l'apprenant sera redirigé vers le tableau de bord de ce dernier. Il se comporte de trois principales parties :

1. Les objectifs de l'apprenant concernant le cours, ils seront affichés comme un rappel de ce qu'il souhaite réaliser et achever afin de le motiver à être régulier dans son apprentissage.
2. Les différentes statistiques : Dans cette partie seront affichées les résultats des indicateurs calculés de chaque stratégie d'apprentissage proposée. Les résultats seront sous forme simple valeurs ou de graphiques selon le type d'indicateur.
3. La table des suggestions : les différents directives et conseils qu'il devra suivre pour améliorer/corriger ses habitudes d'apprentissage. Les suggestions concernent les stratégies qu'il n'applique pas correctement, tel que pour chaque indicateur dont le résultat n'est pas inclus dans l'intervalle des valeurs normales de ce dernier, une suggestion sera proposée.

La figure 4.8 est un exemple de la façon dont les résultats seraient affichés à l'utilisateur.

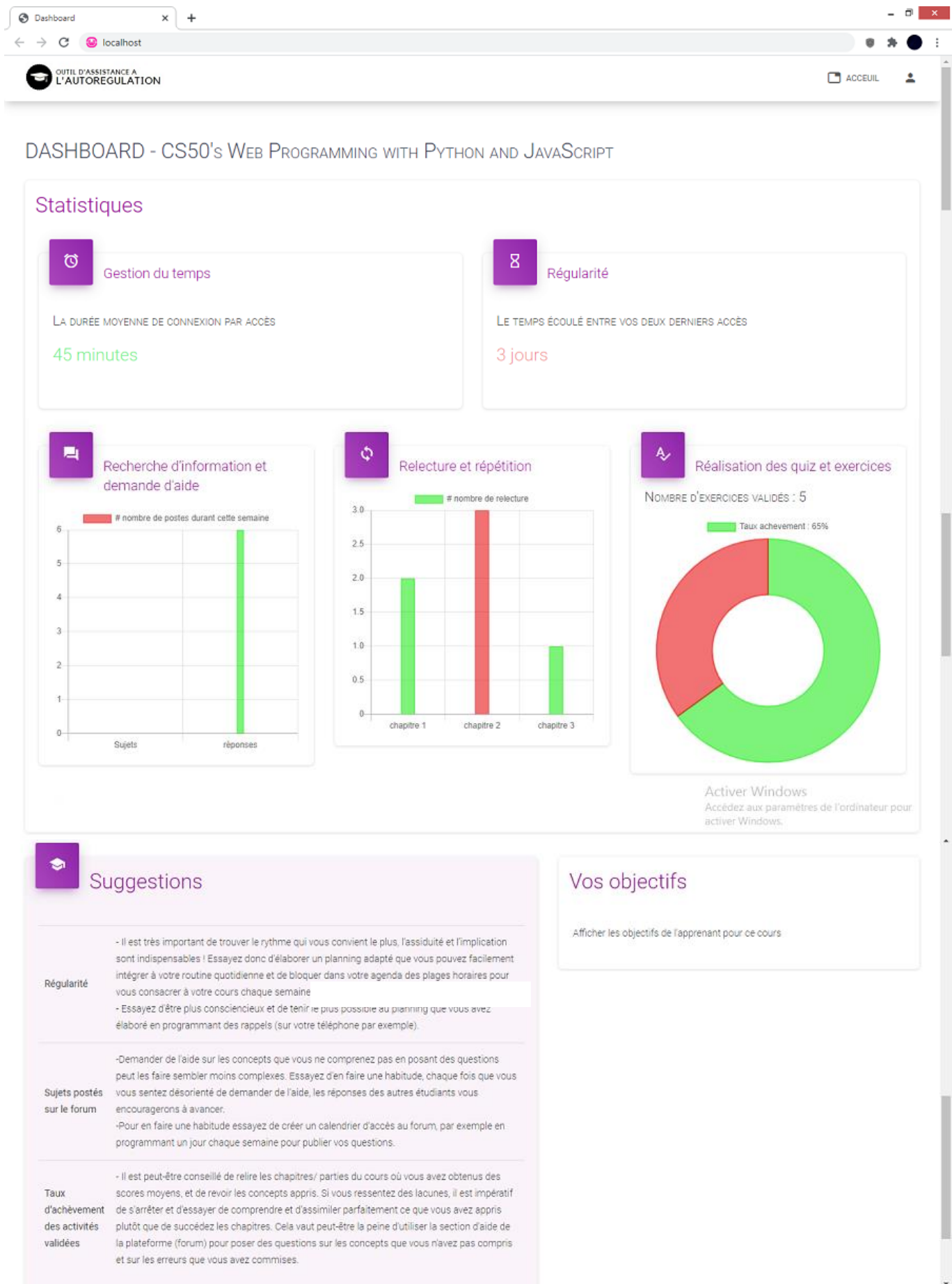


Figure 4.8 : Un exemple d'un tableau de bord d'un cours

Comme illustré dans cette dernière figure :

- Les indicateurs de la durée de l'intervalle de connexion ainsi que la durée moyenne des accès à la plateforme sont affichés sous forme numérique : en vert pour indiquer que l'apprenant est sur la bonne voie ou en rouge pour l'inciter à faire attention.
- L'indicateur correspondant au nombre total de sujets et de réponses postées sur le forum représentant la stratégie de recherche d'information et de demande d'aide, ainsi que l'indicateur représentant la relecture des chapitres sont affichés à l'aide d'un histogramme, représentant respectivement, le nombre total de sujets et de réponses publiés depuis le début de l'apprentissage et le nombre total de lecture de chaque chapitre.
- L'indicateur représentant la stratégie de réalisation des quiz et exercices quant à lui, est affiché en utilisant un diagramme circulaire représentant le taux moyen d'achèvement des exercices validés.

4.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une mise en œuvre de notre proposition théorique. Dans un premier temps nous avons défini son architecture et les logiques de mise en œuvre à l'aide des technologies du web. Dans un second temps nous avons expliqué le fonctionnement du moteur d'analyse en détaillant les méthodes de calcul des indicateurs proposés dans le chapitre précédent et des suggestions de régulation. Enfin, nous avons conclu par la présentation des interfaces graphique s'affichant à l'apprenant

Conclusion Générale et Perspectives

Les nouvelles technologies s'installent de plus en plus dans notre quotidien jusqu'à influencer notre manière d'apprendre. En effet une grande partie de notre apprentissage se fait en ligne. Par conséquent, tout étudiant se doit d'être autonome en déterminant quand et comment s'engager et surtout comment organiser son apprentissage en ligne ainsi que son déroulement car en dehors de leur environnement habituel où ils sont dirigés par des emplois du temps et des tâches précises à accomplir... La situation sanitaire qu'a vécue le monde durant l'année 2020 est un des meilleurs exemples de la nécessité aux étudiants de maîtriser les outils et les méthodes l'apprentissage en ligne et surtout à s'autoréguler. Des étudiants en mal de préparation étaient confrontés aux différents défis de l'apprentissage en ligne où ils devaient de surcroît combiner plusieurs stratégies d'autorégulation : gestion du temps, régularité, recherche d'information et demande d'aide... etc. En effet, beaucoup d'étudiants font face à des difficultés à rester motivés et achever leurs cours. D'où l'importance de leur fournir une rétroaction sur la manière d'apprendre afin qu'ils puissent s'autoréguler et réussir.

L'importance de la rétroaction dans l'apprentissage des apprenants est depuis longtemps reconnue comme un élément clé de leur autorégulation, leur permettant de suivre leurs progrès vers leurs objectifs et de modifier leurs stratégies pour les atteindre. Une façon de leur fournir cette rétroaction en utilisant l'analyse de l'apprentissage est d'utiliser des tableaux de bord pour les suivre tout au long de leur processus d'apprentissage. En effet, les tableaux de bord constituent une forme d'analyse de l'apprentissage qui prend les données d'un étudiant et les lui présente dans le but de les aider à améliorer son auto-évaluation et par conséquent son autorégulation.

L'objectif du travail présenté dans ce mémoire est d'élaborer une méthodologie et d'implémenter des outils qui se basent sur l'analyse du comportement des apprenants sur les plateformes d'apprentissage pour les assister à s'autoévaluer pour mieux s'autoréguler. Pour ce faire, nous nous sommes d'abord basés sur un modèle théorique d'autorégulation solide adapté à notre contexte (le modèle de Winne et Hadwin). La conformité de nos propositions à ce modèle permet de garantir à l'outil de suivre une démarche correcte vérifiée dans la littérature et testée sur le terrain. Le principe de la solution proposée repose sur la proposition préalable aux apprenants d'un ensemble de stratégies à utiliser afin de les aider à adopter de bonnes habitudes d'apprentissage et les aider à réussir. Nous avons choisi ces stratégies en faisant une synthèse de différentes études dans le domaine. Une fois qu'un apprenant sélectionne ses stratégies, toutes ses actions sur la plateforme d'apprentissage sont enregistrées puis analysées. Différents indicateurs sont calculés et analysés à leur tour dans l'objectif de mieux cerner le comportement de l'apprenant et de détecter si ce dernier arrive à bien utiliser les stratégies qu'il avait indiqué vouloir actionner. L'élaboration de la liste d'indicateurs (tels que le calcul des durées de connexion, du nombre d'exercices validés et de leur taux d'achèvement) est basée sur l'étude des différentes stratégies et la détermination des meilleures métriques permettant d'appréhender chacune des stratégies que nous avons proposé d'utiliser. Enfin, dans le cas où l'outil détecte que l'apprenant doit apporter des modifications à son comportement, donc a besoin de

s'autoréguler, des suggestions lui sont fournies, comme rétroaction afin de les aider à améliorer leur processus d'apprentissage et donc de réussir.

Comme perspectives, nous proposons d'identifier et d'utiliser un ensemble d'indicateurs plus précis et plus complexes qui permettent de mieux suivre l'apprentissage des étudiants et de ce fait de leur fournir une meilleure rétroaction.

Il existe de nombreux axes potentiels de travail futur comme perspectives de prolongement des résultats obtenus au cours de ce mémoire. Il faudrait d'abord mener des études d'envergure pour pouvoir déterminer plus clairement la différence en termes d'autorégulation entre l'apprentissage présentiel et l'apprentissage en ligne. Ceci devra permettre d'élaborer un modèle plus spécifique pour l'autorégulation sur les plateformes en ligne. D'autre part, en ce qui concerne les indicateurs comportementaux, nous aimerions travailler à la définition de mesures plus élaborées, voire définir plusieurs niveaux d'indicateurs, où certains seraient basés sur la combinaison d'autres. Cela permettrait de mieux caractériser le comportement des apprenants pour mieux déceler le niveau d'autorégulation qu'ils arrivent à activer au cours de l'apprentissage. De tels indicateurs permettront aussi d'apporter une assistance plus spécifique, par exemple via des outils de guidage et de tutoring intelligent.

En ce qui concerne le volet analyse à l'aide de tableaux de bord d'apprentissage, une de nos futures perspectives est de concevoir et de mettre en œuvre des visualisations différentes et personnalisables pour une analyse plus approfondie de l'activité des apprenants et un guidage plus robuste des apprenants.

Enfin, une des lacunes de ce travail est le manque de validation avec des données concrètes des apprenants. Nous envisageons dans ce sens d'améliorer nos propositions puis de mener un ensemble d'études qui nous permettront d'évaluer et de valider notre démarche, les différentes stratégies et différents indicateurs utilisés, ainsi que la qualité du tableau de bord et de l'assistance que ce dernier fournisse aux apprenants.

Bibliographies

- Arend, B. D. (2007). Course assessment practices and student learning strategies in online courses. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 11(4), 3-17.
- Baker, R. S. J. D. (2010). Data mining for education. *International encyclopedia of education*, 7(3), 112-118.
- Belgroun, B., & Admane, L. (2018). A traces based system helping to assess knowledge level in e-learning system. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*(3), 03-05.
- Benoit, G. (2019). *Introduction to information visualization: Transforming data into meaningful information*. Rowman & Littlefield.
- Boekaerts, M. (2011). Emotions, emotion regulation, and self-regulation of learning. *Handbook of self-regulation of learning and performance*, 5, 408-425.
- Bonnin, G., & Boyer, A. (2015). Apport des Learning Analytics. Administration & Education, Bulletin de l'AFAE, Association française des administrateurs de l'éducation. <https://hal.inria.fr/hal01259230v2>
- Bousbia, N., Labat, J. M., Rebai, I., & Balla, A. (2008). How to determine the learners' learning styles in e-learning situation? In *Proceedings - ICCE 2008: 16th International Conference on Computers in Education* (pp. 185–186).
- Clow, D. (2012). The learning analytics cycle: closing the loop effectively. *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, 134-138.
- Cosnefroy, L. (2011). *L'apprentissage autorégulé : entre cognition et motivation*. Grenoble : Presses universitaires de Grenoble, 186 p.
- Cosnefroy, L. (2010). L'apprentissage autorégulé : perspectives en formation d'adultes. *Savoirs*, 23(2), 9-50. doi:10.3917/savo.023.0009.
- Daniel, P. (2019). Les Learning Analytics en question : panorama, limites, enjeux et visions d'avenir. *Distance et Médiations des Savoirs* (25).
- Dillenbourg, P., Zufferey, G., Alavi, H., Jermann, P., Do-lenh, S., & Bonnard, Q. (2011). Classroom Orchestration : The Third Circle of Usability - Why is Paper Highly Usable in Classrooms ? *CSCCL 2011 Proceeding*, 1(January), 510–517.
- Dimitrakopoulou, A., Petrou, A., Martinez, A., Marcos, A., Kollias, V., Jermann, P., ... Bollen, L. (2006). *State of the art of interaction analysis for Metacognitive Support Diagnosis. Deliverable* (pp. 1–119). Retrieved from <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00190146>
- Djouad, T. (2011). Ingénierie des indicateurs d'activités à partir de traces modélisées pour un environnement informatique d'apprentissage humain. *Ordinateur et société*. Université Claude Bernard - Lyon I; Université Mentouri-Constantine.
- Djouad, T., Lotfi Sofiane, S., Yannick, P., Christophe, R., & Alain, M. (2010). Un Système à Base de Traces pour la modélisation et l'élaboration d'indicateurs d'activités éducatives individuelles et collectives. Mise à l'épreuve sur Moodle. *Université de Lyon, CNRS*, 721-741.

- Djouad, T., & Mille, A. (2017). Observing and Understanding an On-Line Learning Activity: A Model-Based Approach for Activity Indicator Engineering. *Technology, Knowledge and Learning*, 23(1), 41–64. doi:10.1007/s10758-017-9337-9
- Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4–58. doi:10.1177/1529100612453266
- Gehringer, E. F. (2017). Self-assessment to improve learning and evaluation. In *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings* (Vol. 2017-June). American Society for Engineering Education. <https://doi.org/10.18260/1-2--28816>
- ElSayed, A.A., Cairo-Rodríguez, M., MikicFonte, F.A. & Llamas-Nistal, M. (2019). Research in Learning Analytics and Educational Data Mining to Measure Self-Regulated Learning: A Systematic Review. In *Proceedings of World Conference on Mobile and Contextual Learning 2019* (pp. 46-53). Retrieved April 26, 2020 from <https://www.learntechlib.org/p/210600/>.
- Garcia, R., Falkner, K., & Vivian, R. (2018). Systematic literature review: Self-Regulated Learning strategies using e-learning tools for Computer Science. *Computers & Education*, 123, 150-163.
- Greene, J. A., & Azevedo, R. (2007). A theoretical review of Winne and Hadwin's model of self-regulated learning: New perspectives and directions. *Review of educational research*, 77(3), 334-372.
- Harris, R. (2014). Learning Strategy 4: Self-Monitoring. Retrieved from <https://www.virtualsalt.com/learn4.html>
- Jovanović, J., Gašević, D., Brooks, C., Devedžić, V., & Hatala, M. (2007, September). LOCO-analyst: A tool for raising teachers' awareness in online learning environments. In *European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 112-126). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Karabenick, S. A., & Newman, R. S. (2006). *Help seeking in academic settings: Goals, groups and contexts*. Mahwah, NJ: Erlbaum
- Kennedy, S. (2018). Educational Technology and Curriculum. Scientific e-Resources.
- Khiat, H. (2019). Using automated time management enablers to improve self-regulated learning. *Active Learning in Higher Education*, 1–13. <https://doi.org/10.1177/1469787419866304>.
- Kim, J., Jo, I. H., & Park, Y. (2016). Effects of learning analytics dashboard: analyzing the relations among dashboard utilization, satisfaction, and learning achievement. *Asia Pacific Education Review*, 17(1), 13-24.
- Kim, D., Yoon, M., Jo, I.-H., & Branch, R. M. (2018). Learning analytics to support self-regulated learning in asynchronous online courses: A case study at a women's university in South Korea. *Computers & Education*. doi:10.1016/j.compedu.2018.08.023
- Kizilcec, R. F., Pérez-Sanagustín, M., & Maldonado, J. J. (2017). Self-regulated learning strategies predict learner behavior and goal attainment in Massive Open Online Courses. *Computers & education*, 104, 18-33.
- Kovach, R. (1997). Academic achievement and the self-regulation of study time : Quantitative and qualitative dimensions. Unpublished doctoral dissertation, City University of New York.
- Kurt, S. (2015). Educational Technology: An Overview. In *Educational Technology*. Récupéré depuis : <https://educationaltechnology.net/educational-technology-an-overview/>
- Li, H., Flanagan, B., Konomi, S. I., & Ogata, H. (2018a). Measuring behaviors and identifying indicators of self-regulation in computer-assisted language learning courses. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 13(1), 19.
- Li, J., Ye, H., Tang, Y., Zhou, Z., & Hu, X. (2018b). What are the effects of self-regulation phases and strategies for Chinese students? A meta-analysis of two decades research of the association between self-regulation and academic performance. *Frontiers in Psychology*, 9, 2434.

- Marriott, N., & Goyder, H. (2009). *Manual for monitoring and evaluating education partnerships*. International Institute for Educational Planning (IIEP).
- Mille, A. (2013). De la trace à la connaissance à l'ère du Web. Introduction au dossier. *Intellectica*, 59(1), 7-28.
- Niemi, H., Nevgi, A., & Virtanen, P. I. (2003). Towards self-regulation in web-based learning. *Journal of Educational Media*, 28(1), 49-71.
- Pardo, A. (2014). Designing Learning Analytics Experiences. *Learning Analytics*, 15-38.
- Park, Y., & Jo, I. H. (2015). Development of the learning analytics dashboard to support students' learning performance. *Journal of Universal Computer Science*, 21(1), 110.
- Panadero, E. (2017). A review of self-regulated learning: Six models and four directions for research. *Frontiers in psychology*, 8, 422.
- Panadero, E., Klug, J., and Järvelä, S. (2015). Third wave of measurement in the self-regulated learning field: when measurement and intervention come hand in hand. *Scand. J. Educ. Res.* 60, 723–735. doi: 10.1080/00313831.2015.1066436
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In *Handbook of self-regulation* (pp. 451-502). Academic Press.
- Pintrich, P. R. (1995). Understanding self-regulated learning. *New directions for teaching and learning*, 1995(63), 3-12.
- Rodríguez-Triana, M. J. (2017). Monitoring, Awareness and Reflection in Blended Technology Enhanced Learning: a Systematic Review. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4-6.
- Roll, I., & Winne, P. H. (2015). Understanding, evaluating, and supporting self-regulated learning using learning analytics. *Journal of Learning Analytics*, 2(1), 7–12. <https://doi.org/10.18608/jla.2015.21.2>.
- Rosenberg, M. J. and Foshay, R. (2002). E-learning: Strategies for delivering knowledge in the digital age. *Performance Improvement*, 41(5):50–51.
- Sadallah, M. (2019). *Models and Tools for Usage-based e-Learning Documents Reengineering* (Doctoral dissertation, Université Abderrahmane Mira de Bêjaïa (Algérie)).
- Schraw, G. (2010). Measuring self-regulation in computer-based learning environments. *Educational Psychologist*, 45(4), 258–266. <https://doi.org/10.1080/00461520.2010.515936>.
- Scheu, O., & Zinn, C. (2007). How did the e-learning session go? The Student Inspector. In *13th International Conference on Artificial Intelligence and Education (AIED 2007)*. IOS Press.
- Schunk, D. H. (2003). Self-efficacy for reading and writing: Influence of modeling, goal setting, and self-evaluation. *Reading & Writing Quarterly*, 19(2), 159-172.
- Siemens, G., Gasevic, D., Haythornthwaite, C., Dawson, S., Shum, S. B., Ferguson, R., ... & Baker, R. S. J. D. (2011). *Open Learning Analytics: an integrated & modularized platform* (Doctoral dissertation, Open University Press).
- Université Laval. (s.d.). Retrieved from <https://www.enseigner.ulaval.ca/ressources-pedagogiques/la-retroaction>
- Vidal, S. (2006). Visualisation de l'information - un panorama d'outils et de méthodes, *Technical report*, INIST-CNRS - Institute for scientific and technical information, Vandoeuvre-ls-Nancy, France
- Winne, P. H. (2001). Self-regulated learning viewed from models of information processing. In B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Eds.), *Self-regulated learning an academic achievement: Theoretical perspectives* (2nd ed., pp. 153-189). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum

- Winne, P. H., & Hadwin, A. F. (2008). The weave of motivation and self-regulated learning In: Schunk DH, Zimmerman BJ, editors. *Motivation and self-regulated learning: Theory, research, and application*.
- Winne, P. H., Hadwin, A. F., & Gress, C. (2010). The learning kit project: Software tools for supporting and researching regulation of collaborative learning. *Computers in Human Behavior*, 26(5), 787-793.
- Winne, P. H., Zhou, M., and Egan, R. (2011). "Designing assessments of self regulated learning," in *Assessment of Higher-order Thinking Skills*, eds G. Schraw and D. H. Robinson (Charlotte, NC: Information Age Publishing),89–118
- Yahiaoui, L. (2012). *Redocumentation des traces d'utilisation d'un environnement informatique* (Doctoral dissertation)
- Yoo, Y., Lee, H., Jo, I. H., & Park, Y. (2015). Educational dashboards for smart learning: Review of case studies. In *Emerging issues in smart learning* (pp. 145-155). Springer, Berlin, Heidelberg.
- You, J. W. (2016). Identifying significant indicators using LMS data to predict course achievement in online learning. *The Internet and Higher Education*, 29, 23-30.
- Zimmerman, B. J., & Pons, M. M. (1986). Development of a structured interview for assessing student use of self-regulated learning strategies. *American Educational Research Journal*, 23(4), 614–628. Doi : 10.2307/1163093
- Zimmerman, B. J. (1998). Academic studing and the development of personal skill: A self-regulatory perspective. *Educational psychologist*, 33(2-3), 73-86.
- Zimmerman, B. J., Bonner, S., & Kovach, R. (1996). *Developing self-regulated learners: Beyond achievement to self-efficacy*. American Psychological Association. Viau, R. (1994). *La motivation en contexte scolaire*. Éditions du Renouveau pédagogique.
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In *Handbook of self-regulation* (pp. 13-39). Academic Press.
- Zimmerman, B. J., & Kitsantas, A. (2002). Acquiring writing revision and self-regulatory skill through observation and emulation. *Journal of educational psychology*, 94(4), 660–668.