

Université de Montréal

Impact des émotions sur les performances

par

Ramla Ghali

Département d'Informatique et de Recherche Opérationnelle
Faculté des Arts et des Sciences

Mémoire présenté à la Faculté des Arts et des Sciences
en vue de l'obtention du grade de Maîtrise (M.Sc.)
en Informatique

Avril, 2010

© Ramla Ghali, 2010

Université de Montréal
Faculté des Arts et des Sciences

Ce mémoire intitulé :

Impact des émotions sur les performances

Présenté par :

Ramla Ghali

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Esma Aïmeur, président-rapporteur
Claude Frasson, directeur de recherche
Bruno Dufour, membre du jury

Résumé

Les émotions jouent un rôle primordial dans les processus cognitifs et plus particulièrement dans les tâches d'apprentissage. D'ailleurs, plusieurs recherches neurologiques ont montré l'interrelation qui existe entre la cognition et les émotions. Elles ont aussi déterminé plusieurs formes d'intelligence humaine autre que l'intelligence rationnelle parmi lesquelles nous distinguons la forme ayant comme dimension émotionnelle, à savoir l'intelligence émotionnelle, vu son impact sur les processus d'apprentissage. L'intelligence émotionnelle est alors un facteur significatif de réussite scolaire et professionnelle. Sous la lumière de ces constatations présentées, les informaticiens à leur tour, vont alors tenter de consentir de plus en plus de place au facteur émotionnel dans les systèmes informatiques et plus particulièrement dans ceux dédiés à l'apprentissage. L'intégration de l'intelligence émotionnelle dans ces systèmes et plus précisément, dans les Systèmes Tutoriels Intelligents (STI), va leur permettre de gérer les émotions de l'apprenant et par la suite améliorer ses performances. Dans ce mémoire, notre objectif principal est d'élaborer une stratégie d'apprentissage visant à favoriser et accentuer la mémorisation chez les enfants.

Pour atteindre cet objectif, nous avons développé un cours d'anglais en ligne ainsi qu'un tuteur virtuel utilisant des ressources multimédia tels que le ton de la voix, la musique, les images et les gestes afin de susciter des émotions chez l'apprenant. Nous avons conduit une expérience pour tester l'efficacité de quelques stratégies émotionnelles ainsi qu'évaluer l'impact des émotions suscitées sur la capacité de mémorisation des connaissances à acquérir par l'apprenant. Les résultats de cette étude expérimentale ont prouvé que l'induction implicite des émotions chez ce dernier a une influence significative

sur ses performances. Ils ont également montré qu'il n'existe pas une stratégie efficace pour tous les apprenants à la fois, cependant l'efficacité d'une telle stratégie par rapport à une autre dépend essentiellement du profil comportemental de l'apprenant déterminé à partir de son tempérament.

Mots-clés : système tutoriel intelligent, tempérament, induction de l'émotion, stratégie émotionnelle efficace pour l'apprentissage, mémorisation des connaissances.

Abstract

Emotions play a crucial role in cognitive processes, particularly in learning tasks. Furthermore, several studies in neurosciences have shown that emotion is closely related to cognitive processes. They have also determined many different forms of intelligence other than the rational intelligence; one of them is the form having an emotional dimension which influences the learning processes, namely emotional intelligence. Emotional intelligence is a significant factor in academic and professional success. Under the light of these results, the computer scientists will, in their turn, try to focus on the emotional factor in computer systems and more particularly in those dedicated to learning. The integration of emotional intelligence in these systems, specifically in Intelligent Tutoring System (ITS), will enable them to recognise learner's emotions and improve his/her performances. In this thesis, our main aim is to develop a learning strategy which promotes and enhances memorization by children.

To achieve this aim, we developed an English web course and a virtual tutor using multimedia resources such as voice pitch, music, images, and gestures to induce emotion in the learner. We conducted an experiment to test the effectiveness of some emotional strategies and assessed the impact of aroused emotions on the ability of memorizing knowledge to be acquired by the learner. The results of this experimental study have shown that implicit induction of emotions has a significant influence on learner's performances. Moreover, no effective strategy can be applied to all learners at the same time. However, the efficiency of a strategy depends mainly on the learner's behavioral profile based on his temperament.

Keywords: intelligent tutoring system, temperament, emotion elicitation, efficient emotional strategy for learning, knowledge memorization.

Table des matières

Résumé.....	i
Abstract.....	iii
Table des matières.....	v
Liste des tableaux.....	viii
Liste des figures.....	ix
Remerciements.....	xi
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Contexte.....	1
1.2 Problématique.....	3
1.3 Présentation du mémoire.....	6
CHAPITRE 2 ÉTAT DE L'ART.....	8
2.1 Introduction.....	8
2.2 Historique des STI.....	8
2.2.1 Enseignement programmé.....	9
2.2.2 Enseignement assisté par ordinateur.....	12
2.2.3 Enseignement intelligemment assisté par ordinateur.....	15
2.3 Architecture générale des STI.....	17
2.3.1 Expert du domaine.....	19
2.3.2 Modèle de l'apprenant.....	20
2.3.3 Tuteur.....	21
2.3.4 Interface.....	24
2.4 STI et apprentissage des langues.....	24
2.4.1 Nécessité de didacticiels pour l'apprentissage des langues.....	25
2.4.2 Outils techniques dans l'apprentissage des langues.....	25
2.5 STI et émotions.....	28
2.5.1 Lien entre émotions et processus cognitifs.....	28
2.5.2 Intelligence émotionnelle dans les STI.....	29

2.5.3	Exemples des STI émotionnels	30
2.6	Conclusion	35
CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE ET ARCHITECTURE		37
3.1	Introduction	37
3.2	Étude des processus d'apprentissage et de mémorisation.....	38
3.3	Méthodologie	41
3.3.1	Création du profil de l'élève	42
3.3.2	Technique d'acquisition lexicale.....	45
3.3.3	Techniques d'induction émotionnelle	45
3.3.4	Stratégies adoptées par le tuteur.....	50
3.3.5	Méthode d'évaluation de l'élève.....	51
3.3.6	Échelle d'identification de l'émotion courante de l'élève	51
3.4	Architecture générale du système EVLS	52
3.4.1	Modèle expert du domaine du système EVLS.....	53
3.4.2	Modèle de l'apprenant du système EVLS.....	54
3.4.3	Modèle tuteur du système EVLS	54
3.4.4	Interface du système EVLS.....	54
3.5	Conclusion	55
CHAPITRE 4 EXPÉRIMENTATION		56
4.1	Introduction	56
4.2	Les sujets.....	56
4.2.1	Description générale de l'échantillon.....	56
4.2.2	Critères de participation	57
4.3	Matériel et logiciel expérimentaux.....	57
4.4	Procédure expérimentale.....	58
4.4.1	Phase préliminaire.....	58
4.4.2	Phase d'expérimentation	60
4.4	Conclusion	68

CHAPITRE 5 RÉSULTATS ET DISCUSSION	69
5.1 Introduction.....	69
5.2 Comparaison des stratégies émotionnelles.....	69
5.2.1 Distribution des niveaux de connaissances.....	70
5.2.2 Distribution des stratégies émotionnelles	71
5.3 Stratégies émotionnelles et tempérament.....	74
5.3.1 Approche catégorielle et dimensionnelle.....	75
5.3.2 Génération des stratégies émotionnelles selon le tempérament.....	76
5.4 Identification de l'émotion par l'élève.....	84
5.5 Conclusion	85
CHAPITRE 6 CONCLUSION	87
Bibliographie.....	93
ANNEXE A QUESTIONNAIRE DE TEMPÉRAMENT	I
ANNEXE B TECHNIQUE D'AGGLOMÉRATION HIÉRARCHIQUE DANS SPSS.....	V

Liste des tableaux

Tableau 1. Types d'émotions associées aux paramètres acoustiques de la voix (tiré de (Menahem, 1983)).....	48
Tableau 2. Description des stratégies émotionnelles	50
Tableau 3. Les rétroactions du tuteur.....	67
Tableau 4. Répartition des émotions sur les participants.....	71
Tableau 5. Résultats de l'ANOVA à deux facteurs (tempérament, stratégie émotionnelle)	76
Tableau 6. Répartition des tempéraments sur les participants (approche catégorielle)	77
Tableau 7. Résultats de l'ANOVA pour le tempérament "Surgency"	78
Tableau 8. Résultats du test post-hoc pour le type "Surgency"	78
Tableau 9. Résultats de l'ANOVA pour le type "Negative Affectivity"	79
Tableau 10. Résultats de l'ANOVA pour le type "Effortful Control"	79
Tableau 11. Résultats du test post-hoc pour le type "Effortful Control"	80
Tableau 12. Répartition des tempéraments sur les participants (approche dimensionnelle)	81
Tableau 13. Résultats de l'ANOVA pour le type "Resilient"	82
Tableau 14. Résultats du test post-hoc pour le type "Resilient"	82
Tableau 15. Résultats de l'ANOVA pour le type "Overcontrolled"	83
Tableau 16. Résultats du test post-hoc pour le type "Overcontrolled"	83
Tableau 17. Résultats de l'ANOVA pour le type "Undercontrolled"	83
Tableau 18. Résultats du test post-hoc pour le type "Undercontrolled"	84
Tableau 19. Nombre des élèves groupés par émotions initiales et finales.....	85

Liste des figures

Figure 1. Exemple de programme linéaire.....	11
Figure 2. Exemple de programme ramifié (Mucchielli, 1987)	12
Figure 3. Architecture de base d'un STI (Burns et Capps, 1988).....	18
Figure 4. Cosmo et son environnement d'apprentissage (Lester <i>et al.</i> , 1999).....	31
Figure 5. Émilie exprime sa joie lorsque l'utilisateur résout un exercice difficile (Faivre <i>et al.</i> , 2002b).....	32
Figure 6. Le tuteur fournit des indications à l'étudiant lors d'un dialogue avec deux agents (Johnson <i>et al.</i> , 2004).....	34
Figure 7. Les étapes de la mémorisation (Atkinson et Shiffrin, 1968).....	39
Figure 8. Wong-Baker FACES Pain Rating Scale (Wong <i>et al.</i> , 2001)	51
Figure 9. Architecture générale du système EVLS.....	53
Figure 10. Espace administrateur de l'expérience	59
Figure 11. Exemple d'élève connectée au site de l'expérience	61
Figure 12. Les principales étapes du processus expérimental.....	62
Figure 13. Page d'accueil du site de l'expérience.....	63
Figure 14. Exemple d'interface du cours d'anglais (Cas d'une stratégie avec tuteur)	64
Figure 15. Algorithme de la génération aléatoire des stratégies	65
Figure 16. Exemple d'interface représentant le post-test.....	66
Figure 17. Exemple d'interface montrant la rétroaction du tuteur.....	67
Figure 18. Interface du choix de l'émotion courante par le participant.....	68
Figure 19. Répartition des niveaux de connaissance	70
Figure 20. Moyenne des notes dans chaque stratégie	73
Figure 21. Moyenne d'amélioration des notes pour chaque stratégie.....	74
Figure 22. Interface de classification hiérarchique dans SPSS.....	VII
Figure 23. Arbre de classification des élèves obtenu.....	VIII
Figure 24. Les trois nouveaux clusters de tempérament caractérisés par CBQ-VSF	IX

À mes parents, mon mari et toute ma famille

Remerciements

Je remercie en premier lieu mon directeur de recherche, Monsieur Claude Frasson, Professeur à l'université de Montréal, qui m'a accueillie au sein de son laboratoire et m'a permis d'intégrer une équipe dynamique et de travailler sur ce projet. Je suis très reconnaissante pour la confiance qu'il m'a donnée et pour m'avoir soutenue par ses conseils et ses idées tout au long de ma recherche.

Mes remerciements s'adressent également aux membres du jury, Madame Esma Aïmeur et Monsieur Bruno Dufour, Professeurs de l'Université de Montréal, pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Je tiens à remercier le FQRSC (Fond Québécois de la Recherche sur la Société et la Culture) et le NSERC (National Science and Engineering Research Council) pour avoir supporté ce projet.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à Monsieur Julien Morizot, Professeur à l'école de psychoéducation de l'université de Montréal, pour sa gentillesse et le temps qu'il m'a accordé pour discuter particulièrement du tempérament de l'enfant et de l'approche dimensionnelle, et pour m'avoir expliqué certaines interprétations psychologiques. Ses conseils précieux m'ont permis de bonifier significativement ce travail.

J'exprime ma gratitude à toutes les enseignantes et directrices des écoles rencontrées lors de cette étude de recherche. Plus précisément, je tiens à remercier Monsieur Alain Pilon de la commission scolaire de Montréal, Madame Louise Joly, directrice de l'école St-Antoine Marie Claret, Madame Pascale Cauchy, directrice de l'école St-Isaac-Jogues, Madame France David, directrice de l'école Marcel Vaillancourt et Madame Chantal Berthiaume, enseignante d'anglais qui m'a accueillie à plusieurs reprises et a fait preuve d'une grande gentillesse et patience.

Je remercie très chaleureusement mon mari Hatem pour son soutien aux moments difficiles de ce travail et surtout pour sa patience tout au long de ma recherche. Ses contacts et ses discussions avec les directeurs des écoles primaires m'ont permis de trouver des participants pour cette étude. Ses connaissances statistiques m'ont permis de collecter les données et mieux interpréter les résultats. C'est principalement grâce à lui que j'ai pu réaliser ce travail.

Un remerciement spécial pour Madame Afifa Monastiri pour m'avoir soutenue moralement pendant les moments difficiles. Son encouragement et ses conseils m'ont réconfortée beaucoup et m'ont permis d'aller au bout de mes choix. Je remercie également Monsieur Thierry Trotin pour la patience et le temps qu'il m'a accordé pour réviser ce mémoire. Ses conseils et ses compétences m'ont permis aussi d'améliorer l'interface graphique du site Web de ce travail.

Pour finir, je voudrais remercier mes parents et mes deux sœurs pour leurs encouragements et leur soutien moral dans les moments difficiles.

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1.1 Contexte

Le projet de recherche présenté dans ce mémoire s'inscrit dans le cadre des travaux de recherche du groupe Héron. Ce groupe vise essentiellement à rechercher et à expérimenter les contributions de l'intelligence artificielle dans les systèmes tutoriels.

De nos jours, l'utilisation des ordinateurs dans le monde de l'éducation et de la formation s'avère de plus en plus populaire. Ce qui mène plusieurs chercheurs, autant en pédagogie qu'en informatique, à étudier ces systèmes de formation et à apporter des solutions plus ciblées et plus réactives au cours des années, dans le but d'améliorer leur qualité pédagogique et leur efficacité. L'introduction de l'ordinateur dans l'enseignement va ainsi permettre le développement d'une culture informatique et favoriser le processus d'apprentissage (Gabriel, 1998).

Les premiers systèmes développés, appelés systèmes d'Enseignement Assistés par Ordinateur (EAO), sont apparus en 1970. Ces systèmes qui découlent de l'approche behavioriste¹ de l'enseignement, se sont servis des premiers ordinateurs développés permettant l'exploitation de mémoires importantes pour réaliser la tâche d'apprentissage individualisée qui sera généralement accomplie par des didacticiels² appropriés. Cependant, la présentation du matériel didactique de ces systèmes semble assez rigide puisqu'ils se

¹ L'approche behavioriste représentée essentiellement aux États-Unis (1913-1950), avait pour modèle la psychologie animale. Elle considère que la psychologie est l'étude du comportement lui-même plutôt que d'évènements mentaux. Le comportement désigne ici toute manifestation ou activité observables et mesurables d'un organisme. La forme la plus typique de cette approche est la théorie stimulus-réponse : l'apprenant est conditionné par des stimuli qui déclenchent des réponses (comportements observables).

² Un didacticiel est un logiciel éducatif destiné à l'apprentissage.

contenaient de reproduire le procédé des questions à choix multiples. Les faiblesses de ces systèmes se manifestent alors, d'une part, par l'absence de diagnostic à la suite des réponses de l'apprenant et d'autre part, par le manque d'adaptation selon le profil de ce dernier. Ainsi, nous constatons que ces systèmes n'offrent pas d'outils axés sur le modèle apprenant et ne comportent pas ou très peu de notions pédagogiques. De plus, ces systèmes sont limités au niveau matériel en termes de mémoire et de rapidité vu que l'informatique était encore en phase de développement à cette époque.

Suite à la révolution vécue dans les sciences technologiques et informatiques, une nouvelle génération de systèmes est apparue à la fin des années 80, à savoir l'Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur (EIAO), ou encore appelé **Système Tutoriel Intelligent** (STI). La conception et la réalisation d'environnement d'apprentissage de ces systèmes représentent une contribution majeure à plusieurs disciplines telles que l'intelligence artificielle, la psychologie cognitive, la didactique et les sciences de l'éducation. L'intelligence artificielle propose des formalismes informatiques permettant la représentation des connaissances et la conception des systèmes interactifs. Cependant, la psychologie cognitive apporte des connaissances sur le fonctionnement du côté psychologique au cours du processus d'apprentissage. La didactique, quand à elle, analyse la pertinence des savoirs enseignés et les conceptions implicites de l'apprenant. Par contre, les sciences de l'éducation introduisent des connaissances sur les modes de régulation des interactions entre l'apprenant et la situation d'apprentissage.

L'intégration de toutes ces disciplines dans les STI va notamment permettre de présenter des outils d'apprentissage plus souples et plus attrayants. En effet, l'objectif principal d'un STI est de simuler un tuteur humain, dans ses capacités d'expert pédagogique et d'expert du domaine, tout en introduisant un système qui prend en considération les besoins de l'apprenant, évalue et diagnostique ses problèmes afin de lui fournir l'aide nécessaire. Il analyse également les activités de l'apprenant et propose par la suite des formations pédagogiques individualisées adéquates. Ainsi, il représente sous forme de quatre modules (Burns et Capps, 1988; Murray, 1999; Nicaud et Vivet, 1988) les

informations sur l'expert du domaine, l'apprenant, le tuteur incluant les méthodes pédagogiques et l'interface.

Nous nous intéressons essentiellement dans ce mémoire au module de l'apprenant et au module tuteur d'un système tutoriel intelligent pour l'apprentissage d'une langue étrangère, à savoir l'anglais, aux enfants. L'apprentissage des langues étrangères n'est pas une tâche facile et nécessite beaucoup d'attention et de concentration pour l'acquisition de la grammaire et du vocabulaire. D'ailleurs, plusieurs entreprises (Rosetta Stone, Eurotalk) ont essayé de développer des logiciels dédiés à l'apprentissage de ces langues. Ces logiciels reposent essentiellement sur des ressources multimédia telles que les images, les animations, les sons et les vidéos pour créer des interfaces plus interactives facilitant l'apprentissage du vocabulaire. Or, ces outils ne prennent pas en compte ni l'état émotionnel ni les préférences de l'apprenant. De ce fait, nous proposons dans ce mémoire trois stratégies émotionnelles (stratégie "joie", stratégie "peur" et stratégie "colère") permettant de renforcer la mémorisation des apprenants et par la suite d'améliorer leurs performances dans l'acquisition d'une telle langue étrangère.

1.2 Problématique

La plupart des recherches effectuées autour des systèmes de traitement d'information, plus précisément les STI, ne prennent pas en considération le facteur émotionnel. Or, les émotions ont un rôle primordial dans notre vie sociale en général et dans notre vie professionnelle et éducative en particulier. En effet, les émotions comportent une signification immanente et orientent notre pensée et nos actions. Par exemple, les émotions positives comme la joie, la fierté et l'amour nous poussent à aller vers les objets de plaisir. En revanche, les émotions négatives comme la peur, la colère ou la honte nous poussent à éviter les objets de souffrance. De plus, certaines émotions fondamentales (telles que la joie, la colère, la peur, etc.) nous aident à nous conduire rationnellement. D'ailleurs, dans son livre "l'erreur de Descartes", Damasio a souligné cette dimension rationnelle des émotions :

"Par certains cotés, la capacité d'exprimer et de ressentir des émotions est indispensable à la mise en œuvre des comportements rationnels." (Damasio, 1995).

Ainsi, les émotions vont agir sur divers processus cognitifs des êtres humains tels que l'attention, la mémorisation à long terme, la prise de décision, etc. (Damasio, 1995; Isen, 2000). Elles interviendraient notamment dans le prolongement de la perception et de l'appréciation et détermineraient éventuellement la décision. Ainsi, l'émotion n'est pas seulement une réaction, mais de plus une préparation à agir (Berthoz, 2003). Ce point de vue est aussi celui de Damasio (1995) qui confirme que l'émotion est un outil fondamental pour la prise de décision. En outre, l'émotion activerait les mécanismes de l'attention sélective et modifierait profondément la mise en relation de la mémoire avec la perception des objets. Ainsi, les émotions se révèlent indispensables dans les systèmes de traitement de l'information. De ce fait, les chercheurs en informatique et plus particulièrement dans le domaine d'Intelligence Artificielle (IA), considèrent que les systèmes informatiques ne peuvent pas non plus prendre de bonnes décisions sans émotions. D'ailleurs, plusieurs chercheurs affirment que ces systèmes ne sont pas intelligents s'ils n'éprouvent pas des émotions (Minsky, 1986; Sloman et Croucher, 1987). Il paraît ainsi évident que l'émotion va donner naissance à une autre forme d'intelligence³ sociale proposée par Salovey et Mayer en 1990, nommée **intelligence émotionnelle**. Ces auteurs définissent l'intelligence émotionnelle comme étant « la capacité de reconnaître, de réguler et de gérer ses propres émotions et celles des autres, et de les utiliser pour guider nos pensées et nos actes » (Mayer et Salovey, 1997).

Dans le contexte académique, les chercheurs, autant en pédagogie qu'en informatique, se concentrent de plus en plus sur l'état émotionnel de l'apprenant, tout en développant de nouvelles stratégies pédagogiques permettant sa régulation, vu le rôle des émotions dans les processus cognitifs et plus particulièrement dans les tâches d'apprentissage (Damasio, 1995; Isen, 2000). D'ailleurs, Isen prouve que les émotions

³ Gardner (1983) a déterminé plusieurs formes d'intelligence dont l'intelligence intra personnelle et l'intelligence interpersonnelle qui regroupent l'intelligence émotionnelle.

positives participent à l'amélioration de la flexibilité dans la résolution des problèmes et peuvent augmenter les performances de l'apprenant sur la tâche en cours (Isen, 2000). En outre, certaines émotions négatives telles la peur et l'anxiété peuvent accroître la probabilité de percevoir la menace et créent des déviations de l'attention qui rendent difficile le désengagement par rapport à une information négative (Reed et Derryberry, 1995).

À partir de ces constatations, il sera donc indispensable que tout système tutoriel soit doté d'une certaine intelligence émotionnelle afin de fournir aux apprenants une assistance plus adéquate et plus performante puisque ces derniers peuvent ressentir plusieurs émotions, durant la phase d'apprentissage, qui refléteraient par la suite sur leurs capacités cognitives particulièrement l'attention et la mémoire. Ainsi, l'intégration de l'intelligence émotionnelle dans ces systèmes jouerait un rôle déterminant dans un rendement scolaire optimum puisqu'elle remplit une fonction de gestion et de régulation des émotions de l'apprenant.

Afin de répondre à ce critère, l'intelligence émotionnelle, nous présentons dans ce mémoire trois nouvelles formes de stratégies émotionnelles capables d'influencer sur les capacités cognitives de l'apprenant, plus précisément sur la mémorisation. Le but principal de ces stratégies est d'influencer sur la capacité de l'apprenant à évoquer et retenir les connaissances présentées dans un cours d'anglais. Dans chacune de ces stratégies, nous recourons à un tuteur virtuel, supposé accomplir la tâche d'enseignant, qui utilise essentiellement les images, les gestes et la voix pour exposer et expliquer la leçon. De plus, nous intégrons une technique hybride d'induction émotionnelle qui combine le ton de la voix du tuteur et une musique de fond. Ainsi, pour induire une émotion chez l'apprenant le tuteur utilise essentiellement le ton de sa voix associé à une musique qui évoque également chez l'apprenant la même émotion suscitée par la voix du tuteur et qui vise à accentuer l'induction de cet état émotionnel.

L'objectif principal de ce travail consiste alors à répondre aux deux points suivants :

- Montrer que le changement de l'état émotionnel de l'apprenant influe sur ses performances ;
- Déterminer la stratégie émotionnelle la plus appropriée au profil comportemental de l'élève, celle qui permet d'améliorer ses performances; en d'autres termes trouver la stratégie émotionnelle la plus efficace pour l'apprentissage selon le tempérament⁴ de l'apprenant.

1.3 Présentation du mémoire

Ce mémoire présente un système tutoriel intégrant une stratégie émotionnelle qui vise essentiellement à changer l'état émotionnel de l'apprenant pendant sa phase d'apprentissage afin d'améliorer ses performances. Il se compose de six chapitres qui introduisent le domaine et présentent les travaux réalisés dans ce sens.

Le deuxième chapitre fait un survol sur l'historique des systèmes informatiques dédiés à l'apprentissage dont notamment les systèmes tutoriels intelligents. Ce chapitre décrit également les stratégies pédagogiques intégrées dans le module tuteur de ces systèmes. Ces stratégies lui permettent de planifier les tâches à exposer lors de l'apprentissage du cours, de répondre de façon appropriée aux questions de l'apprenant et de corriger ses erreurs. Après avoir présenté les connaissances de base sur les STI, nous introduisons le domaine d'apprentissage du système que nous avons développé, à savoir la didactique des langues, et le besoin de disposer de tels systèmes tutoriels pour cette fin. Nous terminons ce chapitre en mettant l'accent sur le rôle des émotions dans les processus cognitifs, en soulignant la nécessité d'intégration des émotions dans les STI et en exposant les principaux exemples des systèmes tutoriels émotionnels.

⁴ Le tempérament se définit comme étant le style avec lequel un individu se comporte et réagit aux situations.

Le troisième chapitre commence par élucider le déroulement du processus d'apprentissage et de mémorisation. Puis, il révèle la méthodologie que nous avons adoptée pour conduire à bien notre recherche. Nous présentons ainsi les techniques utilisées permettant d'accentuer et favoriser la mémorisation chez les élèves, et les étapes qui ont mené à la construction du profil de l'apprenant à partir de son tempérament. Ensuite, nous énumérons les stratégies pédagogiques adoptées par notre tuteur, entre autres celles de l'induction de l'émotion servant à améliorer l'acquisition du vocabulaire en langue étrangère. Une évaluation de l'efficacité de ces stratégies sera faite dans le chapitre 5. À la fin de ce chapitre, nous décrivons l'architecture générale de notre système tutoriel établie à partir des démarches méthodologiques exposées précédemment.

Le quatrième chapitre expose en détail l'expérimentation que nous avons réalisée. Cette expérimentation visait essentiellement à collecter des données afin de décider plus tard quant à l'efficacité des stratégies utilisées par le tuteur. Nous décrivons ainsi dans ce chapitre l'échantillon obtenu ainsi que la démarche expérimentale adoptée et nous présentons également quelques exemples des interfaces de notre expérience.

Le cinquième chapitre est consacré à l'étude et la discussion des résultats que nous avons obtenus après avoir testé notre système. Une analyse et une conclusion sur la performance du STI présenté dans ce mémoire seront établies à la fin de ce chapitre dans le but de valider notre stratégie pédagogique et de montrer son efficacité quant à l'amélioration de la capacité de mémorisation.

Enfin, le sixième chapitre résume les objectifs initiaux et les résultats obtenus par notre travail de recherche et propose également quelques idées pour des travaux futurs liés à notre environnement.

CHAPITRE 2

ÉTAT DE L'ART

2.1 Introduction

Ce chapitre fournit un état de l'art sur les systèmes tutoriels intelligents (STI). Nous commençons par présenter l'historique de ces systèmes et par les définir. Ensuite, nous introduisons l'architecture générale de ces systèmes ainsi que ses principales composantes afin de fournir à tout lecteur non initié aux STI, les connaissances de base nécessaires. Nous décrirons également les stratégies d'apprentissage intégrées dans le module tuteur de ces systèmes, qui servent à planifier les démarches à suivre dans l'apprentissage d'un cours et à fournir ainsi une assistance plus adéquate aux apprenants. Par la suite, nous soulèverons la question de la nécessité de disposer de ces systèmes tutoriels pour l'apprentissage d'une discipline particulière, à savoir la didactique des langues, puisqu'elle représente le domaine à enseigner par notre STI. Nous finirons ce chapitre en mentionnant le rôle des émotions dans les processus cognitifs et en présentant les principaux systèmes tutoriels émotionnels dont les objectifs ressemblent à ceux de notre projet.

2.2 Historique des STI

L'enseignement classique, ou encore appelé **enseignement conventionnel**, est une méthode d'apprentissage qui repose sur une série d'activités et d'évaluations proposées par l'enseignant à ses apprenants afin d'acquérir une leçon déterminée. Au cours d'une séance d'apprentissage, l'enseignant tente de présenter son cours, d'une manière aussi souple et adaptable aux apprenants que possible, tout en suivant des démarches pédagogiques bien définies permettant d'intégrer le contenu de la leçon à un centre d'intérêt du moment afin de l'ajuster selon les besoins des apprenants. Or, le nombre des enseignés dans une classe

est généralement assez important, ce qui rend la mission de l'enseignant difficile à accomplir surtout pour la fourniture d'un rythme d'apprentissage adapté à chaque apprenant et d'une activité continue pour ce dernier. D'ailleurs, une étude réalisée par Spiller et Robertson en 1984 souligne cette lacune du système d'enseignement classique. Selon cette étude, un enseignant américain ne peut consacrer en moyenne plus de 15 secondes par heure à chacun de ses étudiants dans une classe de niveau secondaire cependant il sacrifie entre 40 et 50 % de son occupation du temps à la correction des examens (Spiller et Robertson, 1984).

Pour surmonter ces faiblesses du système d'enseignement conventionnel, un nouveau courant de recherche a vu le jour s'appuyant sur l'automatisation de l'enseignement par le recours à des machines mécaniques. La tâche d'apprentissage vise à être ainsi effectuée par une machine au lieu d'un enseignant humain pour accomplir tout ou partie des prérogatives et des missions de ce dernier. Cette machine permettra notamment de diffuser et de transmettre de plus en plus les connaissances aux étudiants de plus en plus nombreux. Le remplacement du tuteur humain par la machine fait partie d'une nouvelle discipline, apparue à la fin des années 1950, l'**Enseignement Programmé (EP)**.

2.2.1 Enseignement programmé

Maurice de Montmollin définit l'enseignement programmé comme « une méthode pédagogique qui permet de transmettre des connaissances sans l'intermédiaire direct d'un professeur ou d'un moniteur, ceci tout en respectant les caractéristiques de chaque élève pris individuellement » (De Montmollin, 1971). Cet enseignement, qui découle de l'approche behavioriste de l'enseignement, utilise des machines mécaniques afin de fournir aux apprenants une assistance individualisée. Freinet décrit ces machines comme suit :

"...machines à enseigner et bandes programmées sont typiques de cet esprit mécanique qui se préoccupe moins de reconsidérer les processus de pensée et d'action que d'inventer et de fabriquer des machines qui permettront aux enfants et aux étudiants de réduire plus vite les problèmes qui leur sont posés par l'école traditionnelle. Ils ne prétendent pas réformer tant soi peu la pédagogie en cours. Ils la feront fonctionner avec des machines." (Freinet, 1964).

En effet, la machine présente à l'apprenant des informations sur le cours suivies par des QCM (Questions à Choix Multiple) auxquelles il doit répondre. L'EP repose éventuellement sur 4 principes fondamentaux (De Montmollin, 1971) :

- " **Principe de structuration** : Il s'agit de découper la matière à enseigner en unités élémentaires (ou items) de telle sorte que sa compréhension et sa mémorisation soit plus aisée ; "
- " **Principe d'adaptation** : L'enseignement doit permettre un rythme d'apprentissage adapté à l'élève ; "
- " **Principe de stimulation** : L'enseignement doit garantir une participation plus active de l'élève et un environnement d'apprentissage plus interactif ; "
- " **Principe de contrôle** : Il s'agit de contrôler immédiatement les connaissances de l'apprenant tout en vérifiant si la réponse donnée par ce dernier est correcte ou non. Dans le cas où la réponse est fautive, une réponse exacte à la question est proposée. "

Le but principal de cet enseignement est d'inculquer une certaine quantité de connaissances dans un domaine déterminé, d'une façon si possible moins fastidieuse et plus rapide que par les méthodes d'enseignement classique.

"Il semble que l'enseignement programmé puisse améliorer les rendements scolaires. L'activité de l'élève, le découpage du programme en petites séquences permettant une assimilation plus rapide, la correction immédiate, l'adaptation au rythme individuel, sont autant de facteurs qui plaident en faveur de ces méthodes" (IPN, 1965).

L'EP a suscité des travaux de recherche nombreux sur l'apprentissage dont les plus célèbres sont ceux de Pressey, Skinner et Crowder qui sont basés sur des modèles théoriques quelque peu différents. Dans les années 1920, Pressey a élaboré la première machine automatisée à enseigner (Pressey, 1927). Sa machine, dédiée à la correction des QCM, est constituée de quatre boutons correspondant aux réponses possibles à la question

présentée. L'apprenant ne peut passer à la question suivante que s'il répond correctement. La machine va notamment garder les traces des actions effectuées par ce dernier. Cette machine a été plus tard critiquée par Skinner, qui a fondé un nouveau modèle d'enseignement dans les années 50 appelé **modèle de Skinner** ou encore **modèle linéaire**. Son modèle, basé sur le schéma **stimulus-réponse-renforcement**, a pour but fondamental de minimiser l'apparition d'erreurs durant l'apprentissage. En effet, Skinner considère que le modèle d'apprentissage basé sur les QCM entraîne des erreurs et amène des perturbations chez l'élève puisqu'il se trouve face à un ensemble de choix dont la majorité est erroné. Ainsi, dans sa machine, l'élève doit construire sa propre réponse et non la choisir. Après avoir inscrit sa réponse, il la compare avec la correction et passe à la question qui suit. Le cheminement du programme avec la machine de Skinner est alors linéaire (voir figure 1), avec des questions simples⁵, conçues pour provoquer le maximum de réponses correctes afin de favoriser la réussite de l'élève et apporter des renforcements positifs.



Figure 1. Exemple de programme linéaire

Mais en réalité, cette machine ne s'adapte pas aux compétences de l'étudiant puisqu'elle présente la matière et les questions d'une façon identique pour tous les étudiants, quelque soit le niveau de connaissances ou les résultats obtenus. Pour surmonter cette faiblesse, Crowder a développé un système basé sur les performances individuelles en 1959 nommé **système Crowdérien** ou encore **système ramifié**. Son système présente les informations sur la matière suivies des QCM d'une façon adaptée aux connaissances et aux réactions de l'utilisateur. En effet, Crowder procède de même à la correction immédiate des réponses après avoir effectué le choix par l'étudiant. Si la réponse est bonne, ce dernier

⁵ Skinner convient de découper la matière à enseigner en fragments de difficultés échelonnées, allant des plus simples aux plus complexes.

passé à la question suivante. Dans le cas contraire, le système le revoie sur une séquence explicative intermédiaire (exercices de rattrapage) avant de lui reposer la question à laquelle il a échoué. " Le procédé habituel consiste à orienter l'apprenant vers un déroulement différent, qui le ramène ensuite vers le chemin principal " (Mucchielli, 1987), tel qu'il est illustré à la figure suivante.

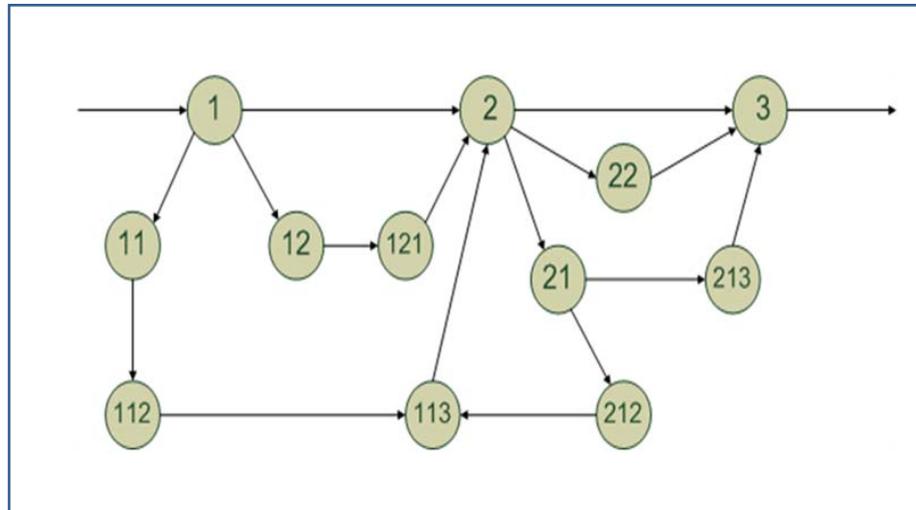


Figure 2. Exemple de programme ramifié (Mucchielli, 1987)

L'EP a ouvert ainsi de nouvelles pistes de recherche sur les méthodes et théories d'enseignement et d'apprentissage et a marqué le début de l'Enseignement Assisté par Ordinateur (EAO) dans les années 70 suite au progrès dans le domaine d'électronique et d'informatique.

2.2.2 Enseignement assisté par ordinateur

Jean-Claude Simon définit l'enseignement assisté par ordinateur comme « toutes les applications utilisant l'ordinateur à des fins didactiques, qu'elles soient conventionnelles par l'intermédiaire d'un terminal, ou réalisées en temps différé » (Simon, 1981) et indique qu'il prévaut chaque fois que l'enseigné ou l'enseignant soient en contact avec l'ordinateur. L'EAO a été ainsi de l'Enseignement Programmé utilisant comme machine un **calculateur**

électronique⁶. Elle n'est en réalité qu'une démarche héritée de l'enseignement programmé du fait qu'elle en hérite les principes de la théorie d'apprentissage behavioriste. De plus, cet enseignement s'appuie sur la théorie d'apprentissage cognitiviste⁷ et s'inspire de ses principes.

Les premiers systèmes d'EAO sont présentés sous forme des didacticiels exposés sur un écran d'ordinateur, qui se chargeaient d'étaler des informations déterminées sur la matière suivies par des QCM. Ces questionnaires ainsi que les réponses prévues de l'élève sont pré-développées par le programmeur afin de déterminer le schéma à suivre par le système suite aux actions de l'étudiant. Le déroulement d'une session d'EAO est ainsi **cyclique** : présentation d'informations suivie d'une question, réponse de l'apprenant à la question posée, analyse de cette réponse puis continuation ou branchement à une autre partie de cours. Cet aspect cyclique se manifeste bien dans le texte de Bonnet cité ci-après lors de sa description des logiciels d'EAO.

"Des textes sont présentés sur un écran de terminal ; des questions sont ensuite posées à l'étudiant qui doit donner une réponse généralement assez brève (le système ne possédant pas de capacité d'analyse du langage naturel). La réponse de l'étudiant permet au système de l'aiguiller vers d'autres textes plus difficiles si la réponse était correcte ou vers des textes de corrections dans le cas contraire" (Bonnet, 1984).

Ces systèmes semblent alors apporter une amélioration aux premières machines à enseigner dans la mesure où ils tiennent compte des réponses des étudiants et ils leur présentent des outils de progression plus ou moins ajustés à leurs rythmes. En outre, ces systèmes offrent à chaque étudiant la possibilité de suivre " l'enseignement du maître de

⁶ En 1975, Coulon et Kayser (Coulon et Kayser 1975) considèrent que les termes enseignement programmé et enseignement assisté par ordinateur sont équivalents, avec une acceptation très large du terme enseignement programmé.

⁷ Les cognitivistes comparent le cerveau de l'homme à un ordinateur compliqué et se concentrent sur l'élaboration des stratégies et des règles d'apprentissage tout en s'inspirant de celles suivies par l'esprit humain dans la résolution des problèmes. La psychologie cognitiviste s'intéresse essentiellement à l'analyse et à la compréhension des processus de traitement de l'information (processus mentaux et intellectuels tels que la mémoire, l'attention, la perception, etc.) chez l'être humain.

son choix ", c'est-à-dire la possibilité de choisir librement l'ensemble des matières à acquérir. Un autre avantage de ces systèmes consiste dans la correction des réponses qui se déroule d'une manière instantanée, systématique, rigoureuse et confidentielle.

Si les principaux bénéfices que présente le recours aux moyens informatiques dans les systèmes d'EAO sont évidents, il est toutefois indispensable d'en extraire les faiblesses. Nous en relevons trois. Le premier problème majeur d'EAO se manifeste par la représentation rigide du matériel vu que cet enseignement inflige des notions cumulatives soumises à une évaluation plus ou moins arbitraire par le recours à des questions.

"Cette méthode n'est guère éloignée du «choix multiple», mais il est maintenant implicite, ce qui en élimine certains inconvénients. En contrepartie commence à se profiler le problème de la compréhension du contenu lorsque la forme est incorrecte" (Coulon et Kayser, 1975).

En plus de cette approche inflexible, le système se contentait de présenter des sessions d'apprentissage statiques et identiques d'un apprenant à un autre sans tenir compte ni de l'historique ni de la méthode d'apprentissage convenable pour ce dernier. De ce fait, nous notons essentiellement l'absence des critères d'adaptation et d'individualisation qui sont des critères primordiaux dans tout didacticiel performant. Le troisième grief que présentent ces systèmes est d'ordre pédagogique. Les notions introduites par ces didacticiels ne comportent pas ou très peu de méthodes pédagogiques, ce qui va rendre la tâche d'apprentissage plus difficile.

À la suite de la première période de développement, l'EAO va connaître un nouvel essor grâce à l'invention du micro-ordinateur et au développement des systèmes experts permettant l'exploitation déclarative des bases de connaissances. Ces outils vont ainsi contribuer à l'élaboration de nouvelles possibilités concernant les logiciels d'enseignement et vont donner naissance à un nouveau courant de recherche apparue dans les années 80, à savoir l'Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur (EIAO).

2.2.3 Enseignement intelligemment assisté par ordinateur

L'enseignement intelligemment assisté par ordinateur caractérise habituellement l'enseignement assisté par ordinateur pour lequel sont utilisées des techniques d'intelligence artificielle, en quelque sorte l'EIAO est le mariage de l'EAO et l'IA (Frasson, 1988). Les systèmes résultants de cet enseignement sont souvent appelés Systèmes Tutoriels Intelligents (STI). Wenger et Ohlson définissent les STI comme étant « des systèmes d'enseignement assistés par ordinateur, qui sont formés à partir des modèles pédagogiques déterminant le contenu de la leçon à enseigner (quoi enseigner) et des stratégies d'apprentissage déterminant la manière d'enseigner (comment enseigner) » (Ohlsson, 1987; Wenger, 1987). Ces systèmes visent essentiellement à confier à l'ordinateur toute ou une partie de l'**expertise** d'un tuteur humain.

Après avoir défini l'EIAO, nous évoquerons les différentes disciplines impliquées en EIAO ainsi que leur rôle respectif dans l'élaboration de différentes parties d'un STI. Il sera ainsi légitime de mentionner que les STI sont tout d'abord les fruits de recherches effectuées par la communauté de l'intelligence artificielle. L'introduction des techniques d'IA dans les didacticiels a permis de créer des outils d'apprentissage plus souples et plus adaptés aux apprenants, dans le sens où elles permettent de doter l'ordinateur de capacités habituellement associées à l'intelligence humaine (tels que l'acquisition de connaissances, la prise de décision, le raisonnement, etc.) grâce à des formalismes informatiques de représentation des connaissances. " Il sera ainsi possible à des tuteurs d'enseignement automatisés d'émuler les propriétés souhaitées des tuteurs humains dans un enseignement individuel de type préceptoral " (Bruillard, 1997).

Dans un souci de participation plus active de l'apprenant, l'exploration d'autres voies autre que l'intelligence artificielle paraît intéressante. Ainsi, il fallait intégrer des théories d'apprentissage et d'enseignement inspirées d'autres disciplines telles que l'éducation et la psychologie cognitive pour confier à l'apprenant des tâches de recherche et de création permettant de lui accorder une grande marge d'initiative. D'ailleurs, le texte de

Nkambou ci-après décrit bien les objectifs et les différentes disciplines intégrées dans un STI.

"Les systèmes tutoriels intelligents (STI) ont pour objectif de réaliser à l'aide d'un ordinateur, un enseignement individualisé. Il en découle plusieurs axes de recherches impliquant à la fois des aspects liés à l'éducation, à l'informatique et à la psychologie. L'idée générale de ces recherches est d'extraire les connaissances de ces trois domaines et de les reproduire dans un ordinateur ou alors de les faire produire par un ordinateur." (Nkambou, 1996).

Dans le domaine de l'éducation, il s'agit de développer les théories pédagogiques relatives au processus d'enseignement. Ces théories visent à étudier les méthodes et les moyens à mettre en œuvre pour l'assimilation des connaissances par un apprenant, suite à un enseignement (Gagné *et al.*, 1992). Cependant, dans le domaine de la psychologie cognitive, il s'agit de développer les théories cognitives permettant d'analyser et de comprendre le raisonnement de l'élève dans un processus d'apprentissage. L'incorporation de toutes ces disciplines dans les STI n'a pour but que de fournir un enseignement individualisé, aussi flexible que possible, qui à la fois engage les apprenants plus activement et s'adapte selon ses connaissances. Par conséquent, l'apprenant se trouve face à un système d'apprentissage capable d'améliorer ses performances.

Une des caractéristiques des systèmes d'EIAO qu'il ne faut pas manquer, est leur capacité de prendre explicitement des décisions qui ne sont pas prévues par le programmeur. Cette caractéristique se réfère à ce qu'on appelle "**intelligence**". D'ailleurs, plusieurs sont les auteurs (Bruillard, 1997; Frasson et Gauthier, 1990) qui ont souligné cette caractéristique particulière des STI. Ces auteurs considèrent que la puissance de prise de décision est une des exigences pour qu'un système soit réellement adaptatif. À cet égard, Baron quand à lui, considère que l'intelligence se manifeste par l'initiative qui était laissée à l'apprenant et par les explications que le système pouvait lui donner (Baron, 1991).

Après avoir décrit les STI, nous présenterons dans la prochaine section le modèle général adopté pour la structuration d'un tel système. En effet, pour enseigner tel un enseignant humain, un tuteur automatisé doit posséder les connaissances du domaine à

enseigner, s'adapter aux connaissances et erreurs de l'apprenant, adopter une stratégie pédagogique et pouvoir communiquer avec l'apprenant. Ces capacités correspondent aux différents modules d'un STI que nous détaillerons dans ce qui suit.

2.3 Architecture générale des STI

L'architecture selon laquelle sont groupées les composantes d'un STI a suscité un large débat entre les concepteurs de ces systèmes. D'ailleurs, il n'existe pas une architecture commune à adopter par tous les développeurs de ces systèmes. Pour certains auteurs (Hartley et Sleeman, 1973; Self, 1974), un STI doit inclure trois principaux modèles à savoir : le modèle de domaine, le modèle de l'apprenant et le modèle du tuteur; en d'autres termes il doit répondre à ces trois questions : quoi, pour qui et comment (*what, who, how*; (Self, 1974)). Pour d'autres auteurs (Burns et Capps, 1988; Murray, 1999; Nicaud et Vivet, 1988), l'architecture de base d'un STI doit contenir, de plus de ces trois composantes, une composante fondamentale qui assure la communication entre le système et l'apprenant. Cette composante est appelée interface. D'autres concepteurs (Beck *et al.*, 1996; O'Shea *et al.*, 1984) ont proposé des modèles s'écartant de manière plus ou moins importante du modèle général mentionné précédemment. Ils ont décrit ainsi un modèle constitué de cinq modules tout en adoptant une décomposition des modules apprenant ou tuteur en deux sous-modules.

Malgré ces débats, la conception dominante organise les STI autour de quatre modules : un expert du domaine qui représente le domaine à enseigner, le modèle du tuteur qui regroupe les stratégies pédagogiques à incorporer dans le processus d'apprentissage, le modèle de l'apprenant incluant l'ensemble des connaissances sur l'apprenant, et l'interface qui est un moyen de communication indispensable pour faciliter l'utilisation du système en le rendant plus convivial. Nous présentons ci-après une figure mettant en relation ces différentes composantes.

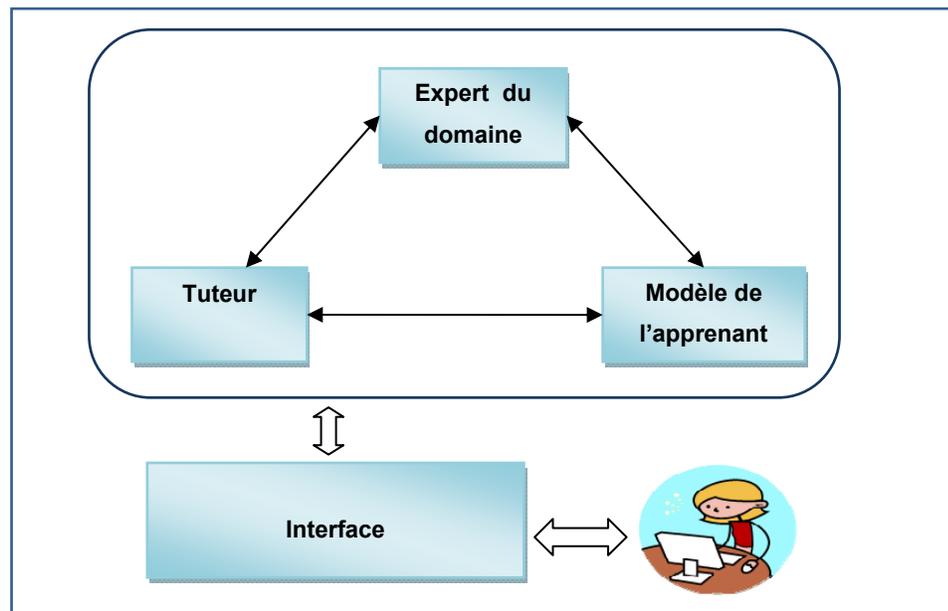


Figure 3. Architecture de base d'un STI (Burns et Capps, 1988)

Les flèches de la figure représentent l'échange des données entre les différentes composantes de l'architecture. Cet échange de données entre les modules contribue à la prise de décision d'un STI, qui est généralement une tâche du tuteur. Par exemple, pour exposer le cours à son étudiant, le tuteur doit choisir convenablement les stratégies pédagogiques appropriées en fonction du rythme et des préférences de l'apprenant. Pour ce faire, il a besoin de se communiquer avec le module expert du domaine et celui de l'apprenant. Le module expert du domaine (qui contient des informations sur le cours à enseigner) va à son tour interagir avec le modèle de l'apprenant (qui dispose des informations sur l'apprenant) afin d'extraire les informations sur l'étudiant et d'adapter la présentation du cours selon ses préférences; par exemple, si l'étudiant préfère la langue française alors le cours sera présenté dans cette langue, si l'étudiant est débutant alors les connaissances du cours à enseigner seront également adaptées à ce niveau, etc. En fonction des données fournies par le module expert du domaine et celui de l'apprenant, le tuteur va alors choisir la stratégie pédagogique adéquate et planifier les tâches du cours. Il peut par exemple présenter un exercice d'évaluation à son étudiant afin de savoir si ce dernier a bien assimilé toutes les connaissances du cours.

Pour la suite de cette section, nous fournirons une description de chacune des quatre composantes présentées dans la figure précédente. Nous détaillerons ainsi le rôle attribué à chacune de ses composantes.

2.3.1 Expert du domaine

L'expert du domaine, appelé aussi **le modèle du domaine** ou encore **le curriculum**, contient des connaissances sur la matière à enseigner. Les connaissances du domaine peuvent comprendre des savoirs⁸ ou des savoir-faire⁹ ou les deux à la fois, tous très divers. Cependant, elles sont généralement classées en deux grandes catégories (Grandbastien, 1991) : des connaissances dites **statiques** ou **factuelles** que le système ou l'utilisateur consultera à un moment donné, et des connaissances **relatives au raisonnement** qui contribuent à l'enchaînement des déductions à conduire pour résoudre le problème posé. Ces connaissances sont structurées selon des formalismes très variés. Parmi les outils permettant de représenter les connaissances dans l'expert du domaine, nous citons à titre d'exemple : les réseaux sémantiques, les règles de production, la logique du premier ordre, les représentations orientées objets, etc.

En plus de fournir les connaissances sur la matière, le modèle expert du domaine doit aussi servir de référence pour l'évaluation de l'apprenant. Il doit donc être en mesure d'évaluer les méthodes de raisonnement de l'apprenant et de lui fournir par conséquent l'aide nécessaire. La critique et la compréhension de la démarche que suit l'apprenant pendant sa résolution des problèmes se fait grâce à une base de connaissances riche mise à sa disposition.

⁸ Les savoirs sont les connaissances qui peuvent s'exprimer verbalement. Ils correspondent ainsi à la mémoire déclarative et se trouvent généralement dans des livres, des brochures, des encyclopédies, etc.

⁹ Les savoir-faire sont les capacités qui ne peuvent pas s'exprimer verbalement mais plutôt en actes. Ils se réfèrent à la mémoire procédurale qui sert à réaliser des opérations complexes souvent motrices.

2.3.2 Modèle de l'apprenant

Le modèle de l'apprenant représente le profil relatif à l'apprenant. Il constitue à la fois une source d'informations sur l'apprenant (tels que son numéro d'identification, son sexe, son âge, ses préférences, etc.) et une représentation de ses connaissances entre autres ses connaissances sur le domaine. Par ailleurs, Self (1988) décrit ce modèle comme étant la composante des STI capable de répondre à des questions sur l'apprenant, qui sont généralement de quatre types (Self, 1988) :

- " Que peut faire l'apprenant, ce qui réfère à ses connaissances procédurales "
- " Qu'est ce qu'il connaît, c'est-à-dire quelle est sa connaissance conceptuelle "
- " Quel type d'apprenant est-il, quelles sont ses caractéristiques individuelles "
- " Qu'a-t-il fait, c'est-à-dire quel est l'historique du travail, cet historique étant constitué par une transcription de la session basée sur l'interprétation des évènements jugés significatifs "

Malgré les tentatives de chercheurs visant à construire un modèle apprenant, qui représente les connaissances de l'apprenant d'une manière plus précise que possible, la réalisation d'un tel modèle apprenant idéal reste encore un grand défi pour les STI. En effet, le fait de reconnaître exactement ce qui se déroule à l'intérieur du cerveau humain dans une situation d'apprentissage est une tâche ardue qui est étroitement liée au développement des sciences de l'éducation et de la psychologie cognitive. De plus, les moyens que possèdent les STI pour communiquer sont très limités alors que les humains peuvent combiner l'information provenant d'une variété de sources comme les changements dans la voix ou encore des expressions faciales (Wenger, 1987). D'ailleurs, les STI existants se contentent d'identifier les connaissances de l'apprenant soit à partir de ses interactions avec le système soit à partir des tests d'évaluation.

2.3.3 Tuteur

Ce module, appelé également **le modèle pédagogique**, est une composante fondamentale d'un STI voire indispensable. Par ailleurs, elle gère le fonctionnement global d'un STI tout en communiquant avec les modules expert du domaine et apprenant. Elle est ainsi la composante responsable de la prise des décisions appropriées favorisant une instruction efficace et souple à la fois. Pour accomplir ce rôle, le tuteur s'appuie sur des approches éducatives bien déterminées. Il contient éventuellement un ensemble de méthodes et de stratégies pédagogiques permettant de planifier les tâches à exposer lors de l'apprentissage du cours, de répondre de façon appropriée aux questions de l'étudiant et de corriger ses erreurs. Dans le même ordre d'idée, Burns et Capps (1988) précisent trois principales caractéristiques de ce module (Burns et Capps, 1988) : La première consiste à " assurer le contrôle de la représentation de la connaissance pédagogique pour choisir et séquencer la matière " ; la deuxième est liée à " sa capacité de répondre aux questions de l'élève sur les buts de l'enseignement et sur son contenu " ; la troisième agit pour " intégrer des stratégies afin de déterminer quand les élèves ont besoin d'assistance et leur fournir alors l'aide appropriée ".

Comme nous l'avons mentionné précédemment, le tuteur s'appuie sur des stratégies pédagogiques¹⁰ bien déterminées pour planifier les démarches à suivre dans l'apprentissage d'un cours particulier. Nous présentons ci-après quelques exemples de ces stratégies :

- **Stratégie du tutorat classique :**

Dans cette stratégie, l'interaction se fait entre un tuteur simulé et un apprenant humain. Il s'agit ainsi d'un mode d'interaction classique dont lequel le tuteur humain est remplacé par un tuteur simulé par le système tutoriel. Il est supposé alors d'accomplir les tâches d'un tuteur humain dans l'enseignement du

¹⁰ Une stratégie pédagogique englobe un ensemble de règles et de méthodes permettant de définir quand et comment agir afin d'améliorer les performances de l'apprenant.

cours tels que exposer la leçon, fournir des exemples, assister les élèves, gérer les activités d'apprentissage, etc.

- **Stratégie du co-apprenant :**

Cette stratégie, élaborée par Self (1985), consiste à remplacer le tuteur par un co-apprenant ayant un niveau de connaissances équivalent à celui de l'apprenant ou légèrement supérieur. Ainsi, elle introduit deux agents dans le STI : un apprenant humain et un apprenant simulé par le système (co-apprenant). La substitution du tuteur a pour but d'entraîner l'apprenant à apprendre "par la découverte" (Self, 1985). L'apprentissage par la découverte est un type d'enseignement dont lequel l'élève est amené à construire tout seul des questionnements et à y fournir des réponses à partir de ses propres connaissances. Le rôle de co-apprenant est alors d'aider l'apprenant dans la construction de ces connaissances.

- **Stratégie du tutorat inversé :**

Dans cette stratégie, deux acteurs sont présents : un apprenant humain et un apprenant simulé (compagnon). Au contraire du tutorat classique où le tuteur se charge d'enseigner les connaissances à un apprenant humain, le tutorat inversé consiste à changer le rôle de l'apprenant d'un participant passif qui reçoit des informations sur le cours vers un participant actif qui fournit lui-même ces informations au compagnon. Ainsi, il reproduit le rôle du tuteur en enseignant ses connaissances à ce compagnon simulé et en corrigeant ses erreurs. Les auteurs de cette stratégie (Palthepeu *et al.*, 1991) prouvent que cet étudiant pourra apprendre en enseignant.

- **Stratégie du compagnon :**

Cette stratégie a été introduite par Chan et Baskin (1985), dans le but de stimuler l'apprentissage de l'élève par la collaboration et la compétition. Elle consiste à remplacer le modèle classique de deux agents (tuteur simulé, apprenant humain) par un modèle de trois agents constitué par un tuteur simulé, un apprenant

humain et un co-apprenant (compagnon) simulé (Chan et Baskin, 1990). L'ajout de compagnon simulé dans ce modèle sert à favoriser l'esprit d'équipe qui n'est qu'un objectif principal de l'enseignement coopératif. Cet enseignement est basé sur les discussions déroulantes entre les apprenants qui permettent d'assimiler leurs connaissances. En effet, le compagnon et l'apprenant se consultent et s'entraident durant toute la séance d'apprentissage du cours. Comme ce compagnon a le même niveau de performance que celui de l'apprenant, il pourrait alors échanger les idées avec ce dernier pour aboutir à la résolution des problèmes posés par le tuteur simulé. Dans le cas où ils n'arrivent pas à résoudre un problème, ils pourraient demander l'aide du tuteur. Le tuteur se comporte ainsi comme un *coach*, son principal rôle est de gérer les activités du groupe formé par les deux apprenants. Il présente de plus les problèmes aux étudiants et critique les solutions proposées.

- **Stratégie du perturbateur :**

Cette stratégie, développée par Aïmeur et Frasson (1996), ressemble à celle du compagnon dans le sens où elle fait intervenir trois agents : un tuteur simulé, un apprenant humain et un perturbateur (apprenant simulé). Il s'agit ici de remplacer le compagnon, qui donne des conseils à l'apprenant, par un perturbateur, qui peut induire l'apprenant en erreur. Le rôle du perturbateur est de " perturber l'étudiant en proposant des solutions qui sont parfois correctes et d'autres fois erronées afin de tester sa confiance en ses connaissances et l'obliger à défendre son point de vue " (Aïmeur et Frasson, 1996). Ainsi, il a un niveau de compétence supérieur à celui de l'apprenant : il dispose à la fois d'une expertise pédagogique et d'un niveau de connaissance du domaine similaire à celui de tuteur (Aïmeur et Frasson, 1996). Cette expertise pédagogique lui permet de planifier efficacement ses interventions. Malgré ces caractéristiques du perturbateur, il travaille avec l'apprenant sur les mêmes tâches tout au long de la session d'apprentissage, sous la supervision du tuteur. Ce dernier se charge alors de présenter les leçons et les exercices aux deux apprenants, de contrôler le contenu et la durée d'une session, de fournir l'aide

appropriée et d'évaluer les performances de l'apprenant (Aïmeur et Frasson, 1996; Dufort *et al.*, 1996).

2.3.4 Interface

L'interface est un module de communication des connaissances entre l'apprenant et le système tutoriel. Il sert ainsi comme un canal d'échange d'informations dans les deux sens : d'une part, il permet de collecter les informations sur l'apprenant puis de les envoyer vers le système; d'autre part, il présente le cours à enseigner tout en transférant un ensemble de décisions pédagogiques prises par le tuteur vers l'utilisateur concernant le cours à acquérir. Il demeure ainsi très utile de considérer une attention particulière dans l'implémentation de cette composante puisqu'elle constitue le seul moyen de communication avec l'utilisateur. Par ailleurs, elle influe sur la manière dont l'étudiant perçoit les informations présentées. Une interface simple et organisée aide énormément l'étudiant à acquérir les notions du cours, par contre une interface compliquée et mal structurée influe négativement sur ses capacités cognitives.

Après avoir décrit l'architecture de base d'un STI, nous évoquerons dans la section qui suit, un domaine d'application de tels systèmes à savoir l'apprentissage des langues. Nous attribuerons un intérêt particulier à ce domaine vu que nous nous intéressons dans ce travail à définir un exemple d'un didacticiel destiné à l'apprentissage d'une langue étrangère.

2.4 STI et apprentissage des langues

Comme nous l'avons mentionné précédemment, les systèmes tutoriels sont désormais des outils indispensables dans toute activité pédagogique d'enseignement ou de formation destinée aux apprenants. Il faut cependant noter que cette indispensabilité ne se limite pas à certaines disciplines mais au contraire, elle s'élargit à toutes les disciplines enseignées (mathématiques, sciences physiques, médecine, informatique, etc.). Ainsi, l'apprenant d'aujourd'hui se trouve entouré par des nouveaux outils d'apprentissage

pluridisciplinaires et il lui suffit alors de fixer la matière qu'il voudrait apprendre pour qu'il obtienne le tutoriel approprié.

2.4.1 Nécessité de didacticiels pour l'apprentissage des langues

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous intéressons à une discipline particulière à savoir l'apprentissage des langues. L'apprentissage des langues est une tâche à plusieurs niveaux qui intègre des éléments tels que mots, syntaxe, prononciation et culture (Heilman et Eskenazi, 2006). Il paraît alors qu'acquérir une langue, à l'exception de la langue maternelle, n'est pas une tâche simple mais nécessite plutôt que l'apprenant fasse beaucoup d'effort pour assimiler tous ces éléments. Disposer d'un outil d'aide à l'apprentissage semble alors très utile voire indispensable puisqu'il facilite d'une part la tâche d'apprentissage et d'autre part il garantit une acquisition véritable de la langue. Pour ces raisons, plusieurs chercheurs issus de différentes disciplines (didactique des langues, informatique, linguistique) se sont penchés sur l'étude et la conception des environnements d'aide à l'apprentissage des langues. Ces environnements sont généralement destinés à l'apprentissage d'une langue seconde, langue vivante ou langue ancienne. L'usage de l'ordinateur comme support de communication est une caractéristique remarquable de ces environnements. On parle alors de l'Apprentissage des Langues Assistés par Ordinateur (ALAO). Dans le domaine de l'ALAO, les chercheurs visent à créer des environnements d'apprentissage de plus en plus interactifs. Et comme les STI répondent à ce critère, alors ils vont généralement servir à la conception de tels didacticiels.

2.4.2 Outils techniques dans l'apprentissage des langues

Bien que l'utilisation des STI dans l'apprentissage des langues soit nécessaire, ces systèmes sont peu répandus dans ce domaine à cause des difficultés rencontrées lors de la simulation informatique. En effet, chaque langue repose sur une base de connaissances très riche. Cette base est généralement constituée à partir d'un ensemble de mots regroupant le vocabulaire et un ensemble de règles engendrant la grammaire. Modéliser tous ces éléments semble alors difficile et nécessite beaucoup de précisions dans l'implémentation de chacune

de ces composantes. Prenons le cas de l'apprentissage du vocabulaire, une source de difficultés très connue est celle de la polysémie; un même mot peut avoir deux ou plusieurs significations différentes. Ainsi, un élève débutant qui veut apprendre le vocabulaire peut assimiler des connaissances fausses car il ne peut pas distinguer les différents sens d'un mot selon le contexte. Pour résoudre cette difficulté, les informaticiens ont pensé à l'utilisation de certains outils de traitement spécifiques au sein des STI. Parmi ces outils, nous citons le Traitement Automatique de la Langue (TAL). Le recours à des techniques du TAL dans l'apprentissage des langues a permis d'enrichir les dictionnaires électroniques d'une source intarissable d'exemples de la langue à apprendre et aussi d'automatiser les processus de détection et de correction des erreurs commises par les apprenants. Parmi les systèmes utilisant des procédures du TAL, nous citons à titre d'exemple GLOSSER (Nerbonne *et al.*, 1998) qui est destiné aux étudiants allemands pour apprendre le vocabulaire du français. Un autre exemple visant à favoriser l'apprentissage lexical du français est ALFALEX (Selva, 2002), il utilise des outils TAL d'analyse textuelle (un analyseur syntaxique et un étiqueteur) afin de générer automatiquement des exercices contextuels. MIRTO (Antoniadis *et al.*, 2005) est aussi une plateforme qui offre aux enseignants de langue la possibilité de concevoir des scénarios et des activités pédagogiques tout en bénéficiant de ces outils. Elle utilise notamment des fonctions TAL (tels que la tokenisation¹¹, l'étiquetage morphosyntaxique, la lemmatisation, l'analyse syntaxique, etc.) pour générer dynamiquement des scénarios pédagogiques. Récemment, un autre exemple qui recourt au TAL pour construire des exercices et analyser les réponses des apprenants à ces exercices en traitant les erreurs du côté lexical et morphologique, est SALA (Maraoui et Ayadi, 2009). SALA est dédié à l'apprentissage de la langue arabe pour des apprenants francophones.

Autre que le recours aux outils TAL dans les systèmes d'ALAO, plusieurs auteurs ont adopté les ressources multimédia. Par exemple, (Chanier et Selva, 1998) dans leur système ALEXIA; un environnement d'aide lexicale en production et en compréhension du

¹¹ Il s'agit de découpage du texte en unités morphologiques et lexicales.

français langue étrangère. En outre, (Groot, 2000) a élaboré un système d'acquisition du vocabulaire anglais pour des étudiants allemands, appelé CAVOCA. Pour distinguer le sens particulier d'un mot selon le contexte, l'auteur présente chaque nouveau mot dans une phrase et demande à l'apprenant de choisir un parmi les différents mots équivalents ou homologues fournis dans la même langue. Il donne ensuite un *feedback* et corrige les erreurs de l'apprenant. Ce système permet de plus d'apprendre la prononciation des mots. Dans la même lignée de ces didacticiels, (Leakey et Ranchoux, 2006) ont présenté un projet, appelé BLINGUA, explorant une nouvelle approche pédagogique pour l'acquisition de la grammaire et du vocabulaire; elle consiste à offrir aux apprenants une adaptation selon leurs styles d'apprentissage (visuel, auditif, kinesthésique et lecture) et leurs performances. Ils ont constaté qu'une telle adaptation favorise la mémorisation des informations. Récemment, (Kim et Gilman, 2008) ont cherché à évaluer l'influence respective ou combinée sur l'apprentissage de la présentation lexicale de vocables, dans un environnement hypermédia auto-instructif, sous forme de textes, d'images et de son. Leurs résultats montrent que la présentation simultanée de médias (texte, graphique illustratif et avec ou sans son) favorise l'apprentissage lexical. Plus récemment, (Baturay *et al.*, 2009) ont conçu un système hypermédia d'aide à l'apprentissage de vocabulaire appelé WEBVOCLE, où ils ont combiné les médias audio-visuels avec une technique de mémorisation dite la répétition espacée. Cette technique s'est avérée efficace pour l'acquisition du vocabulaire chez les apprenants.

Au regard de ces derniers résultats et vu que nos objectifs leur ressemblent, nous exploiterons de même ces techniques multimédia dans notre système tutoriel puisque elles ont permis de favoriser l'acquisition du vocabulaire (Baturay *et al.*, 2009; Kim et Gilman, 2008). Cependant, nous remarquons que tous ces exemples cités ne considèrent pas les émotions de l'apprenant. Or, les émotions font sans cesse l'objet de nouvelles considérations théoriques. Nous clarifions ainsi dans ce qui suit la nature de la relation entre les émotions et les STI et nous expliquerons également pourquoi une telle dimension émotionnelle dans ces systèmes est tout à fait indispensable.

2.5 STI et émotions

Depuis la fin des années 90, la modélisation informatique des émotions constitue une thématique de plus en plus centrale et reconnue dans le domaine de l'intelligence artificielle. D'ailleurs, plusieurs sont les chercheurs en IA qui s'intéressent à cette problématique. Ils ont développé des modèles permettant d'intégrer la dimension émotionnelle dans la structure des agents pédagogiques et des systèmes tutoriels (El Nasr *et al.*, 2000; Gratch et Marsella, 2004). Le but ultime de cette modélisation est de réduire le plus possible la différence entre un environnement d'apprentissage virtuel et celui réel. Deux questions sont alors : Quel est le rôle des émotions dans les tâches d'apprentissage ? Et Pour quelles raisons ces chercheurs cherchent à intégrer une telle dimension émotionnelle dans les STI ?

2.5.1 Lien entre émotions et processus cognitifs

Antonio Damasio fut l'un des premiers chercheurs en neurosciences qui s'est opposé à la théorie classique, celle qui considère que les émotions et la cognition sont deux fonctions mentales indépendantes. En s'appuyant sur de nombreuses études cliniques, il a montré que les émotions sont fortement liées à certains processus cognitifs tels que l'attention, la mémorisation, la perception et la prise de décision. Il a même affirmé que sans émotions, nous ne pouvons pas décider (Damasio, 1995). Ce point de vue a été ensuite corroboré par plusieurs chercheurs (Clore et Gasper, 2000; LeDoux, 1998; Weiss et Palumbo, 2000; Worthman, 1999); ils se sont tous entendus sur le fait que les émotions sont un auxiliaire indispensable à la raison. De ces idées, nous constatons que les émotions interviendraient dans tout processus mental, particulièrement dans le processus de l'apprentissage, où la mémoire et l'attention sont deux déterminants majeurs de la réussite. En effet, lors d'une séance de cours, l'apprenant éprouvait une variété d'émotions telles que la joie, le plaisir, l'ennui, etc., lesquelles peuvent avoir un impact sur ses capacités cognitives et ses performances. À cet égard, Isen a déclaré que " la qualité des émotions peut faciliter l'apprentissage en activant chez l'individu de larges capacités cognitives influençant le

codage et facilitant la mémorisation " (Isen, 1984). Par ailleurs, des chercheurs en informatique s'intéressant à l'avantage des émotions sur l'apprentissage, entre autres (Adam et Evrard, 2005; Ahn et Picard, 2005; Chaffar *et al.*, 2006; Lisetti et Nasoz, 2004), ont pu confirmer cette opinion. Leurs études empiriques menées ont également démontré que les émotions pouvaient influencer le processus d'apprentissage et que certaines émotions pouvaient favoriser le succès de l'apprentissage.

2.5.2 Intelligence émotionnelle dans les STI

Parallèlement à ces études mettant en évidence l'étroite relation entre la cognition et l'émotion, Daniel Goleman (1995) a popularisé un nouveau concept, à savoir l'intelligence émotionnelle. Ce concept est issu à l'origine des travaux de Howard Gardner (1983), l'un des premiers fondateurs de la théorie des intelligences multiples (Gardner, 1983). Dans sa théorie, Gardner conteste l'idée de réduire l'intelligence à la simple mesure du quotient intellectuel et affirme plutôt l'existence de plusieurs formes d'intelligence, parmi lesquelles l'intelligence interpersonnelle et l'intelligence intrapersonnelle. Ces deux formes ont permis ultérieurement de constituer l'intelligence émotionnelle (IE). Selon Goleman, l'intelligence émotionnelle est un des facteurs majeurs contribuant à la réussite scolaire et professionnelle (Goleman, 1997, 1999). À cet effet, un nouveau courant de recherche s'intéressant à la modélisation informatique de cette forme sociale d'intelligence dans les systèmes d'apprentissage, a vu le jour. Il s'agit essentiellement de doter ces systèmes tutoriels d'une certaine capacité de l'intelligence émotionnelle; en d'autres termes des STI ayant l'habilité à reconnaître, prendre en considération et gérer les émotions de l'apprenant. Une telle capacité contribuait significativement à la richesse des interactions hommes-machines.

Dans cette optique, plusieurs chercheurs ont tenté d'inclure cette dimension émotionnelle dans l'architecture des STI. Leurs tentatives consistent essentiellement à intégrer au sein du STI des agents virtuels supposés jouer le rôle du tuteur humain qui, en plus de fournir le contenu du cours aux étudiants, peut reconnaître et gérer ses émotions. Par exemple, si un étudiant ressent de l'anxiété, l'enseignant va changer sa stratégie

d'apprentissage afin d'attirer son attention. Il sera ainsi possible de doter ces agents de certaines capacités émotionnelles de l'enseignant. Nous décrirons dans ce qui suit, à titre d'exemples, quelques travaux réalisés dans ce sujet.

2.5.3 Exemples des STI émotionnels

L'un des premiers STI intégrant un agent virtuel doté d'émotion est **COSMO** (Lester *et al.*, 1999). C'est un agent pédagogique animé destiné à apprendre les fondements de la topologie du réseau et des mécanismes de routage. Il explique notamment aux apprenants comment les ordinateurs sont connectés, comment gérer l'adressage et le routage des données, comment optimiser le trafic réseau, et comment distinguer les différents types de réseaux selon leurs caractéristiques physiques (Lester *et al.*, 1999). L'objectif de cet agent ne se limite pas à fournir aux apprenants des connaissances théoriques du cours, mais plutôt de les encourager et d'augmenter leur motivation à apprendre le cours. L'une des caractéristiques majeures de Cosmo liées à l'IE, c'est sa capacité d'exprimer les émotions à travers son corps entièrement animé; son visage (les yeux, les sourcils et la bouche), ses gestes (inclinaison de la tête, mouvement des bras et des mains, déplacement du corps, applaudissement, etc.) et sa voix lui permettent d'exprimer ses propres émotions (voir figure 4). Ainsi, il exprime de la joie si un apprenant résout un exercice ou de la déception dans le cas contraire. De plus, chaque comportement de Cosmo est modulé par le degré de complexité du problème à résoudre. Il change donc son comportement en fonction de la difficulté du problème; par exemple si un apprenant résout un problème difficile, il exprime sa joie en souriant, en applaudissant et en le félicitant oralement. Une autre particularité alors de Cosmo est sa capacité d'exprimer verbalement ses émotions. Il module ainsi la tonalité de sa voix selon l'émotion qu'il cherche à exprimer. En outre, il peut intervenir et donner des conseils à l'apprenant dans certains cas; par exemple, quand l'apprenant commet une erreur ou fait une longue pause dans la résolution d'un problème il l'encourage, l'incite à continuer et corriger cette erreur, etc. En bout de ligne, toutes ces capacités vont d'une part enrichir l'interaction homme-machine, et d'autre part renforcer le processus d'apprentissage. D'ailleurs, tous ses

utilisateurs ont exprimé de la joie et du plaisir lors de l'interaction avec Cosmo; ils le trouvent amusant, sympathique, intéressant et charismatique (Lester *et al.*, 1999).

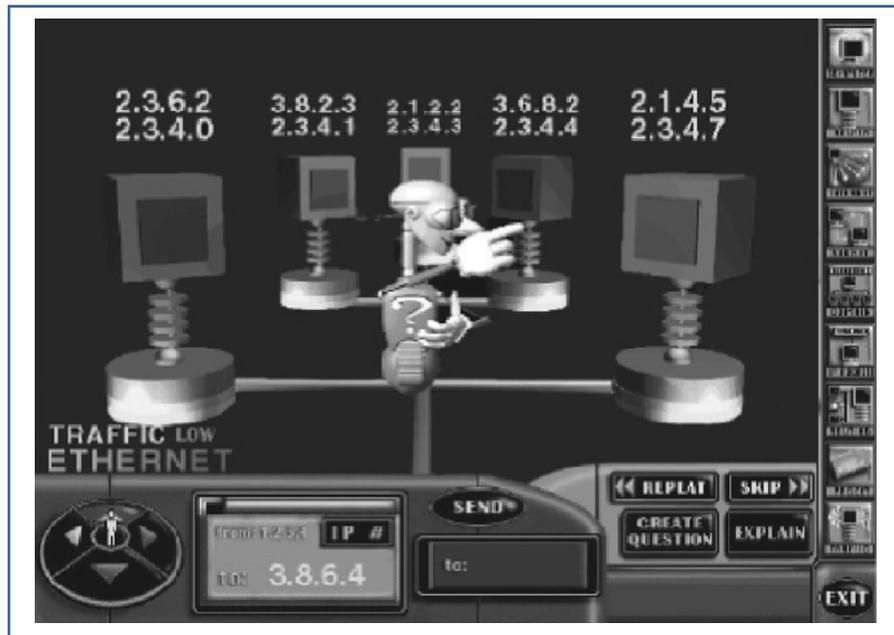


Figure 4. Cosmo et son environnement d'apprentissage (Lester *et al.*, 1999)

Un autre exemple d'un STI basé sur une architecture multi-agents est **ÉMILIE** (Nkambou *et al.*, 2003). C'est un STI destiné à l'enseignement des sciences en ligne. Il intègre notamment deux agents émotionnels adaptatifs, Émilie-1 et Émilie-2. Émilie-1 est un agent 3D dédié à l'expression des émotions du tuteur tandis qu'Émilie-2 est dédié à la détection et l'analyse des émotions courantes de l'apprenant. " L'intégration d'agents émotionnels adaptatifs au sein d'un STI multi-agents vise essentiellement à encourager l'étudiant à jouer un rôle proactif dans son apprentissage " (Faivre *et al.*, 2002a). Ainsi, au cours d'une séance d'apprentissage, l'agent tuteur se charge de la planification du déroulement du cours et de la prise des décisions appropriées quant aux contenus du cours à exposer et aux stratégies pédagogiques à adopter. Pour augmenter la crédibilité et la

richesse de ce tuteur, les auteurs ont utilisé le modèle OCC¹² (Ortony *et al.*, 1988) afin de représenter ses différents états émotionnels et lui ont attribué un agent émotionnel appelé Émilie-1, par lequel il s'exprime d'une façon visible aux étudiants, et ce, à travers ses expressions faciales, ses regards et ses gestes. En outre, ils modulent chaque comportement d'Émilie par le degré de difficulté du problème à résoudre; par exemple, l'expression de l'émotion de la joie diffère en fonction de la difficulté de la tâche réalisée par l'étudiant (voir figure 5). En plus d'exprimer des émotions, Émilie est capable de détecter, d'analyser les émotions courantes de l'apprenant et de s'adapter selon les actions émotionnelles de ce dernier. La reconnaissance de l'état émotionnel de l'apprenant, assurée par Émilie-2, est modélisée par un ensemble de règles de production qui spécifient quelle émotion à déclencher dans une telle situation. Émilie-2 utilise également des questionnaires d'auto-évaluation adressés à l'étudiant pour savoir sa propre estimation de son état émotionnel pendant la session du cours.

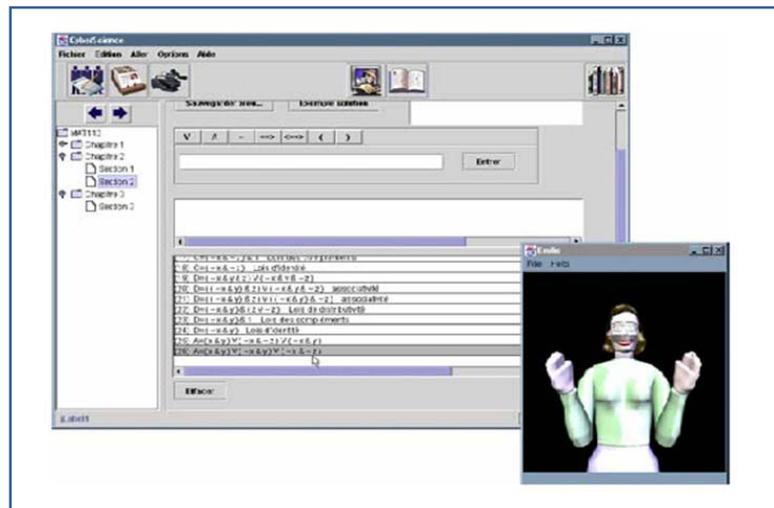


Figure 5. Émilie exprime sa joie lorsque l'utilisateur résout un exercice difficile (Faivre *et al.*, 2002b)

¹² Le modèle OCC (Ortony, Clore et Collins 1988) est le modèle de représentation des émotions le plus utilisé par les informaticiens car il est simple à implémenter et il permet de définir un grand nombre d'émotions (22 types d'émotions). Selon ses auteurs, les émotions sont issues de l'évaluation de 3 types de stimuli extérieurs : les conséquences d'événements, les actions d'agent et l'aspect des objets. Elles sont ainsi considérées comme des réactions de valence positive ou négative aux perceptions de l'environnement.

Dans le cadre de la formation militaire américaine, (Johnson *et al.*, 2004) ont développé un STI inspiré des jeux vidéo visant à motiver et engager les apprenants. Leur système **TLTS** (*Tactical Language Training System*) fait partie de DARWARS, programme de formation supérieure exploitant les nouvelles technologies dans le domaine militaire. TLTS sert à acquérir les compétences communicatives de base en langues et cultures étrangères. Il intègre notamment des nouvelles technologies telles que la reconnaissance vocale, le dialogue tutoriel, la modélisation de l'apprenant et la simulation sociale multi-agents (Johnson *et al.*, 2004). Pour acquérir une langue étrangère déterminée, TLTS comprend deux environnements distincts : un environnement instructif qui sert à construire les connaissances de l'apprenant (*Mission Skill Builder*) et un environnement pratique où les étudiants pratiquent les connaissances acquises dans une simulation interactive (*Mission Practice Environment*). Ainsi, l'étudiant apprend dans une première étape, des concepts linguistiques de base (par exemple, comment se présenter, comment obtenir des directions, comment organiser des réunions, etc.) en utilisant l'environnement *Mission Skill Builder*. Cet environnement tutoriel contient un ensemble de leçons, d'exercices et de quiz. De plus, il intègre un agent pédagogique qui utilise une technologie de reconnaissance vocale, visant à évaluer la prononciation de l'étudiant afin de lui fournir l'aide appropriée. Les apprenants reçoivent ainsi un *feedback* personnalisé sur leurs erreurs. Dans une deuxième étape, l'étudiant pratique ces connaissances acquises dans l'environnement « *Mission Practice Environment* » qui est sous la forme d'un jeu 3D où l'étudiant (qui sera représenté par un agent dans le jeu) communique oralement avec plusieurs agents simulés (voir figure 6). Il s'engage ainsi dans un dialogue avec ces agents en parlant dans un microphone et en choisissant les gestes à exprimer avec la souris. De même, l'étudiant peut bénéficier de l'aide du tuteur. Ce dernier peut lui fournir des suggestions qui dépendent de ses performances. Par exemple, si l'étudiant connaît le vocabulaire nécessaire, le tuteur lui fournit des indications en anglais (cas de la figure 6). Dans le cas contraire, il lui suggère une phrase arabe à dire (dans la langue visée à apprendre). Enfin, nous constatons que le tuteur peut intervenir à plusieurs niveaux (motivationnel, social et cognitif) pour soutenir l'étudiant.



Figure 6. Le tuteur fournit des indications à l'étudiant lors d'un dialogue avec deux agents
(Johnson *et al.*, 2004)

D'autres projets visant à encourager et améliorer la qualité de l'apprentissage par des jeux vidéo sont actuellement en cours. Par exemple, (Blanchard *et al.*, 2009) travaillent actuellement sur la conception d'un STI capable de renforcer l'apprentissage des informations éducatives acquises durant la pratique de certains jeux vidéo. Leur système, appelé **EAGLE** (*Electronic Assistant for Game-based Learning Experiences*), joue le rôle de régulateur externe d'un apprentissage se produisant dans un jeu vidéo; " il peut à la fois renforcer de bonnes connaissances acquises et corriger de mauvaises compréhensions ou des informations erronées transmises par le jeu " (Blanchard *et al.*, 2009). En effet, lorsque l'apprenant interagit avec l'environnement du jeu vidéo, EAGLE tente de déterminer quels sont les événements de jeu rencontrés par ce dernier et s'ils ont influencé les connaissances initiales de l'apprenant. Une fois le nouvel état de connaissances de l'apprenant sur le domaine d'apprentissage est établi, EAGLE procède à la mise à jour du modèle de l'apprenant. Après avoir analysé ses connaissances acquises durant la pratique du jeu et établi la différence entre ces conceptions et celles visées par le jeu (par exemple, quelles sont les connaissances erronées de l'apprenant transmises par le jeu, quelles sont les bonnes conceptions transmises par le jeu mais non acquises par l'apprenant, etc.), EAGLE procède

à prendre des décisions appropriées quant au déroulement du cours; il sélectionne et séquence, dans une prochaine étape, le contenu d'instruction à présenter à l'étudiant afin de corriger les mauvaises conceptions et renforcer celles qui sont correctes. Pour ce faire, ce système tutoriel utilise une architecture à base d'ontologies¹³. Il peut alors s'adapter à différents types de jeux, de domaines et d'apprenants.

2.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'historique des systèmes tutoriels, en commençant par les premiers systèmes de l'enseignement programmé et en arrivant aux systèmes de l'enseignement intelligemment assisté par ordinateur appelés systèmes tutoriels intelligents. Nous avons mis l'accent sur ces systèmes puisqu'ils sont actuellement les tutoriels les plus utilisés dans l'enseignement de diverses disciplines. Nous avons décrit dans un premier temps l'architecture de ces systèmes tout en distinguant ses différentes composantes et le rôle de chacune de ces composantes. Dans un second temps, nous avons mis en jeu un domaine d'apprentissage de ces systèmes, c'est **la didactique des langues**, puisque notre système tutoriel est destiné à cette fin. Nous avons énuméré ainsi les différents outils techniques envisagés dans l'apprentissage de telle discipline, parmi lesquels les ressources multimédia. Des chercheurs s'intéressant à l'apprentissage des langues d'une manière générale et à l'apprentissage du vocabulaire en particulier, (Baturay *et al.*, 2009; Chanier et Selva, 1998; Kim et Gilman, 2008), ont constaté que le recours aux mots, aux images et aux sons améliore la mémoire davantage que les mots seuls. Or, comme améliorer et renforcer la mémorisation lors de l'acquisition des connaissances chez les enfants est un de nos principaux objectifs alors nous adoptons de même cette technique d'association que nous détaillerons dans le chapitre suivant. Dans un troisième temps, nous avons expliqué le rôle des émotions dans les processus cognitifs et la nécessité de les intégrer dans les systèmes tutoriels. Nous avons fini alors par présenter quelques exemples

¹³ En informatique, une ontologie est comprise comme un système de concepts fondamentaux qui sont représentés sous une forme compréhensible par un ordinateur (Mizoguchi 2004). Elle permet de partager et de réutiliser des concepts grâce à une sémantique computationnelle.

illustrant des tuteurs virtuels ayant des comportements émotionnels. La dimension émotionnelle de ces agents va donner ainsi plus de crédibilité à ces applications et donc améliorer les échanges hommes-machines.

Dans le chapitre suivant, nous présenterons la méthodologie que nous avons adoptée pour atteindre nos objectifs de recherche et nous exposerons également l'architecture générale de notre système tutoriel que nous avons développé dans le but de favoriser chez les enfants l'acquisition du vocabulaire anglais.

CHAPITRE 3

MÉTHODOLOGIE ET ARCHITECTURE

3.1 Introduction

Nous rappelons que dans le présent mémoire, nous cherchons à atteindre deux objectifs : (1) démontrer que le changement des émotions de l'apprenant lors d'une séance d'apprentissage a des répercussions sur ses performances et (2) déterminer la stratégie d'apprentissage la plus adaptée au profil comportemental de l'apprenant, permettant d'accentuer et de favoriser davantage la mémorisation. Pour ce faire, nous avons développé un cours d'anglais en ligne ainsi qu'un tuteur virtuel qui se charge d'exposer le cours en utilisant des stratégies pédagogiques facilitant l'acquisition du vocabulaire et permettant notamment de susciter des émotions chez l'apprenant. Afin de tester l'efficacité de ces stratégies pédagogiques adoptées par le tuteur et d'évaluer l'impact des émotions suscitées sur la capacité de mémorisation des connaissances à acquérir par l'élève, nous avons opté pour une approche empirique basée sur l'expérience que nous détaillerons dans le chapitre suivant. Cette expérience nous a donc permis de collecter les données et de décider quant aux modifications à apporter à notre système tutoriel initial.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à présenter les approches adoptées pour construire l'architecture initiale de notre STI. Nous avons ainsi structuré ce chapitre en trois parties. La première partie fournit un bref survol sur les processus d'apprentissage et de mémorisation. La deuxième partie présente les méthodes et les techniques que nous avons choisies pour construire le profil de l'élève et élaborer les différentes stratégies pédagogiques du tuteur. Nous recenserons également les différentes techniques utilisées pour l'acquisition du vocabulaire et l'induction d'un état émotionnel chez l'apprenant.

Enfin, la troisième partie décrit l'architecture globale de notre système et détaille la structure de chacune de ses composantes.

3.2 Étude des processus d'apprentissage et de mémorisation

Le processus d'apprentissage est étroitement lié à la mémorisation. En effet, pour apprendre une nouvelle connaissance, il faut nécessairement la mémoriser. Or, mémoriser une information n'est pas tâche simple et passe par beaucoup d'étapes. Pour présenter les différentes étapes de la mémorisation, Atkinson et Shiffrin (1968) ont construit un modèle général de la mémoire appelé **modèle modal d'Atkinson et Shiffrin** (Atkinson et Shiffrin, 1968). Ce modèle est composé de trois sous systèmes principaux (mémoire sensorielle, mémoire à court terme et mémoire à long terme). Nous illustrons dans la figure suivante les différentes étapes de la mémorisation de l'information présentées dans ce modèle.

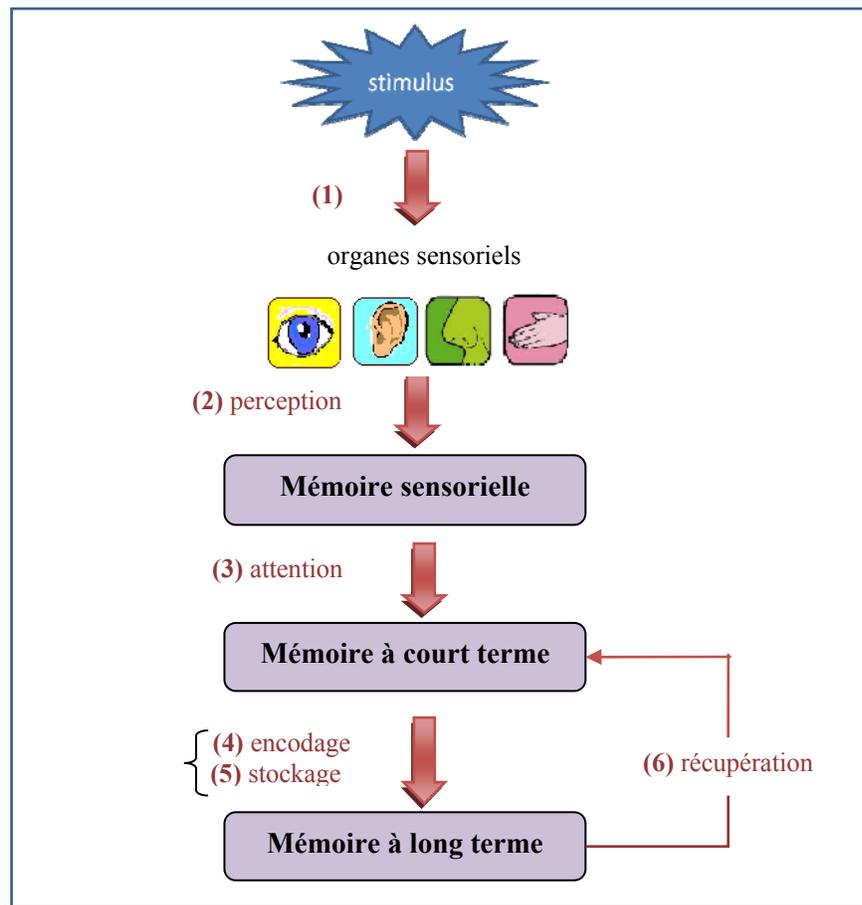


Figure 7. Les étapes de la mémorisation (Atkinson et Shiffrin, 1968)

Le déroulement de la tâche de la mémorisation se fait comme suit :

- (1) Un stimulus externe déclenche les organes sensoriels ;
- (2) L'individu perçoit par ses sens (visuelles, auditives, cutanées, etc.) l'information à apprendre. Cette perception est enregistrée dans **la mémoire sensorielle** ou encore appelée **la mémoire immédiate** et ne dure que quelques fractions de secondes (moins d'une seconde) ;
- (3) L'attention est ensuite activée pour stocker l'information dans **la mémoire à court terme** ou encore appelée **mémoire de travail**. Les informations stockées dans cette mémoire, sujettes à la répétition, sont limitées en nombre (pas plus de

7 ou 8 éléments) et ne durent que quelques secondes. Un exemple de ces informations est un numéro de téléphone, un chiffre, etc. ;

- (4) Une fois l'information est stockée dans la mémoire à court terme, elle sera ensuite traitée. Le traitement de l'information permet de lui donner un sens. Par exemple, une information est traitée en lui attribuant une date, un lieu, une forme, une couleur, etc. Cette phase est appelée alors l'**encodage**. L'encodage permet ainsi d'indexer l'information et de l'associer des indices pour faciliter sa rétention ;
- (5) Après avoir être indexée, l'information sera stockée dans la mémoire à long terme. Cette phase est appelée ainsi **stockage** ou **consolidation** de l'information. Elle permet la conservation des informations dans la mémoire pendant une longue durée (des jours, des mois, des années). Certains facteurs peuvent intervenir pour modifier la durée du stockage, comme par exemple la charge affective de l'information; plus la charge affective est importante plus le stockage sera durable. Par ailleurs, (Charistianson et Loftus, 1991) ont montré que la dimension affective des informations attire l'attention des sujets. De plus, (Dutta et Kanungo, 1975) ont fait intervenir l'intensité affective et sa modification comme deux variables dans une tâche de mémorisation et ils ont constaté qu'une information ayant une tonalité affective est plus facilement retenue qu'une information n'ayant pas une tonalité affective ou encore neutre. Ce résultat est aussi confirmé par plusieurs études (Chalfoun *et al.*, 2007; Syssau et Brouillet, 1996). Ainsi, nous pouvons retenir qu'une information connotée émotionnellement donne lieu à des performances de rappel plus fiables.
- (6) Enfin, pour accéder à une information stockée dans la mémoire à long terme, il faut activer le processus de **restitution** ou encore appelé le **rappel** qui permet sa récupération à la mémoire à court terme.

3.3 Méthodologie

Après avoir expliqué les processus d'apprentissage et de mémorisation, nous exposons dans cette section la démarche méthodologique que nous avons adoptée pour l'atteinte de nos objectifs de recherche, soit de montrer que le changement des émotions de l'apprenant influe sur ses performances et de déterminer une stratégie d'apprentissage efficace permettant de maximiser les performances de l'apprenant selon son tempérament. Nous définissons une stratégie d'apprentissage **efficace** comme étant « la stratégie d'apprentissage qui permet d'avoir la note d'amélioration la plus élevée pour le groupe des élèves ».

Pour atteindre notre premier objectif, nous avons décomposé notre groupe d'élèves en deux groupes : un premier groupe appelé « **groupe témoin** » qui ne va pas être exposé à la procédure d'induction émotionnelle, et un deuxième groupe qui va être soumis à la procédure de l'induction de l'émotion. Ainsi, pour le premier groupe, nous allons exposer le cours sans agir sur l'état émotionnel de l'apprenant; en d'autres termes nous présentons à l'élève un cours sans l'intervention d'un tuteur humain ou simulé et sans l'induction d'un état émotionnel chez ce dernier. Par contre, pour le deuxième groupe, nous allons modifier l'état émotionnel de l'apprenant tout en recourant à un tuteur virtuel qui se charge à la fois d'exposer le cours à l'apprenant et d'induire des émotions chez ce dernier à travers le ton de sa voix et une musique de fond. À partir de ces deux groupes, nous tenterons dans ce qui suit de dégager quel groupe obtiendra les meilleures performances après le cours.

Notre deuxième objectif est de déterminer une stratégie d'apprentissage efficace permettant de maximiser les performances de l'enfant. Or, étant donné que les enfants réagissent différemment dans diverses situations, entre autres celles de l'apprentissage, selon leur tempérament (Caspi et Shiner, 2006; Eysenck, 1967; Rothbart et Derryberry, 1981) et que l'émotion est fortement liée au tempérament (Rothbart *et al.*, 2000), nous pensons que l'efficacité d'une stratégie d'apprentissage dépend étroitement du tempérament de l'enfant et de l'état émotionnel induit durant le processus d'apprentissage. De ce fait, nous avons étudié le tempérament de l'enfant grâce à un questionnaire et nous

avons tenté de dégager quel état émotionnel correspond le mieux à chaque tempérament de l'élève. Pour ce faire, nous avons mis en place trois stratégies différentes qui visent à changer l'état émotionnel de l'apprenant en induisant chez ce dernier de la joie, la peur ou la colère. L'idée alors est de reprendre la démarche adoptée pour notre deuxième groupe, soit utiliser un tuteur virtuel qui présente la leçon à l'élève et suscite une émotion chez ce dernier, et de la tester avec trois émotions différentes à savoir la joie, la peur et la colère. En total, nous allons ainsi tester quatre stratégies émotionnelles différentes.

Dans ce qui suit, nous reprendrons en détail ces approches adoptées pour la présentation du cours de différentes stratégies et la construction du tempérament de l'apprenant et nous expliquerons notamment les différentes méthodes et techniques utilisées dans chaque étape. Nous justifierons également nos choix.

3.3.1 Création du profil de l'élève

Pendant la phase préliminaire de notre expérimentation, nous avons commencé par construire le profil de l'apprenant qui constitue en réalité le modèle apprenant du système tutoriel. Dans notre cas, le profil de l'élève est composé de quatre éléments : un profil statique, un profil comportemental, un niveau de connaissance et un état émotionnel. Nous décrirons dans ce qui suit chacune de ces composantes.

(a) Profil statique

Le profil statique de l'élève comprend les données personnelles relatives à l'apprenant (login, sexe, âge, école et groupe).

(b) Profil comportemental

Le profil comportemental de l'élève est constitué à partir des réponses fournies sur le questionnaire du tempérament “**Children Behavior Questionnaire-Very Short Form**” désigné par “**CBQ-VSF**”(Rothbart *et al.*, 2001). Il contient les valeurs des trois dimensions du tempérament : « extraversion », « affectivité

« négative » et « contrôle exigeant de l'effort ». Dans ce qui suit, nous mentionnerons l'origine du terme « tempérament » et nous le définirons.

Le terme « tempérament » vient du mot latin « temperamentum »; il se rapporte à l'origine à un mélange proportionnel des humeurs¹⁴ corporels, à propos duquel les médecins gréco-romains ont établi une typologie en quatre groupes (Diamond, 1974). En effet, ces médecins soutenaient que le corps contient quatre humeurs (le sang, le flegme, la bile jaune et la bile noire) correspondant chacune à un tempérament (le sanguin, le flegmatique, le colérique et le mélancolique). Selon ces médecins, les différences de tempérament entre les individus s'expliquent par la prédominance de l'une ou de l'autre des quatre humeurs. Ainsi, les gens étaient classés selon qu'ils soient sanguins, flegmatiques, colériques ou mélancoliques; " Les sanguins (prédominance du sang) sont actifs et sociables, les flegmatiques (prédominance du flegme) sont lents à réagir, les colériques (prédominance de la bile jaune) sont irritables et irascibles, les mélancoliques (prédominance de la bile noire) sont tristes et anxieux " (Rothbart *et al.*, 2000).

Après avoir fourni un bref historique du terme « tempérament », nous allons maintenant donner sa définition. Malgré l'existence de plusieurs définitions, la plupart des chercheurs en psychologie s'accordent sur cette définition : « le tempérament concerne le style avec lequel un individu fait les choses ou comment il réagit aux personnes et aux situations » (Maziade, 1983).

Comme nous avons utilisé dans le cadre de ce mémoire le questionnaire "CBQ-VSF" (Rothbart *et al.*, 2001) vu sa popularité et son utilisation dans plusieurs études de recherches pour les jeunes enfants (Donzella *et al.*, 2000; Goldsmith *et al.*, 1997; Murphy *et al.*, 1999), nous allons de plus mentionner la définition donnée par ses auteurs.

¹⁴ En médecine, l'humeur est définie comme étant tout liquide produit ou sécrété par l'organisme (Le Grand Dictionnaire Terminologique de l'office québécois de la langue française).

Rothbart et Derryberry (1981) définissent le tempérament comme étant « les différences individuelles dans la réactivité et l'autorégulation, influencées au fil du temps par l'hérédité et l'expérience » (Rothbart et Derryberry, 1981). Pour distinguer les différences comportementales entre les enfants d'âge 3 et 8 ans, ils ont développé le questionnaire "CBQ-VSF" permettant d'évaluer trois grandes dimensions du tempérament : « extraversion ou surgence¹⁵ », « affectivité négative » et « contrôle exigeant de l'effort ». La surgence est reliée à un affect et une activité positifs. L'affectivité négative, quant à elle, est reliée à des émotions négatives (telles que la tristesse, la peur, la colère et la détresse, etc.). Cependant, le contrôle exigeant de l'effort est comparé à la conscience et il est relié aux systèmes cérébraux de contrôle de l'inhibition et de l'attention.

(c) Niveau de connaissance

Le niveau de connaissance permet d'évaluer les connaissances de l'élève sur la matière. En fonction de la note obtenue dans le test, un niveau de connaissance sera attribué à chaque élève : débutant, intermédiaire ou avancé. Étant donné que dans cette expérimentation l'élève passe un pré-test et un post-test, il aura alors deux niveaux de connaissance (un niveau initial obtenu dans le pré-test et un niveau final obtenu au post-test) afin de nous permettre de voir s'il y a une amélioration de son niveau de connaissance.

(d) État émotionnel

L'état émotionnel correspond à un des quatre états émotionnels induits par le tuteur : neutre, joie, peur ou colère. En effet, dans notre expérimentation le tuteur utilise une technique hybride pour induire une émotion chez l'apprenant qui combine le ton de la voix et une musique de fond. Cette technique est appliquée à tous les élèves sauf que l'émotion suscitée diffère d'un élève à un autre et c'est au module tuteur qui gère la distribution des émotions sur les élèves.

¹⁵ En psychologie, le mot surgence désigne le facteur extraversion du tempérament.

3.3.2 Technique d'acquisition lexicale

Dans le présent mémoire, nous avons utilisé deux principales stratégies : une stratégie sans tuteur humain et sans tuteur automatisé ou encore dite **stratégie témoin** et une stratégie avec tuteur virtuel. Pour ces deux stratégies, nous avons utilisé une technique d'acquisition lexicale dite **technique d'association** (Atkinson et Raugh, 1975) où chaque mot du vocabulaire est associé à une image; cette technique permet de faciliter l'acquisition du vocabulaire puisque chaque mot à apprendre est affiché avec son image. Par contre, ce qui caractérise la stratégie avec tuteur virtuel est le fait que ce tuteur lit de plus à haute voix les mots à apprendre.

3.3.3 Techniques d'induction émotionnelle

Afin de mesurer l'effet des émotions sur les processus cognitifs, les chercheurs en psychologie recourent à diverses méthodes permettant d'évoquer des émotions particulières chez le sujet, dites **techniques d'induction émotionnelle** (Mayer *et al.*, 1995). Ces méthodes se distinguent essentiellement par la façon d'induire un état émotionnel donné. Il en existe généralement deux catégories : les techniques d'induction directe et les techniques d'induction indirecte. Dans **les techniques d'induction directe**, le sujet est avisé en avance qu'il va être soumis à une procédure d'induction; par exemple, il doit lire en haute voix des énoncés suggérant un état émotionnel (« je me sens un peu triste aujourd'hui »). Par contre, dans **les techniques d'induction indirecte** le sujet n'est pas averti qu'il va être soumis à une procédure d'induction; par exemple, le fait de soumettre le sujet à une induction émotionnelle par la présentation des films en l'informant simplement qu'il doit évaluer ces films et sans être conscient de l'induction. Nous recenserons dans ce qui suit dans un premier temps quelques exemples de ces techniques ainsi que la démarche adoptée pour leur utilisation. Dans un deuxième temps, nous décrirons comment nous avons adapté ces techniques dans un contexte d'apprentissage afin de changer l'état émotionnel de l'apprenant et de renforcer la mémorisation de certains mots du vocabulaire anglais.

Une des techniques d'induction émotionnelle la plus fréquemment utilisée est la procédure d'induction musicale (Clark, 1983; Niedenthal *et al.*, 1997; Niedenthal et Setterlund, 1994); elle consiste à faire écouter aux participants des extraits musicaux susceptibles d'induire un état émotionnel particulier (par exemple la joie, la colère, la peur, la tristesse, etc.). Parfois, cette technique est combinée avec une autre technique, telle que la présentation de courts extraits de films (Niedenthal *et al.*, 1999), afin de maintenir l'état induit par ces films. Une autre technique d'induction est alors l'exposition à des films émotionnellement chargés. Cette technique est utilisée notamment dans les travaux de (Gross et Levenson, 1995; Lazarus *et al.*, 1962; McHugo *et al.*, 1982; Philippot, 1993). De plus, (Lang *et al.*, 1995) ont utilisé une autre technique d'induction où ils présentent aux sujets des images connotées affectivement et leur demandent de les évaluer. (Gerrards-Hesse *et al.*, 1994) ont choisi, quant à eux, le fait de raconter des histoires susceptibles d'induire un état émotionnel particulier. Quelques autres techniques existent comprenant la procédure de Velten, l'imagination guidée et l'hypnose; la procédure de Velten (Velten, 1968) consiste à demander au sujet de lire et d'essayer de ressentir l'humeur suggérée par des phrases autoréférentielles d'appréciation positive (telle que « je me sens très bien aujourd'hui »), négative (telle que « j'ai trop de mauvaises choses dans ma vie ») ou neutre (telle que « aucun élément de ce livre ne peut être reproduit sous aucune forme »). L'imagination guidée (Ahsen, 1996) consiste à demander au participant de s'imaginer dans une série de situations décrites (telle que « tu es réuni avec un ami dans un restaurant et la conversation devient très drôle et tu ne peux plus arrêter de rire »). Cependant, l'hypnose consiste à induire un état émotionnel par hypnose. Cette technique a été employée, dans un premier temps, par (Bower, 1981) pour induire un état heureux ou triste. Dans un deuxième temps, il lit aux participants un récit dont l'un des personnages est heureux, l'autre triste et le troisième est neutre. Ensuite, l'hypnose est levée et les participants rentrent chez eux. Le lendemain, ils reviennent et on leur demande de rappeler tout ce dont ils se souviennent du récit. Les résultats de cette étude montrent que les participants qui ont lu le récit dans un état triste se rappellent plus des faits tristes que des faits gais, et ceux qui ont lu le récit dans un état heureux se rappellent environ de la moitié des faits dans chaque catégorie

(Channouf, 2006). De plus, nous constatons que Bower a combiné deux techniques d'induction émotionnelle, l'hypnose et la présentation des histoires. Ainsi, nous pouvons conclure que toutes ces techniques peuvent être utilisées seules ou combinées.

Pour utiliser ces techniques, les psychologues adoptent généralement la démarche suivante décrite dans (Channouf et Rouan, 2002) : tout d'abord, ils sélectionnent le groupe de participants en recourant à un questionnaire afin de retenir que les participants ne présentant pas de caractéristique particulière d'humeur (par exemple, sélectionner ceux qui ne présentent pas des traits dépressifs), ensuite ils décomposent l'échantillon de participants en deux groupes; un groupe qui va être soumis à une ou plusieurs situations censées provoquer une émotion alors que l'autre sert de groupe contrôle (il va être soumis à des situations neutres), et finalement ils demandent aux participants d'effectuer une tâche particulière dite **tâche principale** (par exemple, évaluer une série d'extraits de films). Cette tâche permet de décider quant à l'induction de l'état émotionnel. En fait, si des différences sont observées entre les deux groupes après l'accomplissement de la tâche demandée (dans le cas de l'exemple donné, les deux groupes diffèrent dans l'évaluation d'extraits de films) alors ces différences seront expliquées par l'état émotionnel induit.

Dans le présent mémoire, nous avons suivi cette démarche en apportant quelques modifications. En fait, nous avons décomposé de même notre échantillon en deux groupes : un groupe avec lequel nous recourons à une technique d'induction émotionnelle et un groupe contrôle (celui non accompagné du tuteur). Nous avons choisi, pendant toute la séance du cours, la même technique d'induction qui consiste à induire des émotions chez l'apprenant à travers le ton de la voix du tuteur. Ce ton diffère selon l'émotion à susciter; par exemple, pour induire de la peur le tuteur lit le texte avec une amplitude forte, une hauteur faible, une intonation ascendante, un tempo rapide, etc. Ces caractéristiques vocales sont appelées les **paramètres acoustiques de la voix** et sont définies à partir des études portant sur l'encodage de l'émotion dans la voix. D'ailleurs, à partir de ces paramètres nous pouvons soit exprimer une émotion particulière, soit déterminer l'émotion éprouvée par l'individu. Par exemple, (Scherer et Oshinsky, 1977) ont synthétisé 128 tons à partir de sept

facteurs à deux niveaux (la variation d'amplitude, la variation d'hauteur, le contour d'intonation, le niveau d'hauteur, le tempo, l'enveloppe et le filtrage). Nous dégageons, dans le tableau ci-après, ces différents facteurs associés aux huit émotions suscitées (colère, ennui, peur, surprise, plaisir, bonheur, tristesse et dégoût).

Tableau 1. Types d'émotions associées aux paramètres acoustiques de la voix (tiré de (Menahem, 1983))

Paramètres acoustiques	Direction de l'effet	Émotion suscitée
Variation d'amplitude	Faible	Bonheur, plaisir
	Forte	Peur
Variation d'hauteur	Faible	Dégoût, colère, peur, ennui
	Forte	Bonheur, plaisir, surprise
Contour d'intonation	Descendant	Ennui, plaisir, tristesse
	Ascendant	Peur, surprise, colère
Niveau d'hauteur	Bas	Ennui, plaisir, tristesse
	Élevé	Surprise, colère, peur
Tempo	Lent	Tristesse, ennui, dégoût
	Rapide	Surprise, bonheur, plaisir, peur, colère
Enveloppe	Ronde	Dégoût, tristesse, peur, ennui
	Aiguë	Plaisir, bonheur, surprise
Filtrage	3 harmoniques	Plaisir, ennui, bonheur, tristesse
	8 harmoniques	Colère, dégoût, peur, surprise

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons utilisé ces paramètres pour exprimer seulement trois émotions (joie, peur, colère) et de les induire par la suite chez l'apprenant (âge de l'élève est de 6 à 8 ans). Le choix de ces émotions découle du fait que la joie, la colère, suivies de la peur sont parmi les émotions les plus facilement reconnues chez

l'enfant. En effet, l'enfant commence à reconnaître les émotions de la joie, la tristesse et la colère à trois ans (Boyatzis *et al.*, 1993; Stifter et Fox, 1986) tandis que la reconnaissance des expressions de peur, de surprise et de dégoût commence entre trois et cinq ans (Gosselin, 1995; Gosselin *et al.*, 1995). Nous nous sommes ainsi limités sur le choix de trois émotions parmi ces six émotions citées vu qu'il est difficile de trouver un grand échantillon d'élèves (pour six émotions, nous avons besoin d'au moins 70 élèves, ce qui est une tâche ardue surtout que la participation de l'élève nécessite l'accord de ses parents). De plus, nous pensons que le choix d'une émotion positive (joie) et de deux émotions négatives (peur, colère) est suffisant et peut nous permettre de déduire quant à l'amélioration de leurs performances.

Étant donné que la tâche principale à accomplir par l'élève dans notre cas est d'acquérir de nouvelles connaissances en vocabulaire anglais, alors nous avons cherché à entretenir cet état émotionnel pendant la phase de l'exposition de la leçon en recourant de plus à une musique de fond. Par ailleurs, (Lundqvist *et al.*, 2009) ont prouvé l'efficacité de la musique en tant que procédure d'induction émotionnelle. Ils ont mesuré certains signaux physiologiques chez des participants qui écoutent des pièces de musique exprimant la joie ou la tristesse et ils ont trouvé que l'émotion suscitée chez l'individu et celle exprimée par la musique sont identiques. De plus, une autre étude réalisée par (Nawrot, 2003) a montré que les enfants perçoivent certaines émotions exprimées par des extraits musicaux (joie, tristesse, peur et colère) d'une façon très similaire aux adultes. Pour toutes ces raisons, nous avons de même choisi la musique comme une technique d'induction supplémentaire pendant la phase de présentation du cours. Pour le choix de nos musiques de fond, nous nous sommes inspirés de travail de (Mayer *et al.*, 1995) où ils combinent la procédure de Velten et la musique. Les musiques sélectionnées sont alors : « *Mazurka from Coppelia* » composé par **Delibes** (Delibes *et al.*, 1999) pour induire la joie, « *Hallowe'en* » composé par **Ives** (Ives *et al.*, 1971) pour induire la peur et « *A Night on Bald Mountain* » composé par **Mussorgsky** (Maazel *et al.*, 1993) pour induire la colère.

3.3.4 Stratégies adoptées par le tuteur

Dans le cadre de ce mémoire, notre tuteur se limite à faire quelques actions pendant le cours, le post-test et après le post-test. Pendant le cours, ce dernier utilise essentiellement deux types de stratégies pédagogiques, une stratégie liée à l'acquisition du vocabulaire qui consiste à associer chaque mot à apprendre à une image et une stratégie émotionnelle choisie parmi trois autres stratégies qui consiste à induire chez l'apprenant une émotion spécifique (joie, peur ou colère). Nous récapitulons dans le tableau suivant ces différentes stratégies émotionnelles.

Tableau 2. Description des stratégies émotionnelles

Stratégies	Émotion	Tuteur	Technique d'induction émotionnelle	
			Musique	Voix du tuteur
Stratégie 1	Neutre	non	non	non
Stratégie 2	Joie	oui	Mazurka from Coppelia	oui
Stratégie 3	Peur	oui	Halloween	oui
Stratégie 4	Colère	oui	Night on Bald Mountain	oui

Le but de ce tuteur est de motiver l'apprenant, attirer son attention, l'aider à apprendre la leçon. Ainsi, il parle, se présente, se déplace, fait des gestes, lit et affiche le mot à apprendre, donne des directives aux élèves, etc.

Pendant le post-test, le tuteur intervient une seule fois en lisant la question et en souhaitant à l'élève bonne chance. Pour ce faire, il utilise l'intonation de la voix appropriée qui va avec l'émotion suscitée pendant la leçon.

Après le post-test, le tuteur se charge d'afficher la note d'élève obtenue suite à ce test. Le tuteur réagit de plus en fonction de cette note (applaudir, féliciter, encourager, se fâcher, etc.). Pour ce faire, il exprime ses émotions à travers la voix et les gestes. Par

exemple, si l'apprenant répond correctement à toutes les questions du test le tuteur va le féliciter en applaudissant et en parlant.

3.3.5 Méthode d'évaluation de l'élève

Durant la phase de notre expérimentation, l'élève est évalué à deux occasions : avant le cours (dans l'étape de pré-test) et après le cours (dans l'étape de post-test). Dans chaque étape, il doit associer les mots aux images correspondantes. Pour ce faire, il dispose d'une liste de boutons radio contenant les différents choix des mots possibles pour chaque image. De plus, nous avons conçu le pré-test et le post-test d'une façon très similaire afin de savoir s'il y a une amélioration de la performance de l'élève ainsi que le niveau de cette amélioration.

3.3.6 Échelle d'identification de l'émotion courante de l'élève

Lors de l'expérience, l'élève est invité à identifier son émotion courante après avoir obtenu sa note du post-test. Pour identifier l'émotion courante de l'élève, nous avons utilisé une échelle avec icônes (*Graphic Rating Scale*) inspirée de Wong-Baker FACES Pain Rating Scale (Wong *et al.*, 2001). Cette échelle (voir figure 8) est recommandée pour les enfants de plus de 3ans et s'utilise comme suit : tout d'abord, il faut expliquer à l'enfant que chaque image de l'échelle représente une personne heureuse car elle n'a pas de mal, ou une personne triste car elle a un peu ou beaucoup de mal; par exemple l'image 0 représente une personne très heureuse parce qu'elle n'a pas de mal tandis que l'image 5 représente une personne très triste parce qu'elle a trop de mal. Ensuite, il faut demander à l'enfant de choisir l'image qui correspond le mieux à ses sentiments.



Figure 8. Wong-Baker FACES Pain Rating Scale (Wong *et al.*, 2001)

Dans ce mémoire, nous avons adapté cette échelle pour exprimer seulement trois émotions de base (joie, neutre et triste) où chaque émotion est représentée par un visage. L'élève doit choisir alors parmi ces visages celle qui permet d'exprimer plus son état émotionnel après avoir obtenu la note du post-test.

3.4 Architecture générale du système EVLS

Toutes les méthodes et les techniques que nous avons décrites dans la section précédente nous a permis de construire l'architecture de notre système EVLS (*English Vocabulary Learning System*). Nous rappelons que l'architecture classique d'un STI définie par (Burns et Capps, 1988; Murray, 1999; Nicaud et Vivet, 1988) repose sur quatre composantes : un modèle expert du domaine, un modèle de l'apprenant, un modèle de tuteur et une interface. Nous avons repris cette architecture et nous avons regroupé les différentes méthodes et techniques utilisées dans chacune des composantes appropriées du STI. La figure suivante illustre les constituants de chaque composante de l'architecture de notre système EVLS.

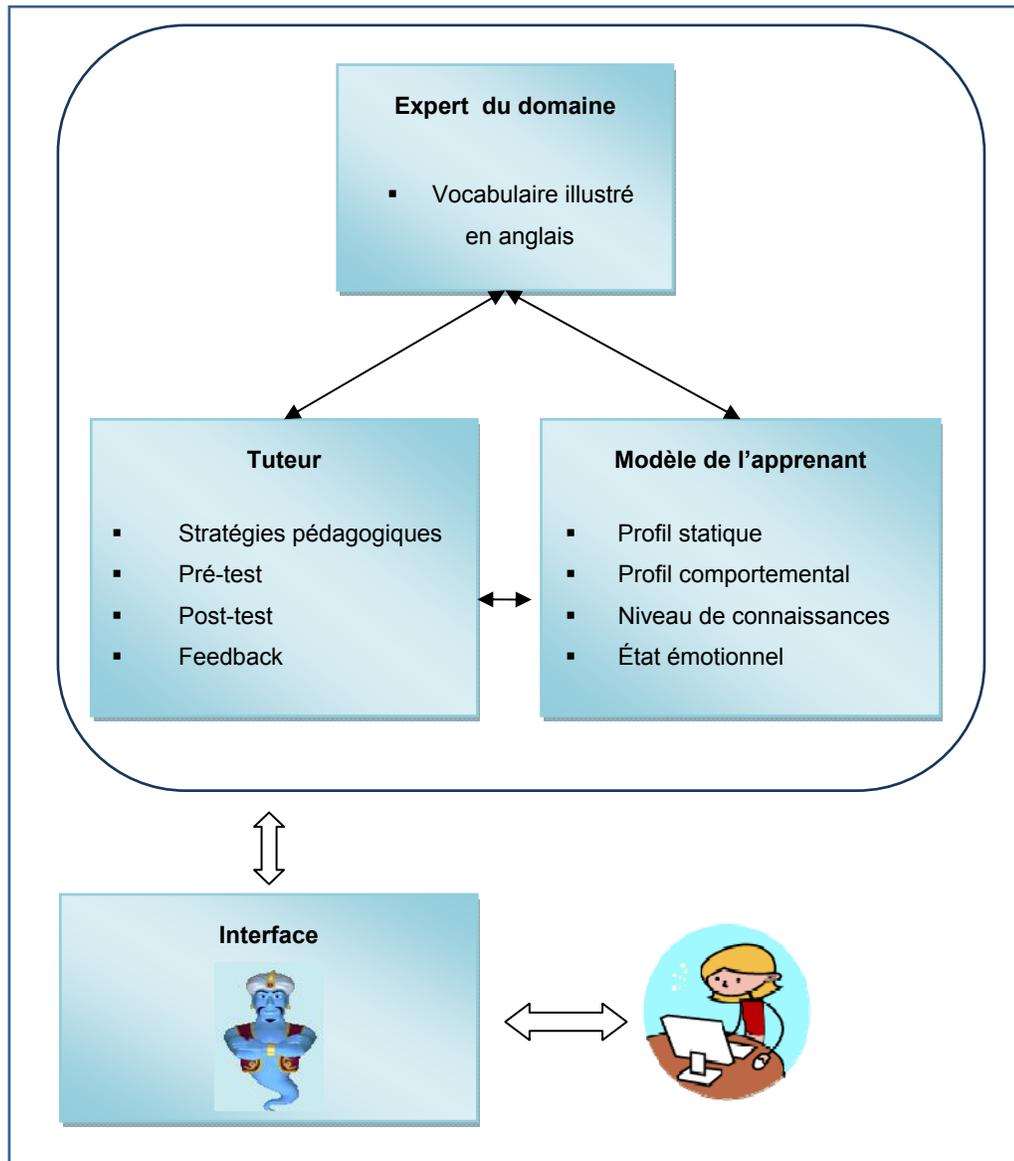


Figure 9. Architecture générale du système EVLS

Dans ce qui suit, nous décrivons brièvement les différentes composantes de notre STI.

3.4.1 Modèle expert du domaine du système EVLS

Le modèle expert du système EVLS est constitué d'un simple cours d'anglais. Il s'agit de faire apprendre aux élèves de deuxième année primaire huit mots différents du

vocabulaire anglais. Ce cours est représenté de telle sorte que chaque mot à apprendre est associé à une image.

3.4.2 Modèle de l'apprenant du système EVLS

Le modèle apprenant du système EVLS constitue le profil de l'apprenant qui est composé de quatre éléments : un profil statique, un profil comportemental, un niveau de connaissance et un état émotionnel. Ces éléments sont décrits en détail dans la section 3.3.1.

3.4.3 Modèle tuteur du système EVLS

Le modèle tuteur du système EVLS regroupe les stratégies pédagogiques, le pré-test, le post-test et le feedback du tuteur. Les stratégies pédagogiques se décomposent essentiellement en deux groupes : une stratégie d'acquisition du vocabulaire et des stratégies émotionnelles. La stratégie d'acquisition du vocabulaire regroupe la technique d'acquisition lexicale tandis que les stratégies émotionnelles sont basées sur les techniques d'induction émotionnelle.

Pour l'apprentissage du cours, nous avons utilisé **la stratégie du tutorat classique** que nous avons décrite dans la section 2.3.3 du chapitre précédent.

3.4.4 Interface du système EVLS

L'interface du système EVLS est simple et facile à manipuler. Puisque notre utilisateur est un enfant d'âge inférieur à 8 ans, nous avons tenté de minimiser l'utilisation de la souris par ce dernier et de répondre à quelques critères d'une interface conçue pour enfants tels que l'utilisation du caractère large pour l'affichage des mots à apprendre, l'utilisation de couleurs attirantes, etc.

3.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les approches adoptées pour construire les différents modules de notre STI. Nous avons décrit essentiellement le module apprenant constitué à partir des réponses fournies par les parents des élèves sur le questionnaire “Children Behavior Questionnaire-Very Short Form” (Rothbart *et al.*, 2001) désigné par CBQ-VSF. Ce questionnaire permet de distinguer le tempérament de l’apprenant selon trois dimensions : « surgence », « affectivité négative » et « contrôle exigeant de l’effort ». Nous avons recensé également les différentes stratégies adoptées par le tuteur qui sont composées généralement de deux types : une stratégie d’acquisition lexicale et une stratégie émotionnelle. La stratégie d’acquisition lexicale s’intéresse à faire apprendre aux élèves les différents mots du vocabulaire et elle utilise notamment une technique d’association où chaque mot est associé à une image tandis que la stratégie émotionnelle vise à susciter une émotion chez l’apprenant en utilisant une technique hybride d’induction émotionnelle. Cette technique combine le ton de la voix du tuteur susceptible d’induire chez l’apprenant une émotion bien déterminée (joie, peur ou colère) et une musique de fond qui va avec l’émotion suscitée et sert essentiellement à maintenir l’état émotionnel induit par la voix du tuteur.

Pour l’instant, la génération de ces stratégies émotionnelles se fait aléatoirement. Mais, dans une étape prochaine nous essayerons de générer ces stratégies de telle sorte qu’on associe à chaque tempérament de l’apprenant la stratégie la plus adéquate, celle qui permet d’améliorer ses performances. Cette caractéristique sera déterminée en fonction des résultats obtenus par l’expérimentation. Dans le chapitre qui suit, nous détaillerons cette expérimentation réalisée dans ce but.

CHAPITRE 4

EXPÉRIMENTATION

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous décrivons en détail l'expérience que nous avons réalisée. Comme il a été déjà mentionné, le but de cette expérience est de soumettre les élèves à une procédure d'induction émotionnelle, de mesurer l'impact des émotions suscitées sur leurs performances, et de tester l'efficacité des stratégies émotionnelles utilisées par le tuteur.

Ce chapitre est organisé comme suit : la première partie donne une description générale de l'échantillon d'élèves obtenu ainsi que les critères requis pour participer à cette étude expérimentale. La partie suivante présente les logiciels utilisés pour l'implémentation du site de l'expérience, de même que les besoins matériels et logiciels du participant. Enfin, la dernière partie détaille la démarche expérimentale adoptée.

4.2 Les sujets

Dans cette section, nous décrivons l'échantillon sur lequel a porté notre expérience ainsi que les critères requis pour participer à cette étude.

4.2.1 Description générale de l'échantillon

Notre échantillon est composé de 41 sujets, soit 12 garçons et 29 filles. Les sujets fréquentent différentes écoles primaires du Québec : Marcel-Vaillancourt (Laval), St-Isaac-Jogues (Montréal), St-Antoine-Marie-Claret (Montréal) et Notre-Dame-de-l'Assomption (Montréal). Ils sont inscrits en 2^{ème} année primaire et ont généralement de 7 à 8 ans (moyenne âge = 7.32, écart type = 0.57).

4.2.2 Critères de participation

Pour participer à cette expérience, les critères de sélection étaient les suivants :

- Chaque élève doit être âgé d'au moins 6 ans et d'au plus 8 ans avant de participer à cette expérience (vu que nous utilisons le questionnaire du tempérament *CBQ* dont l'échelle est validée pour des enfants de 3 à 8 ans pour la version très courte) ;
- Le parent de l'élève doit signer au préalable un formulaire donnant l'autorisation, « formulaire de consentement », puisque l'élève est mineur. Ce formulaire explique aux parents le but de notre étude de recherche, les procédures, les avantages, les mesures mises en place pour assurer leur confidentialité durant et après le déroulement de l'expérience, de même que les personnes avec qui communiquer en cas de questions ou problèmes. Le parent sera également invité à remplir le questionnaire de tempérament qui sert à déterminer le profil comportemental de l'enfant ;
- Chaque élève doit exprimer à l'avance son assentiment à y participer ;
- Aucune connaissance préalable de la langue anglaise n'est requise.

4.3 Matériel et logiciel expérimentaux

Comme nous l'avons indiqué auparavant, nous avons développé dans cette expérience un cours d'anglais en ligne ainsi qu'un tuteur virtuel. Pour ce faire, nous avons choisi d'utiliser les langages *PHP* et *CSS* pour la production et la présentation des pages web, de même que *JavaScript* pour la validation des données entrées dans les formulaires. De plus, nous nous sommes servis de système de gestion de base de données *MYSQL* pour gérer les données des participants et de logiciel *MASH 7.5* (Microsoft, 1998) pour créer notre agent tuteur.

Pour accéder au site web de notre expérience, le participant a seulement besoin d'un ordinateur et d'une connexion internet.

4.4 Procédure expérimentale

Notre expérience se déroule en deux phases : une phase préliminaire et une phase d'expérimentation. Étant donné que l'âge des sujets est inférieur à 8 ans, il sera nécessaire d'obtenir au préalable le consentement du parent. De plus, il sera important que le parent complète le questionnaire destiné à établir le profil comportemental de son enfant (puisque ce dernier est incapable d'y répondre seul). Ainsi, nous avons regroupé toutes les tâches accomplies par les parents et la chercheuse, avant l'expérimentation avec l'élève, dans une phase à part dite phase préliminaire. Tandis que toutes les tâches accomplies par l'élève durant l'expérience constituent la phase d'expérimentation proprement dite.

Nous décrirons dans ce qui suit la démarche adoptée dans chacune de ces deux phases.

4.4.1 Phase préliminaire

Cette phase consiste à sélectionner les élèves satisfaisant aux critères de participation décrits précédemment, collecter les données personnelles de chaque participant (login, sexe, âge, école, groupe) et déterminer le profil comportemental de chaque élève qui représente son tempérament tout en se fondant sur les données recueillies via le questionnaire complété par ses parents.

Ainsi, nous nous sommes rendus dans un premier temps dans les écoles. Nous avons commencé par nous présenter. Les élèves ont eu également un bref aperçu de notre étude de recherche. Ensuite, nous avons distribué aux élèves le formulaire de consentement et le questionnaire de tempérament. Enfin, nous leur avons demandé de donner ces formulaires à leurs parents et de les retourner complétés à leur enseignante d'anglais dans un délai de deux semaines. La participation du parent et celle de l'enfant à cette expérience sont entièrement volontaires. Les parents intéressés à participer seront également invités à

compléter le questionnaire de tempérament de l'expérience, appelé "*Children Behavior Questionnaire-Very Short Form*" (qui nécessite environ 15 minutes). Ce questionnaire sert à déterminer le profil comportemental de l'enfant selon trois dimensions.

Dans un deuxième temps, nous avons recueilli le formulaire et le questionnaire retournés par les élèves. Pour chaque élève, nous avons procédé comme suit : (1) enregistrer ses données personnelles (login, sexe, âge, école, groupe) dans la base de données et (2) déterminer son profil psychologique constitué par son tempérament à partir des données issues du questionnaire. Ces deux fonctions sont réservées à l'administrateur du site (la chercheuse) qui, après s'être identifiée, se charge d'organiser et d'entrer les données relatives à chaque participant sur le site web en accédant à l'interface administrateur (voir figure 10).



Figure 10. Espace administrateur de l'expérience

Pour déterminer le tempérament de l'élève, nous rappelons que nous avons utilisé le "*Children Behavior Questionnaire*", désigné par "CBQ" (Putnam et Rothbart, 2006; Rothbart *et al.*, 2001). La version anglaise de ce questionnaire "*The Very Short Form of the Children's Behavior Questionnaire*" a été validée pour les enfants de 3 à 8 ans. Elle comprend trente-six items (voir annexe A) dont la cotation se fait avec une échelle ordinale de type *Likert* (Likert, 1932) à sept ancrages allant de 1 (« **absolument faux** ») à 7 (« **absolument vrai** »). De plus, cette échelle comporte une option de réponse NA « Non

Applicable » permettant aux parents de ne pas évaluer le comportement de leur enfant dans les situations non observées. Cette version aboutit ainsi à un profil comportemental sur trois dimensions (“*Extraversion/Surgency*”, “*Negative Affectivity*”, “*Effortful Control*”). Chaque dimension est liée à un ensemble de questions; par exemple la dimension “*Effortful Control*” regroupe les items (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33 et 36) et pour mesurer la valeur de chaque dimension, il faut calculer la moyenne des scores des items applicables.

La correction de ce questionnaire se fait alors par un script en suivant la description donnée ci-avant et les scores du tempérament de chaque élève sont également enregistrés dans la table appropriée de la base de données. Après avoir enregistré ces scores, nous avons visé dans une autre étape (étape de l’analyse des résultats collectés) à déterminer le tempérament de l’enfant tout en utilisant deux approches : une approche dimensionnelle et une approche catégorielle, afin d’interpréter mieux les résultats. Nous détaillerons dans la section 5.3.1 du chapitre suivant ces deux approches.

À l’issue de cette phase, nous avons établi pour chaque participant son profil correspondant.

4.4.2 Phase d’expérimentation

L’expérimentation a eu lieu dans les écoles mentionnées précédemment et s’est déroulée pendant les séances de cours d’anglais. Nous avons décomposé le groupe d’élèves en plusieurs sous groupes où nous avons attribué une séance de cours pour chaque sous groupe. Le temps nécessaire de l’expérience pour chaque sous-groupe est environ 30 minutes. Dans chaque séance, les participants se connectent en même temps au site de l’expérience (voir figure 11) et bénéficient à la fois de l’aide de la chercheuse et de leur enseignante.



Figure 11. Exemple d'élève connectée au site de l'expérience

La figure suivante résume les différentes étapes du processus expérimental pour chaque participant (voir figure 12).

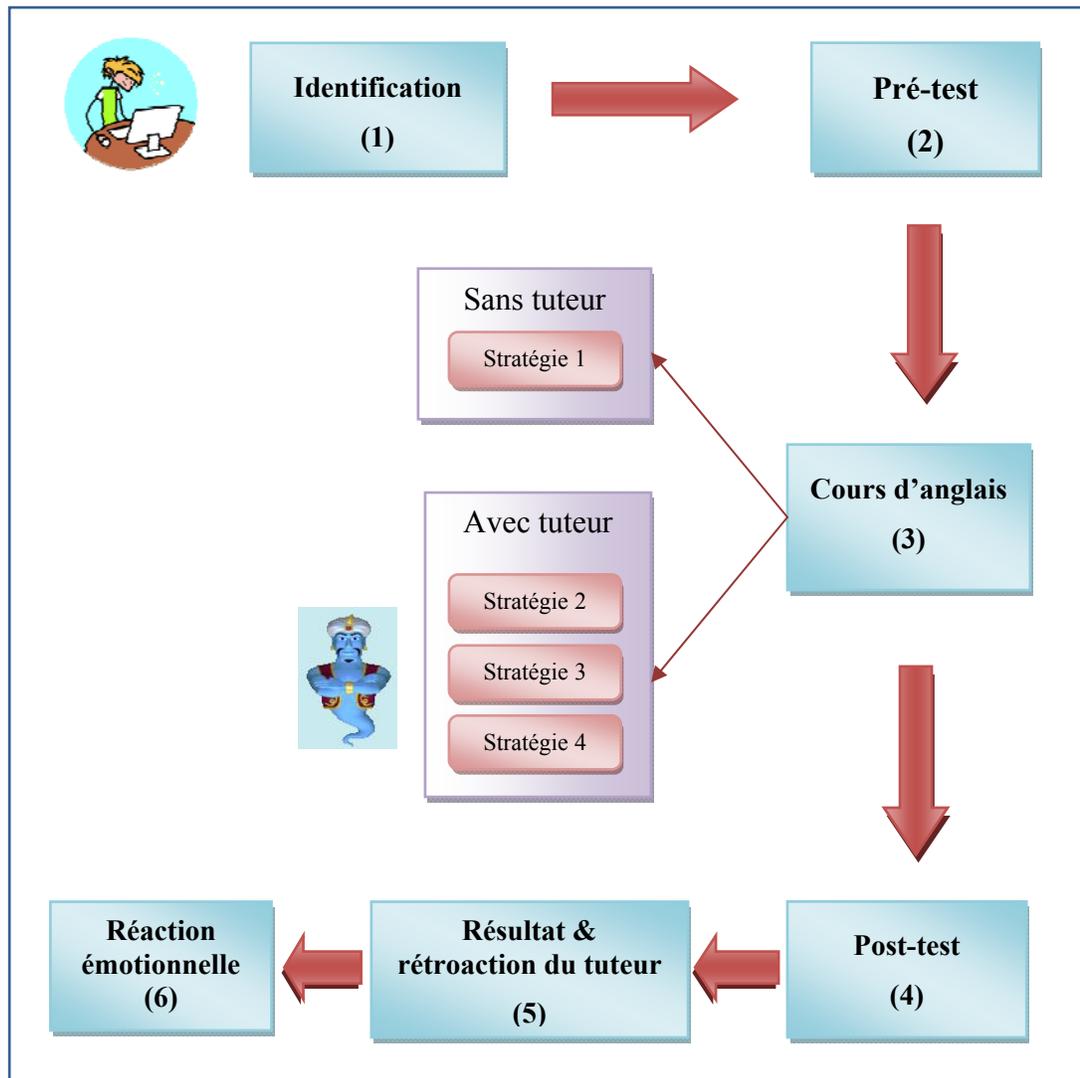


Figure 12. Les principales étapes du processus expérimental

Les six étapes de cette expérimentation sont décrites ci-après :

(1) Identification

Dans cette étape, le participant est invité à s'identifier par un login et un mot de passe après avoir être accueilli sur une page d'accueil (voir figure 13). Le login est déjà crée lors de la phase préliminaire et sert à transmettre les données relatives

à chaque élève, entre autres celles qui constituent son profil comportemental établi auparavant.



Figure 13. Page d'accueil du site de l'expérience

(2) Pré-test

Après s'être identifié, le participant passe à l'étape de pré-test, qui sert à évaluer ses connaissances. Ce pré-test est statique. Il contient cinq images différentes qui sont associées à cinq mots en anglais. L'élève doit alors choisir pour chaque image son mot correspondant d'une liste de boutons radio représentant les différents choix possibles. Le total des points de ce test est alors 10 où chaque réponse juste vaut 2 points et chaque réponse fausse vaut 0 points. À la fin de cette étape, le niveau de connaissance de chaque participant sera déterminé en fonction de la note obtenue. Si cette note est inférieure ou égale à 2 alors le niveau de connaissance de cet élève est « débutant »; si elle est entre 4 et 6 alors il est « intermédiaire »; si elle est supérieure ou égale à 8 alors il est « avancé ».

(3) Cours d'anglais

Durant cette étape, nous présentons au participant un simple cours d'anglais en ligne. Ce cours consiste à apprendre huit mots différents en anglais (voir figure 14).



Figure 14. Exemple d'interface du cours d'anglais (Cas d'une stratégie avec tuteur)

Nous rappelons que nous avons présenté le même cours aux participants avec quatre stratégies différentes; la première stratégie appelée **stratégie témoin** consiste à exposer la leçon sans l'intervention d'un tuteur (ni humain ni automatisé) et sans l'induction d'un état émotionnel chez l'apprenant ou encore avec un état émotionnel neutre (N), tandis que la deuxième, la troisième et la quatrième consistent à présenter la leçon par un tuteur virtuel et induire respectivement de la joie (J), la peur (P) et la colère (C) chez l'apprenant. Pour chaque participant, nous avons choisi aléatoirement une stratégie parmi ces quatre de telle sorte que nous obtenions à la fin de cette expérimentation le même nombre de participants pour chaque stratégie. Pour ce faire, un numéro d'identification auto-incrémenté est attribué à chaque participant. Ce numéro sert essentiellement à distribuer en ordre les stratégies sur les élèves. Ainsi, quand le participant clique sur la page « leçon », il sera dirigé automatiquement vers une page « choix », où il sera redirigé vers la page appropriée (« leçon-N », « leçon-J », « leçon-P », ou « leçon-C »). La page « choix » est implémentée tel qu'illustré à la figure ci-après.

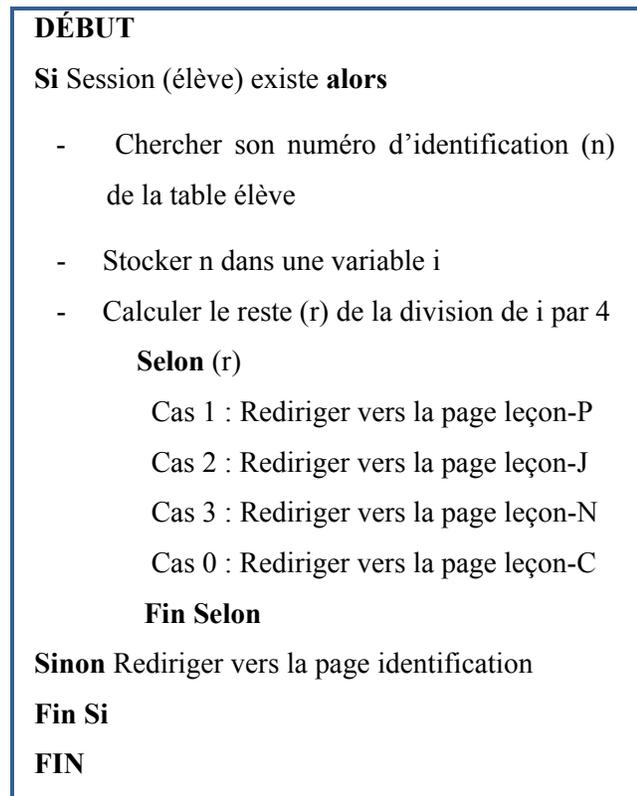


Figure 15. Algorithme de la génération aléatoire des stratégies

(4) Post-test

Après avoir exposé la leçon au participant, il sera convié à répondre à un post-test afin d'évaluer ses connaissances acquises après le cours. Le post-test est très similaire au pré-test décrit dans l'étape (2); il contient le même nombre de questions et la même tâche est demandée aux élèves, soit choisir le mot correspondant à chaque image d'une liste de cinq mots. Ces deux tests sont conçus de telle manière qu'ils soient pratiquement identiques afin de nous permettre de vérifier s'il y a une amélioration de résultat après le cours, de même que le niveau de l'amélioration.

Comme nous avons utilisé dans ce cours deux principales stratégies, une stratégie sans tuteur et une autre avec tuteur regroupant trois stratégies différentes, alors nous avons conçu de même quatre pages post-test; une page sans tuteur pour les participants non accompagnés du tuteur, et trois pages avec tuteur pour ceux

ayant suivi le cours avec le tuteur. Pour ces trois derniers cas, le tuteur lit le texte de la question en utilisant la tonalité de sa voix appropriée permettant d'évoquer une émotion (joie, peur ou colère) chez l'apprenant. L'émotion suscitée pendant le post-test est identique à celle évoquée au cours de la leçon. Pour ce faire, nous avons également adopté la même méthode décrite dans l'étape précédente pour générer aléatoirement ces pages.

Nous présentons dans la figure ci-après un exemple d'interface pour les participants ayant bénéficié de l'aide du tuteur (cas de stratégie 2, stratégie 3 et stratégie 4). Dans ces cas, le tuteur lit à haute voix la question au participant puis lui souhaite bonne chance en utilisant la tonalité de voix appropriée pour induire l'émotion spécifiée (voir figure 16).



Figure 16. Exemple d'interface représentant le post-test

(5) Résultat et rétroaction du tuteur

Cette dernière étape consiste à afficher la note du participant obtenue dans le post-test passé à l'étape précédente. En fonction de cette note, le tuteur félicite, encourage ou conseille le participant. Nous illustrons dans le tableau suivant les différentes actions possibles du tuteur.

Tableau 3. Les rétroactions du tuteur

Rétroaction du tuteur	Note obtenue	Message
Féliciter	10	Bravo, you are an excellent student!
	8	Very Good, you are a good student!
Encourager	6	Good, but you can do better!
Conseiller	≤ 4	Not good, try to do better!

La figure ci-dessous montre un exemple où le tuteur félicite l'élève en applaudissant (voir figure 17).

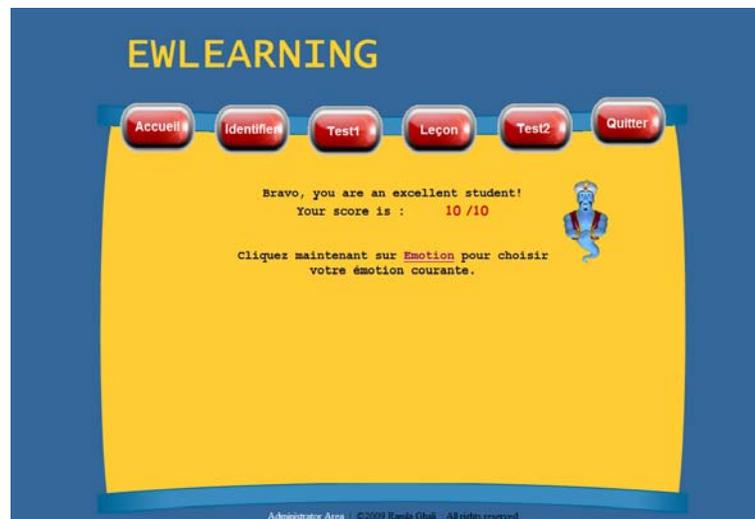


Figure 17. Exemple d'interface montrant la rétroaction du tuteur

(6) Réaction émotionnelle

À l'issue de cette phase, nous avons demandé aux élèves d'indiquer leur émotion courante après avoir obtenu leurs notes. L'ensemble des émotions utilisées est formé par trois émotions de base (joie, neutre et triste), tel qu'il est illustré à la figure suivante.

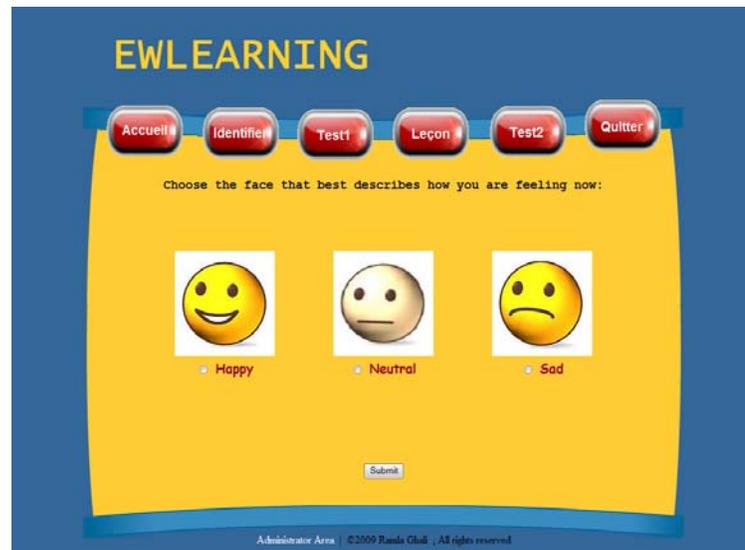


Figure 18. Interface du choix de l'émotion courante par le participant

4.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit en détail l'expérimentation que nous avons réalisée pour l'atteinte de nos deux objectifs de recherche; la première était de montrer que le changement de l'état émotionnel de l'apprenant influe sur ses performances, et la deuxième était de déterminer la stratégie d'apprentissage la plus efficace pour chaque tempérament de l'apprenant (celle qui permet d'améliorer ses performances). Cette expérimentation nous a permis alors de recueillir des données sur les participants, qui nous ont servi par la suite à décider quant à l'efficacité des stratégies utilisées par le tuteur et aux modifications à apporter à l'architecture initiale de notre système tutoriel.

Après avoir collecté des données sur les participants, nous allons passer dans une prochaine étape à une analyse des données recueillies (plus particulièrement celles qui constituent le tempérament de l'apprenant) et vérifier éventuellement pour chaque stratégie utilisée s'il y a une amélioration de résultat après le cours, de même que le niveau de cette amélioration. Ces tâches seront décrites plus en détail dans le chapitre qui suit.

CHAPITRE 5

RÉSULTATS ET DISCUSSION

5.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons les résultats obtenus suite à notre expérience. Ces résultats vont nous permettre de vérifier si la procédure d'induction émotionnelle utilisée peut entraîner une amélioration des performances de l'apprenant, de même que si on peut maximiser les performances de ce dernier par la génération adéquate des stratégies émotionnelles selon le tempérament au lieu d'une génération aléatoire.

L'organisation de ce chapitre est comme suit : la première partie présente les résultats des élèves obtenus dans chaque stratégie émotionnelle et évalue l'efficacité de chacune des quatre stratégies utilisées. La deuxième partie décrit dans un premier temps les deux approches utilisées pour la détermination du tempérament de l'élève, à savoir l'approche catégorielle et l'approche dimensionnelle. Dans un deuxième temps, elle discute la possibilité de la génération convenable des stratégies émotionnelles selon le tempérament de l'élève, de telle sorte qu'on attribue à chaque tempérament la stratégie émotionnelle la plus efficace pour l'apprentissage. Enfin, la troisième partie présente le choix des émotions effectué par les élèves suite à l'obtention de leurs notes et conclut à l'efficacité de l'échelle utilisée pour l'identification de l'émotion courante par l'élève.

5.2 Comparaison des stratégies émotionnelles

Dans cette section, nous commençons par présenter les résultats de la répartition des niveaux de connaissance des élèves avant et après le cours. Ensuite, nous établirons une comparaison entre les stratégies émotionnelles. Cette comparaison sera basée sur les notes

des élèves obtenues au pré-test et post-test ainsi que leur niveau d'amélioration. Les résultats de cette section ont été présentés dans (Ghali et Frasson, 2010).

5.2.1 Distribution des niveaux de connaissances

Nous rappelons que dans cette expérience, nous avons distingué trois niveaux de connaissance : débutant (si note ≤ 2), intermédiaire (si note entre 4 et 6) et avancé (si note ≥ 8). À partir de cette définition, nous avons tenté de déterminer la distribution des niveaux de connaissance des participants avant et après le cours. Nous avons attribué alors à chaque élève deux niveaux de connaissance : un niveau de connaissance initial qui correspond à la note obtenue au pré-test et un niveau de connaissance final qui est relatif à celle de post-test. Nous avons ainsi obtenu l'histogramme ci-dessous (voir figure 19).

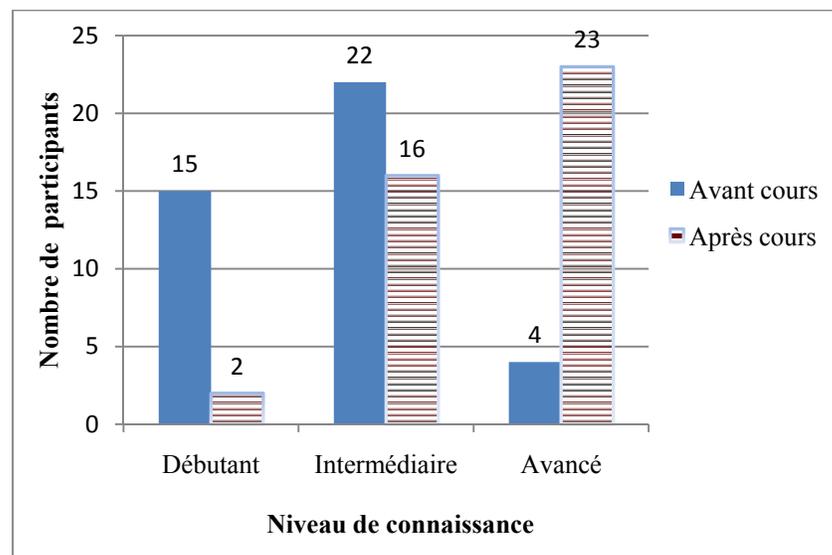


Figure 19. Répartition des niveaux de connaissance

D'après cet histogramme, nous pouvons constater que 86% (15-2) des étudiants débutants ont amélioré leurs niveaux de connaissance et sont passés à un niveau "intermédiaire" ou "avancé". De plus, nous remarquons une augmentation considérable du nombre des élèves ayant un niveau de connaissance "avancé" (de 4 à 23). Ce résultat peut être expliqué donc par l'efficacité des stratégies utilisées dans l'exposition du cours.

Dans la section suivante, nous allons nous focaliser sur ces stratégies et comparer leur niveau d'amélioration des notes.

5.2.2 Distribution des stratégies émotionnelles

Comme il a été déjà mentionné, nous avons exposé la leçon en recourant à quatre stratégies émotionnelles; la première stratégie (stratégie témoin) consiste à exposer la leçon sans l'intervention d'un tuteur (ni humain ni automatisé) et sans l'induction d'une émotion (neutre) tandis que la deuxième, la troisième et la quatrième consistent à présenter la leçon par un tuteur virtuel et induire respectivement de la joie, la peur et la colère chez l'apprenant. De plus, nous avons généré ces stratégies aléatoirement sur les participants en utilisant un algorithme spécifique permettant leur distribution d'une façon équitable. Le tableau ci-après présente la distribution obtenue des émotions sur les participants.

Tableau 4. Répartition des émotions sur les participants

Stratégie émotionnelle	M	F	Total
Neutre	5	4	9
Joie	1	10	11
Peur	3	7	10
Colère	3	8	11
Total	12	29	41

Après avoir distribué ces stratégies, nous avons analysé dans une prochaine étape les résultats des élèves obtenus dans chaque stratégie émotionnelle. Or, puisque un de nos objectifs est de vérifier si la procédure d'induction émotionnelle peut avoir des répercussions sur les performances de l'apprenant, nous avons regroupé ainsi dans un premier temps ces quatre stratégies en deux principales stratégies; stratégie sans émotion (stratégie témoin) et stratégie avec émotion où nous avons réuni les trois stratégies émotionnelles (joie, peur, colère) dans un seul groupe. Nous avons ensuite appliqué la

technique de t-test (**Student test**) pour comparer la moyenne de la note d'amélioration des deux nouveaux groupes obtenus; groupe ayant appris le cours avec une stratégie émotionnelle (joie, peur ou colère) et celui sans émotion (neutre). Les deux groupes d'élèves constituent alors les deux variables qualitatives indépendantes du t-test tandis que la note d'amélioration est la variable quantitative dépendante utilisée. Comme nous avons constaté que la moyenne des notes d'amélioration des élèves ayant appris le cours avec une technique d'induction émotionnelle (4,0) est supérieure à celle du groupe sans procédure d'induction (2,0) alors nous avons pu formuler une hypothèse dite **orientée** ou **unilatérale** du t-test, dans laquelle le sens de la différence entre les deux groupes est spécifié (dans notre exemple, le groupe avec induction émotionnelle a un score supérieur). Le résultat de ce calcul ($t\text{-value}=2.50$, $dF=39$, $p = .017 / 2 < .05$) a pu confirmer notre hypothèse vu que nous avons trouvé une probabilité de **0,008%** (le résultat de la division de 0,017% par 2 car notre hypothèse est orientée) qui est inférieure au seuil de **5%**. Ainsi, le groupe ayant appris le cours avec une technique d'induction émotionnelle a une moyenne significativement supérieure à celui sans induction de l'émotion. D'où, nous pouvons conclure que le changement de l'état émotionnel de l'apprenant par le recours à la technique d'induction émotionnelle influe sur les performances de l'élève et peut même les améliorer.

Dans un deuxième temps, nous avons essayé de voir quelle stratégie permet d'améliorer les performances de l'élève. Ainsi, nous avons calculé pour chaque stratégie émotionnelle la moyenne des notes initiales obtenues dans le pré-test et celle des notes finales obtenues dans le post-test. L'histogramme ci-après présente cette distribution des notes entre les différentes stratégies émotionnelles (voir figure 20).

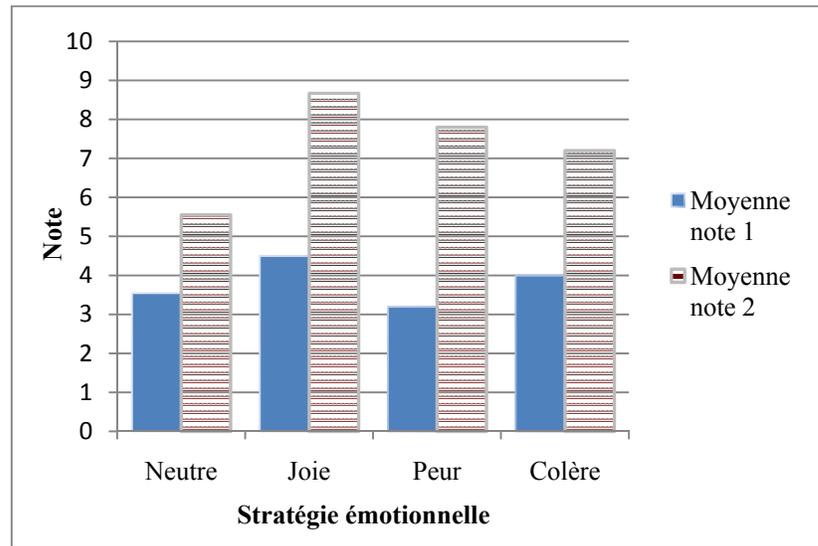


Figure 20. Moyenne des notes dans chaque stratégie

D'après cet histogramme, nous remarquons que la moyenne des notes finales (note 2) est supérieure à celle des notes initiales (note 1) pour toutes les stratégies. Cependant, la différence entre les moyennes n'est pas la même pour chaque stratégie. Par exemple, la stratégie "neutre" où nous exposons le cours sans tuteur et sans induction émotionnelle est classée la dernière (moyenne d'amélioration = 2). Par contre, la stratégie "colère" est classée la troisième (moyenne d'amélioration = 3,2), la stratégie "joie" est classée la deuxième (moyenne d'amélioration = 4,17) et la stratégie "peur" est la première (voir figure 21). De plus, en effectuant une analyse de variance à un facteur (stratégie émotionnelle), nous avons trouvé qu'il existe une différence significative entre les stratégies émotionnelles ($F=2.86$, $dF=3$, $p=.04 < .05$).

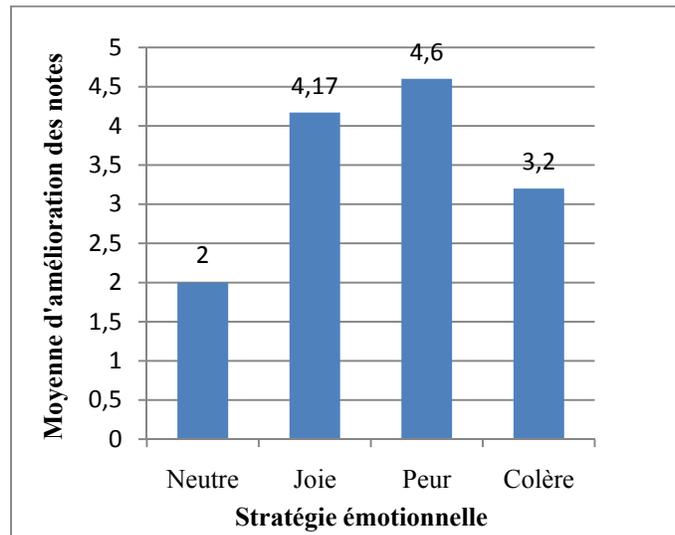


Figure 21. Moyenne d'amélioration des notes pour chaque stratégie

Ce résultat obtenu confirme bien celui de t-test; les émotions induites implicitement influent sur les performances de l'élève. D'ailleurs, elles améliorent davantage la mémorisation des mots à acquérir. En outre, nous pouvons constater selon cette expérience que non seulement **les émotions positives** permettent de favoriser l'apprentissage du vocabulaire mais aussi **certaines émotions négatives** telles que la peur et la colère peuvent améliorer l'apprentissage. Par ailleurs, dans notre cas, l'émotion de peur a la moyenne d'amélioration des notes la plus élevée (4,6). Ceci peut être expliqué par l'effet de l'émotion de peur sur les performances de l'élève qui le pousse à éviter les mauvaises situations comme l'échec.

5.3 Stratégies émotionnelles et tempérament

Dans cette section, nous présenterons les résultats relatifs aux profils comportementaux des élèves et celles des stratégies émotionnelles. À partir de ces résultats, nous essayerons de voir s'il y a une relation entre le tempérament de l'élève et la stratégie émotionnelle, c'est-à-dire existe-t-il une stratégie émotionnelle permettant d'améliorer plus les performances de l'élève pour un type bien déterminé du tempérament ? Une réponse à cette question sera donnée dans ce qui suit.

Avant de répondre à cette question, nous allons commencer par recenser les différentes approches permettant de déterminer le tempérament de l'élève à partir de son profil comportemental constitué par les trois dimensions.

5.3.1 Approche catégorielle et dimensionnelle

Dans la littérature, il existe deux approches pour caractériser le tempérament et la personnalité, à savoir l'approche catégorielle et l'approche dimensionnelle. **L'approche catégorielle** étudie les phénomènes psychiques en termes de diverses catégories distinctes. Dans ce cas, chaque dimension du vecteur tempérament ou de personnalité constitue une catégorie et pour déterminer la personnalité ou le tempérament d'un individu il suffit de chercher la valeur la plus grande de chacune de ces catégories. Dans l'exemple de notre cas, les catégories "Surgency", "Negative affectivity" et "Effortful control" constituent les trois différentes catégories possibles des tempéraments et la valeur la prédominante de ces traits présente le tempérament de l'élève. En revanche, **l'approche dimensionnelle** étudie les phénomènes psychiques comme des grandeurs non directement mesurables mais plutôt liées au cumul d'indicateurs directement mesurables. Dans ce cas, les différentes dimensions du vecteur tempérament ou personnalité seront prises en considération pour déterminer des nouveaux groupes (*clusters*). Les études réalisées dans ce sens (Asendorpf et Aken, 1999; Asendorpf *et al.*, 2001) ont principalement déterminé trois grands groupes à partir des cinq traits du questionnaire Big Five (McCrae et Costa, 1987). Ces groupes sont : "Resilient", "Overcontrolled" et "Undercontrolled". Les individus ayant un tempérament "Resilient" sont caractérisés par un niveau bas de "neuroticism" et des niveaux élevés dans les autres facteurs de Big Five, les "Overcontrollers" ont un score élevé dans la dimension "neuroticism" et un score bas dans la dimension "extraversion", et les "Undercontrollers" se distinguent par un niveau très bas en "conscientiousness" (Asendorpf *et al.*, 2001; Robins *et al.*, 1996; Schnabel *et al.*, 2002). Dans l'exemple de notre cas, les dimensions ("surgency", "negative affectivity" et "effortful control") sont comparées respectivement à celles de ("extraversion", "neuroticism" et "conscientiousness") du questionnaire Big Five. Ainsi, pour définir les trois nouveaux

groupes de l'approche dimensionnelle (“Resilient”, “Overcontrolled” et “Undercontrolled”), nous avons suivi la même description donnée pour le questionnaire Big Five en remplaçant les dimensions du Big Five par celles qui sont équivalentes dans notre questionnaire “CBQ-VSF”.

5.3.2 Génération des stratégies émotionnelles selon le tempérament

Après avoir décrit les deux approches utilisées pour caractériser le tempérament de l'individu, nous essayons dans cette partie d'identifier pour chaque tempérament la stratégie émotionnelle efficace pour l'apprentissage. Nous rappelons que nous avons défini une stratégie efficace comme étant la stratégie ayant la plus grande moyenne des notes d'amélioration pour le groupe des élèves pris en considération dans cette étude.

Pour ce faire, nous avons conduit dans un premier temps une analyse de variance ANOVA à deux facteurs (tempérament, stratégie émotionnelle) afin de tester l'effet de ces deux facteurs et de leur interaction. Les résultats de cette analyse de variance seront présentés dans le tableau suivant.

Tableau 5. Résultats de l'ANOVA à deux facteurs (tempérament, stratégie émotionnelle)

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	p	< 0,05
Tempérament	5,612	2	2,81	0,91	0,41	
Stratégie émotionnelle	17,86	3	5,95	1,93	0,15	
Tempérament*Stratégie émotionnelle	56	5	11,2	3,63	0,01	*
Erreur	92,633	30	3,09			
Total	724					

Le tableau ci-dessus indique essentiellement la présence d'une interaction significative ($F= 3.62$, $dF=5$, $p=.01<.05$) entre le tempérament et la stratégie émotionnelle.

(a) Approche catégorielle

Dans un deuxième temps, nous avons regroupé les tempéraments des participants en utilisant l'approche catégorielle et nous avons tenté de déterminer pour chaque catégorie

(“Surgency”, “Negative Affectivity” et “Effortful Control”) la stratégie émotionnelle la plus efficace (joie, peur ou colère). Le tableau ci-après regroupe les participants selon le tempérament constitué par une approche catégorielle.

Tableau 6. Répartition des tempéraments sur les participants (approche catégorielle)

Tempérament	M	F	Total
Surgency	3	8	11
Negative Affectivity	4	5	9
Effortful Control	5	16	21
Total	12	29	41

Pour chaque catégorie de ces tempéraments, nous avons calculé la moyenne d’amélioration des notes pour chaque stratégie émotionnelle afin de déterminer quelle stratégie émotionnelle permet d’obtenir la meilleure note d’amélioration pour notre groupe d’élèves. De plus, nous avons effectué une analyse de variance ANOVA à un facteur (**One-way ANOVA**). Le facteur de ce test est la variable stratégie émotionnelle qui comporte quatre sous groupes (stratégie “neutre”, stratégie “joie”, stratégie “peur” et stratégie “colère”). Le but de ce test est de comparer la variance des quatre stratégies émotionnelles afin de distinguer pour chaque tempérament quelle stratégie émotionnelle a la moyenne significativement supérieure aux autres et de déduire par la suite quant à la stratégie la plus efficace. Dans ce qui suit, nous présenterons les résultats obtenus pour chaque tempérament déterminé à partir de l’approche catégorielle.

Pour le type “Surgency”, le calcul de la moyenne d’amélioration des notes pour les quatre stratégies émotionnelles (neutre, joie, peur et colère) nous a permis de constater que la stratégie “joie” a la moyenne d’amélioration des notes la plus élevée (5,66) par rapport aux autres. Or, Comme nous cherchons à attribuer pour ce type de tempérament la stratégie émotionnelle la plus efficace pour l’apprentissage, nous avons calculé de plus pour ce type l’analyse de variance des quatre stratégies émotionnelles (voir tableau 7).

Tableau 7. Résultats de l'ANOVA pour le tempérament "Surgency"

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	p	< 0,05
Entre Groupes	24,54	2	12,28	7,01	0,017	*
À l'intérieur des groupes	14	8	1,75			
Total	38,54	10				

Ce tableau montre qu'il y a une différence significative ($F=7.01$, $dF=2$, $p=.017 < .05$) entre les quatre stratégies émotionnelles pour le type "Surgency". Comme ce résultat est significatif, nous avons effectué alors un test post-hoc permettant de comparer les quatre stratégies deux à deux et d'indiquer les paires significativement différentes (voir tableau 8).

Tableau 8. Résultats du test post-hoc pour le type "Surgency"

Stratégie Émotionnelle 1	Stratégie Émotionnelle 2	Différence des moyennes	p	< 0,05
neutre	joie	2,33	0,04	*
	colère	1,33	0,3	
joie	neutre	2,33	0,04	*
	colère	3,67	0,01	*
colère	neutre	1,33	0,3	
	joie	3,67	0,01	*

D'après le résultat de ce test, nous pouvons remarquer que la stratégie émotionnelle de "joie" est significativement différente des stratégies émotionnelles "neutre" ($p = .04 < .05$) et "colère" ($p = .01 < .05$). Nous pouvons conclure donc que la stratégie "**joie**" a une moyenne d'amélioration des notes significativement supérieure aux autres stratégies et par la suite elle représente la stratégie la plus efficace pour le type "**surgency**".

Pour le type "Negative Affectivity", nous avons procédé de la même façon que celle décrite ci-dessus pour le type "Surgency". Nous avons obtenu que la stratégie "colère" a la moyenne d'amélioration des notes la plus élevée (6,0). Cependant, le résultat de l'ANOVA ($F=2.54$, $dF=3$, $p=.17 > .05$) pour ce type n'est pas significatif (voir tableau 9). Nous pouvons expliquer ce résultat par le faible nombre des participants dans cette catégorie. Donc, nous ne pouvons pas conclure empiriquement quant à la stratégie

émotionnelle efficace. Or, théoriquement la catégorie “Negative Affectivity” est caractérisée par les émotions négatives. Ainsi, l’induction de telles émotions évoque chez ces individus les sentiments de découragement, de nervosité et d’irritabilité. Donc, il est mieux d’éviter les émotions négatives pour les individus caractérisés par l’affectivité négative et de favoriser plutôt les émotions positives telles que la joie.

Tableau 9. Résultats de l’ANOVA pour le type “Negative Affectivity”

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	p	< 0,05
Entre Groupes	29	3	9,67	2,54	0,17	
À l'intérieur des groupes	19	5	3,8			
Total	48	8				

Pour le type “Effortful Control”, nous avons suivi aussi la même démarche que nous avons utilisée pour les deux autres catégories de tempérament. En calculant la moyenne d’amélioration des notes pour chacune des stratégies émotionnelles et en effectuant l’ANOVA à un facteur, nous avons pu confirmer que la stratégie de “**peur**” est la stratégie la plus efficace pour le tempérament “**Effortful Control**” car elle a la moyenne d’amélioration des notes la plus élevée (5,25). De plus, les résultats de l’ANOVA à un facteur ($F=4.14$, $dF=3$, $p=.022 < .05$) sont significatifs (voir tableau 10) et ceux de post-hoc test (voir tableau 11) prouvent bien que la stratégie “peur” est significativement différente des stratégies neutre ($p = .01 < .05$), joie ($p = .03 < .05$) et colère ($p = .02 < .05$).

Tableau 10. Résultats de l’ANOVA pour le type “Effortful Control”

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	p	< 0,05
Entre Groupes	43,65	3	14,535	4,14	0,022	*
À l'intérieur des groupes	59,633	17	3,51			
Total	103,24	20				

Tableau 11. Résultats du test post-hoc pour le type ‘‘Effortful Control’’

Stratégie Émotionnelle 1	Stratégie Émotionnelle 2	Différence des moyennes	p	< 0,05
neutre	joie	1,8	0,27	
	peur	4,25	0,01	*
	colère	1,67	0,29	
joie	neutre	1,8	0,27	
	peur	2,45	0,03	*
	colère	0,133	0,91	
Peur	neutre	4,25	0,01	*
	joie	2,45	0,03	*
	colère	2,59	0,02	*
colère	neutre	1,67	0,29	
	joie	0,133	0,91	
	peur	2,58	0,02	*

(b) Approche dimensionnelle

Dans cette approche, nous avons construit trois nouveaux groupes (‘‘Resilient’’, ‘‘Overcontrolled’’ et ‘‘Undercontrolled’’) en utilisant une technique de classification hiérarchique connue sous le nom « **agglomération hiérarchique** » ou encore « **analyse de classification hiérarchique** ». L’analyse de classification hiérarchique (*hierarchical cluster analysis*) est une technique d’analyse statistique parmi les analyses de classification¹⁶ les plus utilisées (Vachon *et al.*, 2005). Cette analyse identifie des classes d’observations (ou de variables) relativement homogènes basées sur des caractéristiques sélectionnées, en utilisant un algorithme qui débute en classifiant chaque observation (ou variable) dans une classe séparée et qui combine ensuite les classes jusqu’à ce qu’il n’en reste qu’une. Pour faire cette analyse, il convient généralement de définir trois critères importants : la méthode d’agrégation, la mesure de l’espace métrique et la standardisation ou non des données. Ces critères sont détaillés dans l’annexe B. Dans notre cas, nous avons choisi **la méthode de Ward, la distance euclidienne et la standardisation des variables**

¹⁶ L’analyse de classification (*cluster analysis*) désigne une variété de techniques d’analyses statistiques qui sont généralement utilisées pour grouper des objets, des personnes, ou des concepts dans des groupes homogènes sur la base de leur similarité.

par des valeurs-étalon (Z). Après avoir établi les trois nouveaux *clusters*, nous les avons renommés en utilisant la description donnée dans la section 5.3.1. Cette étape de classification hiérarchique est décrite plus en détail dans l’annexe B (voir Annexe B).

Nous présentons dans le tableau suivant le nombre des participants obtenu dans chacun de ces nouveaux groupes.

Tableau 12. Répartition des tempéraments sur les participants (approche dimensionnelle)

Tempérament	M	F	Total
Resilient	4	13	17
Overcontrolled	5	9	14
Undercontrolled	3	7	10
Total	12	29	41

Après avoir construit les trois *clusters* de tempérament selon l’approche dimensionnelle (“Resilient”, “Overcontrolled” et “Undercontrolled”), nous cherchons maintenant à attribuer à chacun de ces *clusters* la stratégie émotionnelle la plus efficace. Pour ce faire, nous avons procédé de la même manière utilisée pour l’approche catégorielle.

Pour les élèves ayant un tempérament “Resilient”, nous avons calculé la moyenne d’amélioration des notes dans chaque stratégie émotionnelle (“neutre”, “joie”, “peur” et “colère”). Nous avons ainsi remarqué que la stratégie “peur” a la moyenne d’amélioration des notes la plus élevée (5,50). De plus, en effectuant pour ce groupe une analyse de variance à un facteur (la stratégie émotionnelle), nous avons constaté qu’il existe une différence significative entre les différentes stratégies émotionnelles (voir tableau 13) et que la stratégie de “peur” est significativement différente des autres stratégies (voir tableau 14). D’où, nous concluons que la stratégie émotionnelle “**peur**” est la stratégie la plus efficace pour le type “**Resilient**”.

Tableau 13. Résultats de l'ANOVA pour le type "Resilient"

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	p	< 0,05
Entre Groupes	54,88	3	18,29	12,52	0,00	*
À l'intérieur des groupes	19	13	1,46			
Total	73,88	16				

Tableau 14. Résultats du test post-hoc pour le type "Resilient"

Stratégie Émotionnelle 1	Stratégie Émotionnelle 2	Différence des moyennes	p	< 0,05
neutre	joie	1,5	0,17	
	peur	2,5	0,02	*
	colère	1	0,38	
joie	neutre	1,5	0,17	
	peur	4	0,00	*
	colère	0,5	0,59	
Peur	neutre	2,5	0,02	*
	joie	4	0,00	*
	colère	3,5	0,00	*
colère	neutre	1	0,38	
	joie	0,5	0,59	
	peur	3,5	0,00	*

Pour les "Overcontrollers", nous avons procédé de la même façon que celle utilisée pour les "Resilients". Nous avons ainsi remarqué que la stratégie "joie" a la moyenne d'amélioration des notes la plus élevée (5,50). En outre, les résultats de l'ANOVA ($F=19.09$, $dF=2$, $p=.00<.05$) ont prouvé qu'il y a une différence significative entre les différentes stratégies émotionnelles (voir tableau 15) et que la stratégie "joie" est significativement différente des autres stratégies pour ce type de tempérament (voir tableau 16). Donc, nous constatons que la stratégie "**joie**" est la stratégie la plus efficace pour le type "**Overcontrolled**".

Tableau 15. Résultats de l'ANOVA pour le type "Overcontrolled"

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	p	< 0,05
Entre Groupes	69,43	2	34,71	19,09	0,00	*
À l'intérieur des groupes	20	11	1,82			
Total	89,43	13				

Tableau 16. Résultats du test post-hoc pour le type "Overcontrolled"

Stratégie Émotionnelle 1	Stratégie Émotionnelle 2	Différence des moyennes	p	< 0,05
neutre	joie	4,5	0,00	*
	colère	0,00	1,0	
joie	neutre	4,50	0,00	*
	colère	4,50	0,00	*
colère	neutre	0,00	1,0	
	joie	4,50	0,00	*

Finalement, pour les "Undercontrollers", la stratégie "colère" est la stratégie la plus efficace puisqu'elle a la moyenne d'amélioration des notes la plus élevée (4,80) et les résultats de l'analyse de variance ont montré l'existence d'une différence significative entre les quatre stratégies émotionnelles (voir tableau 17), ainsi que la différenciation de cette stratégie par rapport aux autres (voir tableau 18).

Tableau 17. Résultats de l'ANOVA pour le type "Undercontrolled"

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	p	< 0,05
Entre Groupes	26,80	2	13,40	6,34	0,03	*
À l'intérieur des groupes	14,80	7	2,11			
Total	41,60	9				

Tableau 18. Résultats du test post-hoc pour le type “Undercontrolled”

Stratégie Émotionnelle 1	Stratégie Émotionnelle 2	Différence des moyennes	p	< 0,05
neutre	peur	1	0,48	
	colère	2,80	0,03	*
peur	neutre	1	0,48	
	colère	3,80	0,02	*
colère	neutre	2,80	0,03	*
	peur	3,80	0,02	*

En utilisant cette approche pour la détermination du tempérament de l'apprenant, nous pouvons générer convenablement les stratégies émotionnelles sur les élèves selon leur tempérament au lieu d'une génération aléatoire afin de maximiser leur performance. Cette distribution va être de telle sorte qu'on attribue aux élèves “Resilients” la stratégie “peur”, aux “Overcontrollers” la stratégie “joie” et aux “Undercontrollers” la stratégie “colère”.

5.4 Identification de l'émotion par l'élève

Dans cette section, nous cherchons à voir si l'émotion finale choisie par l'enfant correspond à celle induite par le tuteur. Nous rappelons que nous avons présenté la leçon avec quatre émotions (neutre, joie, peur ou colère) et que nous avons utilisé une échelle à icônes présentant trois émotions finales (joie, neutre ou triste). Après avoir obtenu leurs notes, nous avons demandé aux élèves de choisir leur émotion courante parmi l'ensemble des trois émotions finales. Le tableau ci-après présente le nombre des élèves groupés par les émotions finales choisies et les émotions initiales suscitées pendant le cours.

Tableau 19. Nombre des élèves groupés par émotions initiales et finales

		Émotion initiale				
		Neutre	Joie	Peur	Colère	Total
Émotion finale	Joie	5	9	8	9	31
	Neutre	2	3	1	0	6
	Triste	2	0	1	1	4
	Total	9	12	10	10	41

D'après ce tableau, nous remarquons que le choix des élèves ne dépend pas de l'émotion initiale suscitée pendant le cours mais plutôt de la note obtenue dans le post-test. En effet, nous avons constaté que dans 41% des cas, l'élève a choisi l'émotion de joie bien que nous lui avons induit des émotions négatives. De plus, nous avons remarqué que la plupart des élèves ayant une note supérieure ou égale à 6 choisissent la joie comme émotion finale et ceux ayant une note inférieure ou égale à 4 choisissent l'émotion de tristesse. Cependant, l'émotion de neutre est peu choisie (seulement 15% des élèves).

5.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats obtenus suite à notre expérience. À partir de ces résultats, nous avons pu confirmer que la procédure d'induction émotionnelle utilisée lors de l'exposition de la leçon est efficace pour tous les apprenants. D'ailleurs, elle a influencé d'une manière considérable les performances des élèves et a même amélioré leur niveau de connaissance. En outre, nous avons constaté que non seulement les émotions positives permettent de favoriser l'apprentissage du vocabulaire mais que certaines émotions négatives telles que la peur et la colère peuvent améliorer l'apprentissage.

Dans un souci de maximiser les performances de l'apprenant, nous avons discuté de plus la possibilité de la génération convenable des stratégies émotionnelles sur les élèves en les adaptant selon leur profil comportemental au lieu d'une génération aléatoire. Pour ce

faire, nous avons construit pour chaque élève son profil comportemental à partir du questionnaire du tempérament “CBQ-VSF”. Ce dernier a été déterminé selon deux approches : catégorielle et dimensionnelle. Selon notre étude, nous avons trouvé que les résultats de l’approche dimensionnelle sont plus pertinents puisqu’ils nous ont permis de former une combinaison entre les stratégies émotionnelles (“joie”, “peur”, “colère”) et les tempéraments (“resilient”, “overcontrolled”, “undercontrolled”). Nous proposons ainsi d’attribuer pour les apprenants (“resilients”, “overcontrollers” et “undercontrollers”) respectivement les stratégies émotionnelles (“peur”, “joie” et “colère”). Ces stratégies émotionnelles sont efficaces puisqu’elles permettent une amélioration importante des notes pour le groupe d’élèves de notre échantillon.

CHAPITRE 6

CONCLUSION

Le recours aux Systèmes Tutoriels Intelligents (STI) s'avère désormais de plus en plus indispensable dans toute activité destinée à tous les apprenants en général et aux élèves éprouvant des difficultés d'apprentissage en particulier. Par ailleurs, au Québec, le nombre d'élèves en difficulté dans le réseau primaire et secondaire augmente de plus en plus (Allard, 2009). Cette hausse peut constituer une des causes majeures de la croissance du taux de décrochage scolaire au Québec. Pour lutter efficacement contre ce problème, nous croyons qu'une des façons de favoriser la réussite des élèves en difficulté pourrait être de porter une attention très particulière à ces enfants et de leur offrir plus de soutien et d'appui dans les activités d'apprentissage. Il pourrait ainsi être pertinent d'accroître l'utilisation des systèmes tutoriels comme des outils supplémentaires dans l'enseignement de différentes disciplines (mathématiques, sciences physiques, didactique des langues, etc.).

L'objectif principal de tels systèmes est de simuler un tuteur humain dans ses capacités d'expert du domaine et d'expert pédagogique. En d'autres termes, un STI efficace doit être capable de remplir les fonctions accomplies par un enseignant telles que l'apprentissage du cours, la détection des problèmes de l'apprenant, la prise en compte de ses besoins et ses préférences, etc. Il se révèle ainsi que ces fonctions concernent essentiellement deux niveaux : un niveau cognitif relié aux connaissances sur la matière et un niveau affectif relatif à la gestion et la régulation des émotions de l'apprenant. D'ailleurs, un véritable enseignant n'est pas celui qui offre seulement les connaissances sur le cours mais plutôt celui qui gère bien son cours en fonction de changement des émotions de l'apprenant. En effet, lors d'une séance d'apprentissage, un apprenant peut ressentir plusieurs émotions telles que l'ennui, l'anxiété, la peur, etc., lesquelles peuvent influencer

sur ses capacités cognitives et ses performances. L'intervention de l'enseignant au niveau affectif dans tel cas s'avère ainsi très utile voire indispensable puisque il est en mesure de réguler certaines émotions ressenties par l'étudiant et d'évoquer également chez ce dernier un état émotionnel stable permettant d'activer son attention et sa concentration tout au long de la séance du cours. D'une manière analogue, un STI performant est celui qui est capable d'adapter l'information aux besoins individuels de l'apprenant autant au niveau cognitif qu'au niveau affectif.

Bien que la régulation et la gestion des émotions de l'apprenant pendant une séance du cours soient nécessaires, les tentatives de développement des STI répondant à ces critères restent peu nombreuses. Or, de récentes études en neurosciences ont montré que les émotions sont fortement liées à certains processus cognitifs tels que l'attention, la mémorisation, la perception et la prise de décision (Damasio, 1995; Isen, 2000). D'ailleurs, Damasio a même affirmé que sans émotions, nous ne pouvons pas décider (Damasio, 1995). Il en résulte ainsi que les émotions sont indispensables dans les raisonnements intellectuels que nous tenons et plus particulièrement dans les processus d'apprentissage. Pour ces raisons, nous croyons que les systèmes tutoriels actuels doivent être dotés de certaines capacités émotionnelles telles que l'expression, la gestion et la régulation des émotions de l'apprenant, lesquelles peuvent contribuer à la richesse des interactions hommes-machines.

Dans le présent mémoire, nous avons cherché à atteindre deux objectifs; le premier était de montrer que le changement de l'état émotionnel de l'apprenant influe sur ses performances, et le deuxième était de déterminer la stratégie d'apprentissage la plus efficace pour chaque tempérament de l'apprenant, celle qui permet de maximiser ses performances. Pour ce faire, nous avons développé un cours d'anglais en ligne ainsi qu'un tuteur virtuel qui se charge d'exposer le cours en utilisant deux types de stratégies pédagogiques : une stratégie d'acquisition lexicale et une stratégie émotionnelle. La stratégie d'acquisition lexicale s'intéresse à faciliter l'apprentissage du vocabulaire tout en associant chaque mot à apprendre à une image tandis que la stratégie émotionnelle vise à

modifier l'état émotionnel de l'apprenant en recourant à une technique hybride d'induction émotionnelle qui combine deux procédures d'induction émotionnelle, à savoir le ton de la voix du tuteur et une musique de fond. Ainsi, pour induire une émotion chez l'apprenant, le tuteur utilise en plus de son ton de voix une technique d'induction supplémentaire visant à maintenir le même état émotionnel induit par sa voix, à savoir la musique. Ces deux techniques servent ainsi à susciter chez l'apprenant une émotion choisie parmi les quatre émotions possibles (neutre, joie, peur ou colère). Chacune de ces émotions réfère à une stratégie émotionnelle utilisée par le tuteur.

Afin de tester l'efficacité de ces stratégies pédagogiques et d'évaluer l'impact des émotions suscitées sur la capacité de mémorisation des connaissances à acquérir par l'élève, nous avons conduit une expérience où nous collectons les données sur les participants entre autres celles qui constituent son tempérament déterminé à partir des réponses fournies par les parents des élèves sur le questionnaire "Children Behavior Questionnaire-Very Short Form" (Rothbart *et al.*, 2001) et celles des notes des élèves obtenues dans chaque stratégie émotionnelle.

Un premier résultat que nous pouvons tirer de cette expérience consiste dans le fait que le changement de l'état émotionnel de l'apprenant par le recours à la technique d'induction émotionnelle influe sur les performances de l'élève et peut même les améliorer. En effet, en appliquant la technique du t-test sur le groupe des élèves ayant appris le cours sans tuteur virtuel et sans induction émotionnelle (stratégie neutre) et ceux ayant appris le cours avec tuteur virtuel et avec technique d'induction émotionnelle (stratégie "joie", stratégie "peur" et stratégie "colère"), nous avons pu constater que le deuxième groupe a une moyenne d'amélioration des notes significativement supérieure à celui du premier groupe.

Un autre résultat obtenu par l'analyse de variance est celui de la relation qui existe entre le tempérament de l'élève et la stratégie émotionnelle utilisée par le tuteur. En effet, nous avons trouvé qu'il y a une interaction statistiquement significative entre la stratégie émotionnelle et le tempérament. Pour déterminer le tempérament de l'élève, nous avons

utilisé tout d'abord une approche catégorielle, où la valeur la plus élevée de chaque dimension de vecteur du profil comportemental de cet élève constitue une catégorie indépendante de l'autre. Les résultats obtenus par cette approche révèlent que pour la catégorie "surgency" la stratégie "joie" constitue en moyenne la stratégie la plus efficace (en termes qu'elle permet une amélioration significative des performances), pour la catégorie "effortful control" la stratégie "peur" est la plus efficace, et pour la catégorie "negative affectivity" nous n'avons pas pu obtenir des résultats significatifs vu que le nombre d'élèves dans cette catégorie était restreint.

Cependant, cette approche n'est pas tout à fait efficace car elle présente un inconvénient majeur qui réside dans l'impossibilité de décider quant à la catégorie à attribuer au tempérament dans certains cas. En effet, si nous avons trois valeurs très proches des trois dimensions ou des valeurs égales, comment peut-on conclure sur la catégorie prédominante ? Cet inconvénient nous a amené à utiliser également une autre approche dans la détermination du tempérament, à savoir l'approche dimensionnelle. La constitution des groupes du tempérament selon cette approche se fait grâce à une technique d'agglomération hiérarchique. Cette technique permet de grouper les trois dimensions du vecteur tempérament ("surgency", "negative affectivity", "effortful control") dans trois nouvelles classes ("resilient", "overcontrolled", "undercontrolled") sur la base de leur similarité. Les apprenants "resilients" sont intelligents, brillants et ne présentent pas des troubles psychopathologiques, les "overcontrollers" partagent certains caractères des "resilients" mais ont aussi tendance à intérioriser les problèmes, tandis que les "undercontrollers" présentent des problèmes scolaires, comportementaux et émotionnels (Robins *et al.*, 1996). Selon cette approche, nous avons pu obtenir des résultats significatifs pour les nouveaux *clusters*. Par exemple, l'analyse de variance pour le type "resilient" a montré que la stratégie "peur" a une moyenne d'amélioration des notes significativement supérieure aux autres stratégies émotionnelles et par la suite elle constitue la stratégie la plus efficace pour ce type. De même, nous avons constaté que la stratégie "joie" est la plus efficace pour le type "overcontrolled" et que la stratégie "colère" est la plus efficace pour le type "undercontrolled". Ainsi, nous proposons désormais de remplacer la génération

aléatoire des stratégies émotionnelles sur les participants par une génération convenable déterminé à partir de l'étude de tempérament de l'apprenant selon une approche dimensionnelle. En fait, si le tempérament de cet apprenant est "résilient" nous lui attribuerons la stratégie émotionnelle "peur", si il est "overcontrolled" nous lui attribuerons la stratégie "joie", et si il est "undercontrolled" nous lui assignerons la stratégie "colère".

En conclusion, dans ce travail nous avons contribué essentiellement à enrichir le modèle apprenant du système tutoriel tout en introduisant deux composantes fondamentales dans ce modèle, à savoir le niveau de connaissance de l'apprenant et son profil comportemental. De plus, nous avons tenté d'offrir à l'apprenant un apprentissage plus performant tout en adaptant l'instruction du cours selon le profil comportemental de l'apprenant et en recourant à une technique d'induction émotionnelle permettant de favoriser la mémorisation chez ce dernier.

Malgré ces contributions, notre travail présente quelques limites. D'abord, une première limite est liée à l'âge des participants et la difficulté de convaincre les parents à participer. En fait, l'âge des participants requis pour cette étude de recherche est entre 6-8 ans. La participation de l'élève nécessite alors l'accord de ses parents et son accord à la fois, ce qui réduit la population cible. De plus, si le parent est d'accord il faut qu'il remplisse le questionnaire de tempérament. Ce questionnaire nécessite du temps pour le compléter et peut ainsi constituer un handicap pour participer. Une autre limite de ce travail consiste dans les réponses subjectives des parents des participants sur le questionnaire de tempérament. En effet, les résultats collectés sur ce questionnaire dépendent énormément des réponses fournies par les parents et du temps accordé pour le compléter puisque la cotation de notre questionnaire se fait avec une échelle de Likert à sept points, ce qui requiert plus d'attention et de précision. Enfin, une dernière limite est liée à la taille de notre échantillon (41 participants) qui s'est montré insuffisant pour valider certains résultats. En fait, selon l'approche catégorielle, nous n'avons pas pu tirer des résultats quant à la stratégie efficace pour les individus ayant un tempérament "negative affectivity" vu

que le nombre d'élèves dans cette catégorie est restreint. Toutefois, nous avons pu dépasser cette contrainte par le recours à l'approche dimensionnelle dans la détermination des tempéraments des apprenants.

Dans nos travaux futurs, nous projetons d'étendre la base de connaissances du curriculum de notre STI en augmentant le nombre de mots du vocabulaire à apprendre et en les regroupant par champ lexical. Ainsi, pour apprendre les mots du vocabulaire anglais, nous proposons de fournir à l'apprenant une liste de choix contenant les champs lexicaux groupés par nom et nous lui demandons de choisir le champ lexical qu'il veut apprendre. Au moment de l'apprentissage de la leçon et après avoir déterminé le tempérament de cet apprenant selon une approche dimensionnelle, nous lui assignons la stratégie émotionnelle la plus efficace permettant de maximiser ses performances. De plus, nous envisageons de continuer les tentatives d'intégration des techniques d'induction émotionnelle dans le processus d'apprentissage vu qu'elles s'avèrent efficaces et elles permettent de favoriser la mémorisation des connaissances. Nous comptons alors tenter les techniques d'induction émotionnelle autre que la voix du tuteur et la musique telles que les récompenses, la présentation des histoires, etc. Le but principal de ces techniques est de changer l'état émotionnel de l'apprenant afin de renforcer son apprentissage et améliorer ses performances.

Bibliographie

- Adam, C., & Evrard, F. (2005). *Vers un modèle optimal des émotions*. Toulouse, France: IRIT.
- Ahn, H., & Picard, R. (2005). Affective-Cognitive Learning and Decision Making: A Motivational Reward Framework for Affective Agents *Affective Computing and Intelligent Interaction*, 866-873.
- Ahsen, A. (1996). Guided imagery: the quest for a science. *Journal of Mental Imagery*.
- Aïmeur, E., & Frasson, C. (1996). Analyzing a new learning strategy according to different knowledge levels. *Computers & Education*, 27(2), 115-127.
- Allard, M. (2009). Le nombre d'élèves en difficulté augmente, from <http://www.cyberpresse.ca/actualites/quebec-canada/education/200903/12/01-835816-le-nombre-deleves-en-difficulte-augmente.php>
- Antoniadis, G., Echinard, S., Kraif, O., Lebarbé, T., & Ponton, C. (2005). Modélisation de l'intégration de ressources TAL pour l'apprentissage des langues: la plateforme MIRTO. *Apprentissage des Langues et Systèmes d'Information et de Communication (ALSIC)*, 8, 65-79.
- Asendorpf, J. B., & Aken, M. (1999). Resilient, Overcontrolled, and Undercontrolled Personality Prototypes in Childhood: Replicability, Predictive Power, and the Trait-Type Issue. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(4), 815-832.
- Asendorpf, J. B., Borkenau, P., Ostendorf, F., & Aken, M. (2001). Carving personality at its joints: Confirmation of three replicable personality prototypes for both children and adults. *European Journal of Personality*, 15, 169-198.
- Atkinson, R. & Raugh, M. (1975). An application of the mnemonic keyword method to the acquisition of a russian vocabulary. *Journal of Experimental Psychology-Human Learning and Memory*, 104, 125-133.
- Atkinson, R. & Shiffrin, R. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, 2, 89-195.
- Baron, G. L. (1991). *Quelques réflexions sur l'usage des tuteurs intelligents*.
- Baturay, M., Yildirim, S., & Daloglu, A. (2009). Effects of Web-Based Spaced Repetition on Vocabulary Retention of Foreign Language Learners. *Eurasian Journal of Educational Research (EJER)*, 8(34), 17-36.
- Beck, J., Stern, M., & Haugsjaa, E. (1996). Applications of AI in education. *Crossroads*, 3(1), 11-15.
- Berthoz, A. (2003). *La décision*. Paris: Odile Jacob.
- Blanchard, E. G., Naismith, L., Ranellucci, J., & Lajoie, S. P. (2009). *EAGLE: Un Système Tutoriel Intelligent pour réguler l'apprentissage interne à un jeu vidéo*. Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH2009). from <http://eiah2009.univ-lemans.fr/ActesEIAH09-postersDemos/EIAH-09-poster/EIAH2009-Blanchard.pdf>

- Bonnet, A. (1984). *L'intelligence artificielle: Promesses et réalités*. Paris: InterEditions.
- Bower, G. H. (1981). Mood and Memory. *American Psychologist*, 36, 129-148.
- Boyatzis, C. J., Chazan, E., & Ting, C. Z. (1993). Preschool children's decoding of facial emotions. *The Journal of Genetic Psychology*, 154, 375-382.
- Bruillard, E. (1997). *Les machines à enseigner* (Hermès ed.). Paris.
- Burns, H. L., & Capps, C. G. (1988). Foundations of ITS: an Introduction. In P. M. C. a. R. J. J. (Ed.), *Foundations of ITS* (pp. 1-20). Hillsdale: LEA.
- Caspi, A., & Shiner, R. L. (2006). Personality development. In W. Damon & N. Eisenberg (Eds.), *Handbook of child psychology: Social, emotional, and personality development* (Vol. 3, pp. 1128). New York.
- Chaffar, S., Chalfoun, P., & Frasson, C. (2006). *la prédiction de la réaction émotionnelle dans un environnement d'évaluation en ligne*. Colloque internationale TICE'2006, Toulouse, France, Octobre 25-27.
- Chalfoun, P., Lopes De Menezes, I., & Frasson, C. (2007). Emotional Retention Agent For Foreign Language E-learning. *AACE World Conference on E-learning in Corporate, Government, Healthcare, & Higher Education*
- Chan, T.-W., & Baskin, B. A. (1990). Learning Companion Systems. In C. Frasson & G. Gauthier (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems: At the Crossroads of Artificial Intelligence and Education* (pp. 6-33). Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Chanier, T., & Selva, T. (1998). The ALEXIA System: The Use of Visual Representations to Enhance Vocabulary Learning. *Computer Assisted Language Learning*, 11(5), 489 - 521.
- Channouf, A. (2006). Les émotions : une mémoire individuelle et collective. Éditions Mardaga.
- Channouf, A., & Rouan, J. (2002). Les émotions en psychologie cognitive. In D. B. Universté (Ed.), *Émotions et Cognitions* (pp. 320). Bruxelles.
- Christianson, S. A., & Loftus, E. F. (1991). Remembering emotional events: The fate of detail information. *Cognition & Emotion*, 5, 81-108.
- Clark, D. M. (1983). On the induction of depressed mood in the laboratory: Evaluation and comparison of the Velten and musical procedures. *Advances in Behaviour Research & Therapy*, 5(1), 27-49.
- Clore, G., & Gasper, K. (2000). Feeling is believing: Some affective influences on belief. In N. H. Frijda, A. S. Manstead & S. Bem (Eds.), *Emotions and beliefs: how feelings influence thoughts*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Coulon, D., & Kayser, D. (1975). Aperçu sur les techniques d'éducation utilisant l'informatique. *Revue Française de Pédagogie*, 42-61.
- Damasio, A. R. (1995). *L'erreur de Descartes : La raison des émotions*. Paris: Odile Jacob.
- De Montmollin, M. (1971). *L'enseignement programmé*. Paris: Presses universitaires de France.
- Delibes, L., Bonyngé, R., Minkus, L., National Philharmonic Orchestra (Grande-Bretagne), New Philharmonia Orchestra., & Royal Opera House (Londres Angleterre). Orchestra. (1999). The 3 ballets [enregistrement sonore]. London: Decca.

- Diamond (1974). *The roots of psychology*. New York: Harper.
- Donzella, B., Gunnar, M.R., Krueger, W.K. & Alwin, J. (2000). Cortisol and vagal tone responses to competitive challenge in preschoolers: Associations with temperament. *Developmental Psychobiology*, 37, 209-220.
- Dufort, H., Aïmeur, E., & Frasson, C. (1996). *Systèmes tutoriels intelligents: quelques aspects de la stratégie du perturbateur*. Canada: Université de Montréal.
- Dutta, S., & Kanungo, R. N. (1975). *Affect and memory: A reformulation*. Oxford, England: Pergamon Press.
- El Nasr, M.S., Yen, J. & Ioerger, T.R. (2000). FLAME : Fuzzy Logic Adaptive Model of Emotions. *Autonomous Agents and Multi-Agents Systems*, 3, 219-257.
- Eurotalk Inc., <http://eurotalk.com/us/>
- Eysenck, H. J. (1967). *The biological basis of personality*: Springfield.
- Faivre, J., Frasson, C., & Nkambou, R. (2002a). Gestion Emotionnelle dans les Systèmes Tuteurs Intelligents. 1-8. Retrieved from <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/02/69/79/PDF/Faivre.pdf>
- Faivre, J., Frasson, C., & Nkambou, R. (2002b). Gestion Emotionnelle dans les Systèmes Tuteurs Intelligents.
- Frasson, C. (1988). Actes de 'First International Conference on Intelligent Tutoring Systems'. ITS 88, Juin 1988, Montréal: Canada.
- Frasson, C., & Gauthier, G. (1990). *Intelligent tutoring systems: At the crossroad of artificial intelligence and education*. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Freinet, C. (1964). *Bandes enseignantes et programmation*. Cannes: Bibliothèque De L'école moderne.
- Gabriel, P. (1998). Enseignement et informatique pour tous : où en sommes-nous ? *Revue Française de Pédagogie*, 124, 99-108.
- Gagné, R. M., Briggs, L. J., & Wager, W. W. (1992). *Principles of instructional design* (4e édition ed.). Orlando, FL: Harcourt Brace Jovanovich.
- Gardner, H. (1983). *Frames Of Mind: The Theory Of Multiple Intelligences*. New York: Basic Books Inc.
- Gerrards-Hesse, A., Spies, K., & Hesse, F. W. (1994). Experimental inductions of emotional states and their effectiveness : a review. *British Journal of Psychology*, 85, 55-78.
- Ghali, R., & Frasson, C. (2010). *Emotional Strategies for Vocabulary Learning*. In proceeding of the 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 5-7 July, Sousse: Tunisia.
- Goldsmith, H.H., Buss, K.A. & Iemery, K.S. (1997). Toddler and childhood temperament: Expanded content, stronger genetic evidence, new evidence for the importance of environment. *Developmental Psychology*, 33, 891-905.
- Goleman, D. (1997). *L'intelligence émotionnelle 1: Comment transformer ses émotions en intelligence*. Paris Laffont.
- Goleman, D. (1999). *L'intelligence émotionnelle 2: Cultiver ses émotions pour s'épanouir dans son travail*. Paris: Laffont.

- Gosselin, P. (1995). le développement de la reconnaissance des expressions faciales des émotions chez l'enfant. *Canadian Journal of Behavioral sciences*, 27, 107-119.
- Gosselin, P., Roberge, P., & Lavallée, M. C. (1995). le développement de la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles du répertoire humain. *Enfance*, 4, 379-396.
- Grandbastien, M. (1991). Expertise du domaine. In Ophrys (Ed.), *Systèmes Experts et Enseignement Assisté par Ordinateur*, Paris, 55-67.
- Gratch, M. & Marsella, S. (2004). A Domain-independent framework for modeling emotions. *Journal of Cognitive Systems Research*, 5(4), 269-306.
- Groot, P. (2000). Computer Assisted Second Language Vocabulary Acquisition. *Language Learning & Technology*, 4(1), 60-81.
- Gross, J. J., & Levenson, R. W. (1995). Emotion elicitation using films. *Cognition & Emotion*, 9(1), 87-108.
- Hartley, J. R., & Sleeman, D. H. (1973). Towards more intelligent teaching systems. *International Journal of Man-Machine Studies*(2), 215-236.
- Heilman, M., & Eskenazi, M. (2006). Language Learning: Challenge for Intelligent Tutoring System, *ITS 06*. Taiwan.
- IPN (1965). *Enseignement programmé, dossiers documentaires*. Paris: Institut Pédagogique National (IPN).
- Isen, A. M. (1984). *Toward understanding the role of affect in cognition, Handbook of social cognition*.
- Isen, A. M. (2000). *Positive Affect and Decision Making, Handbook of emotions* (M. Lewis & J. Haviland-Jones ed.). New York: Guilford.
- Ives, C., Zukofsky, P., Kalish, G., & Quartet, N. Y. S. (1971). Chamber music [enregistrement sonore]: Columbia.
- Johnson, W. L., Beal, C., Fowles-Winkler, A., Lauper, U., Marsella, S., Narayanan, S., Papachristou, D. et Vilhjálmsón, H. (2004). *Tactical language training system: An interim report*.
- Kim, D., & Gilman, D. A. (2008). Effects of text, audio, and graphic aids in multimedia instruction for vocabulary learning. *Journal of educational technology & society*, 11(3), 114-126.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1995). International Affective Picture System (IAPS). University Floride.
- Lazarus, R. S., Speisman, J. C., Mordkoff, A. M., & Davidson, L. A. (1962). A laboratory study of psychological stress produced by a motion picture film. *Psychological Monographs*, 76.
- Leakey, J., & Ranchoux, A. (2006). BLINGUA. A blended language learning approach for CALL. *Computer Assisted Language Learning*, 19(4), 357 - 372.
- LeDoux, J. E. (1998). *Cognition and Emotion : Listen to the Brain*. New York Oxford U. Press.
- Lester, J. C., Towns, S. G., & Fitzgerald, S. G. (1999). Achieving affective impact : Visual emotive communication in lifelike pedagogical agents. *International Journal of AI in Education (IJAIED 1999)*, 278-291.

- Likert, R. (1932). *A TECHNIQUE FOR THE MEASUREMENT OF ATTITUDES*. Unpublished Ph.D., Columbia University, United States -- New York.
- Lisetti, C. L., & Nasoz, F. (2004). Using noninvasive wearable computers to recognize human emotions from physiological signals. *EURASIP journal on applied signal processing*, 2004(11), 1672-1687.
- Lundqvist, L.-O., Carlsson, F., Hilmersson, P., & Juslin, P. N. (2009). Emotional responses to music: experience, expression, and physiology. *Psychology of Music*, 37(1), 61-90.
- Maazel, L., Markevitch, I., Mussorgsky, M. P., Borodine, A., Glinka, M. I., Rimsky-Korsakov, N. (1993). *Russie éternelle [enregistrement sonore]*. Hamburg: Deutsche Grammophon.
- Maraoui, M., & Ayadi, R. (2009). *SALA : Système d'Apprentissage de Langue Arabe*. The 3rd International Conference on Arabic Language Processing (CITALA'09).
- Mayer, J. D., Joshua, P. A., & Beauregard, K. (1995). Mood Induction for Four Specific Moods: A procedure Employing Guided Imagery Vignettes With Music. *Journal of Mental Imagery*, 19(1-2), 133-150.
- Mayer, J. D., & Salovey, P. (1997). *What is emotional intelligence ? Emotional Development and Emotional Intelligence: Implications for Educators*. New York: Basic books.
- Maziade, M. (1983). Le tempérament de l'enfant, les différences individuelles et les forces environnementales. *Santé mentale au Québec*, 8(2).
- McCrae, R. R., & Costa, P. T. (1987). Validation of the five-factor model of personality across instruments and observers. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52, 81-90.
- McHugo, G. J., Smith, C. A., & Lanzetta, J. T. (1982). The structure of self-reports of emotional responses to film segments. *Motivation and Emotion*, 6(4), 365-385.
- Menahem, R. (1983). La voix et la communication des affecta. *L'année psychologique*, 83(2), 537-560.
- Microsoft (1998). logiciel informatique Retrieved 23/02/2009, from <http://www.bellcraft.com/mash/>
- Minsky, M. (1986). *the Society of Mind*. New York: Simon and Schuster.
- Mucchielli, A. (1987). *L'enseignement par ordinateur*. Paris: Presses Universitaires de France: PUF.
- Murphy, B.C., Eisenberg, N., Fabes, R.A., Shepard, S. & Guthrie, I.K. (1999). Consistency and change in children's emotionality and regulation: A longitudinal study. *Merrill-Palmer Quarterly*, 45, 413-444.
- Murray, T. (1999). Authoring Intelligent Tutoring Systems: An Analysis of the State of the Art. *International Journal of Artificial intelligence in Education*, 10, 98-129.
- Nawrot, E. S. (2003). The Perception of Emotional Expression in Music: Evidence from Infants, Children and Adults. *Psychology of Music*, 31(1), 75-92.
- Nerbonne, J., Dokter, D., & Smit, P. (1998). Morphological Processing and Computer-Assisted Language Learning. *Computer Assisted Language Learning*, 11(5), 543 - 559.

- Nicaud, J. F., & Vivet, M. (1988). Les tuteurs intelligents: réalisations et tendances de recherches. *Technique et Science Informatiques*, 7(1), 21-45.
- Niedenthal, P. M., Halberstadt, J. B., & Innes-Ker, A. S. H. (1999). Emotional response categorization. *Psychological Review*, 106(2), 337-361.
- Niedenthal, P. M., Halberstadt, J. B., & Setterlund, M. B. (1997). Being happy and seeing "happy": Emotional state mediates visual word recognition. *Cognition and Emotion*, 11(4), 403-432.
- Niedenthal, P. M., & Setterlund, M. B. (1994). Emotion Congruence in Perception. *Pers Soc Psychol Bull*, 20(4), 401-411.
- Nkambou, R. (1996). *Modélisation des connaissances de la matière dans un système tutoriel intelligent : modèles, outils et applications*. Unpublished Ph.D., Université de Montréal.
- Nkambou, R., Laporte, Y., Yatchou, R., & Gourad, G. (2003). Embodied emotional agent in intelligent training system *Recent advances in intelligent paradigms and applications* (pp. 235-253): Physica-Verlag GmbH.
- O'Shea, T., Bornat, R., Boulay, B. d., Eisenstadt, M., & Page, I. (1984). *Tools for creating intelligent computer tutors*. The international NATO symposium on Artificial and human intelligence.
- Ohlsson, S. (Ed.). (1987). *Some principles of intelligent tutoring* (Vol. 1). Ablex: Norwood, NJ: Lawler and Yazdani Eds.
- Ortony, A., Clore, G. L., & Collins, A. (1988). *The cognitive structure of emotions*. Cambridge: Cambridge Press University.
- Paltheu, S., Greer, J., & McCalla, G. (1991). *Learning by Teaching*. The International Conference on the Learning Sciences, AACE.
- Philippot, P. (1993). Inducing and assessing differentiated emotion-feeling states in the laboratory. *Cognition & Emotion*, 7(2), 171 - 193.
- Pressey, S. L. (1927). A machine for a automatic teaching of drill material. *School and Society*, 25, 549-552.
- Putnam, S. P., & Rothbart, M. K. (2006). Development of Short and Very Short Forms of the Children's Behavior Questionnaire. *Journal of Personality Assessment*, 87(1), 102-112.
- Reed, M. A., & Derryberry, D. (1995). Temperament and attention to positive and negative trait information. *Personality and Individual Differences*, 18, 135-147.
- Robins, R., John, O., Caspi, A., Moffitt, T., & Stouthamer-Loeber, M. (1996). Resilient, overcontrolled, and undercontrolled boys: three replicable personality types. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70, 157-171.
- Rosetta Stone Inc., <http://www.rosettastone.com/>
- Rothbart, M. K., Ahadi, S. A., & Evans, D. E. (2000). Temperament and personality: Origins and outcomes. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78(1), 122-135.
- Rothbart, M. K., Ahadi, S. A., Hershey, K. L., & Fisher, P. (2001). Investigations of Temperament at Three to Seven Years: The Children's Behavior Questionnaire. *Child Development*, 72(5), 1394-1408.

- Rothbart, M. K., & Derryberry, D. (1981). Development of individual differences in temperament. *Advances in developmental psychology, 1*, 37-86.
- Scherer, K. R., & Oshinsky, J. S. (1977). Cue utilization in emotion attributions from auditory stimuli. *Motivation and Emotion, 1*(4), 331-346.
- Schnabel, K., Asendorpf, J., & Ostendorf, F. (2002). Replicable types and subtypes of personality: German NEO-PI-R versus NEO-FFI. *European Journal of Personality, 7*-24.
- Self, J. (1974). Student models in Computer-Aided Instruction. *International Journal of Man-Machine Studies*(6), 261-276.
- Self, J. (1985). A perspective on intelligent computer-assisted learning. *Journal of Computer Assisted Learning, 1*(3), 159-166.
- Self, J. (1988). *Student Models: What use are they?* Artificial intelligence tools in education.
- Selva, T. (2002). *Génération automatique d'exercices contextuels de vocabulaire*. Actes en TALN 2002.from:
<http://www.loria.fr/projets/JEPTALN/actes/TALN/articles/TALN17.pdf>
- Simon, J. C. (1981). *L'éducation et l'informatisation de la société: Les expériences par pays*. Paris: La Documentation française.
- Sloman, A., & Croucher, M. (1987). Why Robots Will Have Emotions. *Proceedings of IJCAI-87*, 197-202.
- Spiller, R., & Robertson, J. (1984). Computer-based training: a major growth opportunity. *Technological Horizons in Education, 11*(6), 75-76.
- Stifter, C., & Fox, N. (1986). Preschool children's ability to identify and label emotions. *Journal of Nonverbal Behavior, 10*, 255-266.
- Syssau, A., & Brouillet, D. (1996). Rôle de la valeur affective et de la nature du texte dans la récupération du souvenir chez les personnes âgées. *l'Année Psychologique, 96*, 85-112.
- Vachon, M., Beaulieu-Prévost, D., Ouellette, A., & Achille, M. (2005). Analyse de classification hiérarchique et qualité de vie. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology, 1*(1), 25-30.
- Velten, E. (1968). A laboratory task for induction of mood states. *Behaviour Research and Therapy, 6*(4), 473-482.
- Weiss, R., & Palumbo, R. (2000). Emotion and Learning. *Training & Development, 54*(11), 44-48.
- Wenger, E. (1987). *Artificial intelligence and tutoring systems*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Wong, D. L., Hockenberry, M., Wilson, D., Winkelstein, M. L., & Schwartz, P. (2001). *Wong's Essentials of Pediatric Nursing* (St-louis ed.).
- Worthman, C. M. (1999). Emotions: you can feel the difference. In A. L. Hinton (Ed.), *Biocultural approaches to the emotions* (pp. 41-74). Cambridge: Cambridge University Press.

ANNEXE A

QUESTIONNAIRE DE TEMPÉRAMENT

Instructions: Please read carefully before starting:

On the next pages you will see a set of statements that describe children's reactions to a number of situations. We would like you to tell us what your child's reaction is likely to be in those situations. There are of course no "correct" ways of reacting; children differ widely in their reactions, and it is these differences we are trying to learn about. Please read each statement and decide whether it is a "true" or "untrue" description of your child's reaction within the past six months. Use the following scale to indicate how well a statement describes your child:

- | Circle # | If the statement is: |
|----------|--------------------------------------|
| 1 | extremely untrue of your child |
| 2 | quite untrue of your child |
| 3 | slightly untrue of your child |
| 4 | neither true nor false of your child |
| 5 | slightly true of your child |
| 6 | quite true of your child |
| 7 | extremely true of your child |

If you cannot answer one of the items because you have never seen the child in that situation, for example, if the statement is about the child's reaction to your singing and you have never sung to your child, then circle NA (not applicable).

Please be sure to circle a number or NA for every item.

1. Seems always in a big hurry to get from one place to another.
1 2 3 4 5 6 7 NA
2. Gets quite frustrated when prevented from doing something s/he wants to do.
1 2 3 4 5 6 7 NA
3. When drawing or coloring in a book, shows strong concentration.
1 2 3 4 5 6 7 NA
4. Likes going down high slides or other adventurous activities.
1 2 3 4 5 6 7 NA
5. Is quite upset by a little cut or bruise.
1 2 3 4 5 6 7 NA
6. Prepares for trips and outings by planning things s/he will need.
1 2 3 4 5 6 7 NA
7. Often rushes into new situations.
1 2 3 4 5 6 7 NA
8. Tends to become sad if the family's plans don't work out.
1 2 3 4 5 6 7 NA
9. Likes being sung to.
1 2 3 4 5 6 7 NA
10. Seems to be at ease with almost any person.
1 2 3 4 5 6 7 NA
11. Is afraid of burglars or the "boogie man."
1 2 3 4 5 6 7 NA
12. Notices it when parents are wearing new clothing.
1 2 3 4 5 6 7 NA
13. Prefers quiet activities to active games.
1 2 3 4 5 6 7 NA
14. When angry about something, s/he tends to stay upset for ten minutes or longer.
1 2 3 4 5 6 7 NA

15. When building or putting something together, becomes very involved in what s/he is doing, and works for long periods.
1 2 3 4 5 6 7 NA
16. Likes to go high and fast when pushed on a swing.
1 2 3 4 5 6 7 NA
17. Seems to feel depressed when unable to accomplish some task.
1 2 3 4 5 6 7 NA
18. Is good at following instructions.
1 2 3 4 5 6 7 NA
19. Takes a long time in approaching new situations.
1 2 3 4 5 6 7 NA
20. Hardly ever complains when ill with a cold.
1 2 3 4 5 6 7 NA
21. Likes the sound of words, such as nursery rhymes.
1 2 3 4 5 6 7 NA
22. Is sometimes shy even around people s/he has known a long time.
1 2 3 4 5 6 7 NA
23. Is very difficult to soothe when s/he has become upset.
1 2 3 4 5 6 7 NA
24. Is quickly aware of some new item in the living room.
1 2 3 4 5 6 7 NA
25. Is full of energy, even in the evening.
1 2 3 4 5 6 7 NA
26. Is not afraid of the dark.
1 2 3 4 5 6 7 NA
27. Sometimes becomes absorbed in a picture book and looks at it for a long time.
1 2 3 4 5 6 7 NA
28. Likes rough and rowdy games.
1 2 3 4 5 6 7 NA

29. Is not very upset at minor cuts or bruises.
1 2 3 4 5 6 7 NA
30. Approaches places s/he has been told are dangerous slowly and cautiously.
1 2 3 4 5 6 7 NA
31. Is slow and unhurried in deciding what to do next.
1 2 3 4 5 6 7 NA
32. Gets angry when s/he can't find something s/he wants to play with.
1 2 3 4 5 6 7 NA
33. Enjoys gentle rhythmic activities such as rocking or swaying.
1 2 3 4 5 6 7 NA
34. Sometimes turns away shyly from new acquaintances.
1 2 3 4 5 6 7 NA
35. Becomes upset when loved relatives or friends are getting ready to leave following a visit.
1 2 3 4 5 6 7 NA
36. Comments when a parent has changed his/her appearance.
1 2 3 4 5 6 7 NA

Please check back to make sure you have completed all items by marking a number or "NA".

Thank you very much for your help!

ANNEXE B

TECHNIQUE D'AGGLOMÉRATION HIÉRARCHIQUE DANS SPSS

B.1 Caractéristiques de l'analyse de classification hiérarchique

L'analyse de classification hiérarchique identifie des classes d'observations (ou de variables) relativement homogènes basées sur des caractéristiques sélectionnées, en utilisant un algorithme qui débute en classifiant chaque observation (ou variable) dans une classe séparée et qui combine ensuite les classes jusqu'à ce qu'il n'en reste qu'une. Pour établir les différentes classes, il faut identifier les trois critères de classification : la méthode d'agrégation, la mesure de l'espace métrique et la standardisation ou non des variables.

(a) La méthode d'agrégation

La méthode d'agrégation consiste à regrouper les entités (participants, concepts, stimuli, etc.) les unes avec les autres. Elle représente la méthode de mesure de la distance entre deux groupes. Il existe plusieurs méthodes d'agrégation entre autres la méthode du lien simple, la méthode du lien complet, la méthode du lien moyen et la méthode de Ward.

(b) L'espace métrique

L'espace métrique permet de spécifier la mesure de distance ou de similarité à utiliser pour classifier les entités. Il existe plusieurs types de mesure de l'espace métrique. Nous citons entre autres : la distance euclidienne, le carré de la distance euclidienne, la distance de Manhattan, la distance de Tchebychev, la corrélation de Pearson, etc.

(c) La standardisation des variables

La standardisation est une procédure statistique utilisée pour éliminer les effets des différences liées à des variables spécifiques. Elle permet d'attribuer à chaque variable son poids équivalent dans la classification. Dans SPSS, les méthodes de standardisation disponibles sont : centrer-réduire (cote Z), entre -1 et 1, entre 0 et 1, maximum = 1, moyenne = 1 ou écart-type = 1.

B.2 Construction des clusters (“Resilient”, “Overcontrolled” et “Undercontrolled”) dans SPSS

Pour construire les trois nouveaux groupes (“Resilient”, “Overcontrolled” et “Undercontrolled”) à partir des trois variables du tempérament (“Surgency”, “Negative Affectivity”, “Effortful Control”), nous avons utilisé la procédure de la classification hiérarchique du logiciel SPSS. Pour ce faire, nous révélerons dans ce qui suit les trois différentes étapes nécessaires.

(a) Procédure de classification hiérarchique

Cette étape consiste à établir la classification hiérarchique des variables (“Surgency”, “Negative Affectivity”, “Effortful Control”) en indiquant les critères de classification cités précédemment (voir figure 22). Dans le cas de cet exemple, nous avons choisi la méthode de Ward (elle consiste à agréger les élèves qui font le moins varier l'inertie intra-classe), la distance euclidienne et la transformation des variables selon la cote Z (moyenne = 0, écart-type = 1).

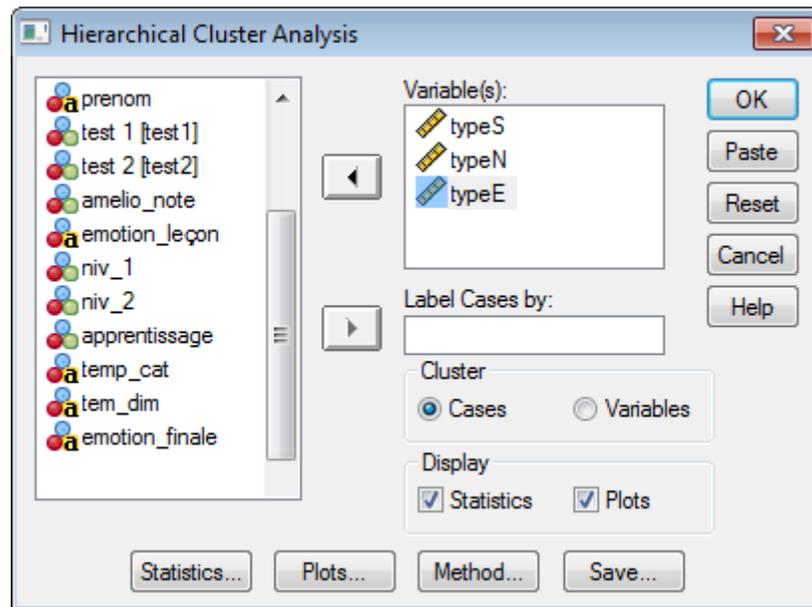


Figure 22. Interface de classification hiérarchique dans SPSS

Après avoir effectué ces choix, nous avons obtenu le dendrogramme (ou encore appelé **arbre de classification**) suivant :

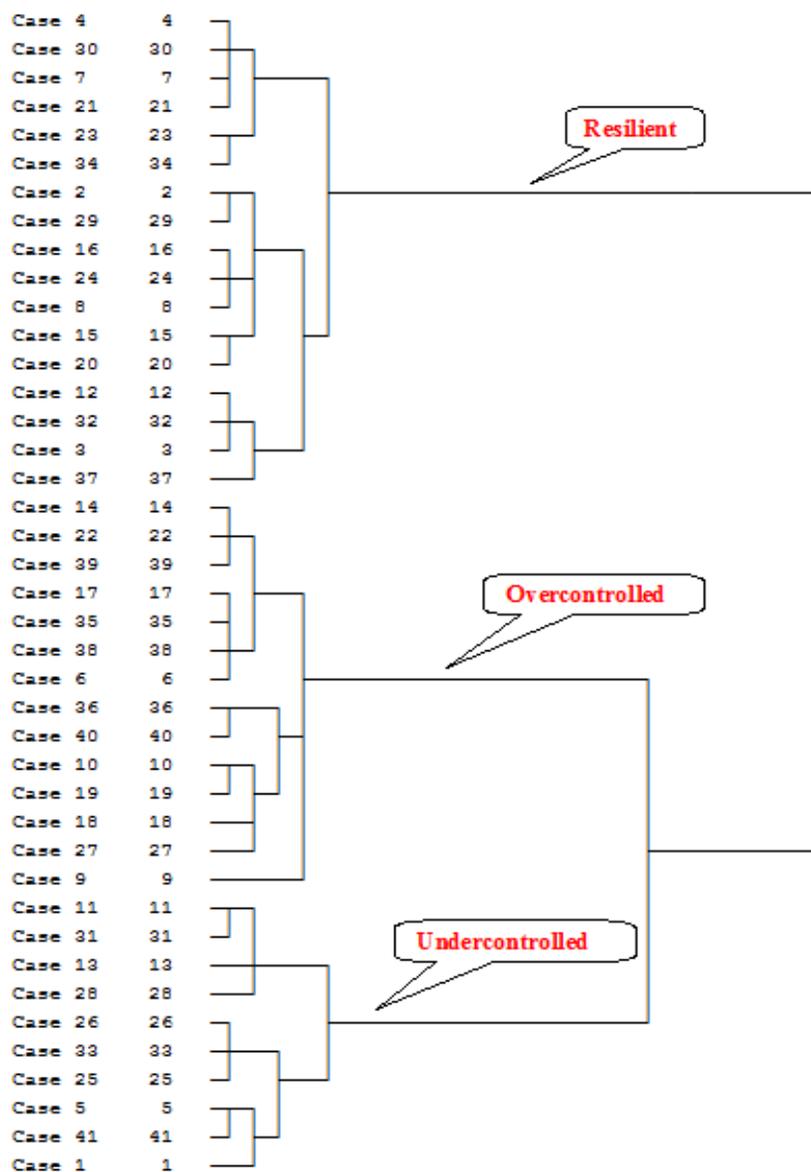


Figure 23. Arbre de classification des élèves obtenu

(b) Numérotation des classes

Après avoir obtenu le dendrogramme, le logiciel SPSS ajoute une autre variable appelée *cluster* dans laquelle sera stocké pour chaque élève le numéro de cluster

correspondant. Ce numéro présente le profil auquel l'élève appartient. Dans notre exemple, comme nous avons choisi trois clusters alors trois numéros (1, 2, 3) seront attribués aux élèves dans la variable cluster.

(c) Interprétation des classes

La troisième étape consiste à attribuer les noms appropriés ("Resilient", "Overcontrolled" ou "Undercontrolled") au tempérament des élèves. Il s'agit donc de remplacer les numéros obtenus dans l'étape précédente par son nom correspondant. Pour se faire, nous sommes basés sur la comparaison des valeurs des anciens groupes (S : "Surgency", N : "Negative Affectivity", E : "Effortful Control") avec ($S_{moyenne}$, $N_{moyenne}$ et $E_{moyenne}$). Pour le groupe des élèves "Resilient", il est caractérisé par ($S > S_{moyenne}$, $E > E_{moyenne}$, $N < N_{moyenne}$), pour "Overcontrolled" (N élevé, S faible) et pour "Undercontrolled" (E très faible).

La figure ci-après illustre les différentes caractéristiques de ces nouveaux clusters en fonction des anciens variables.

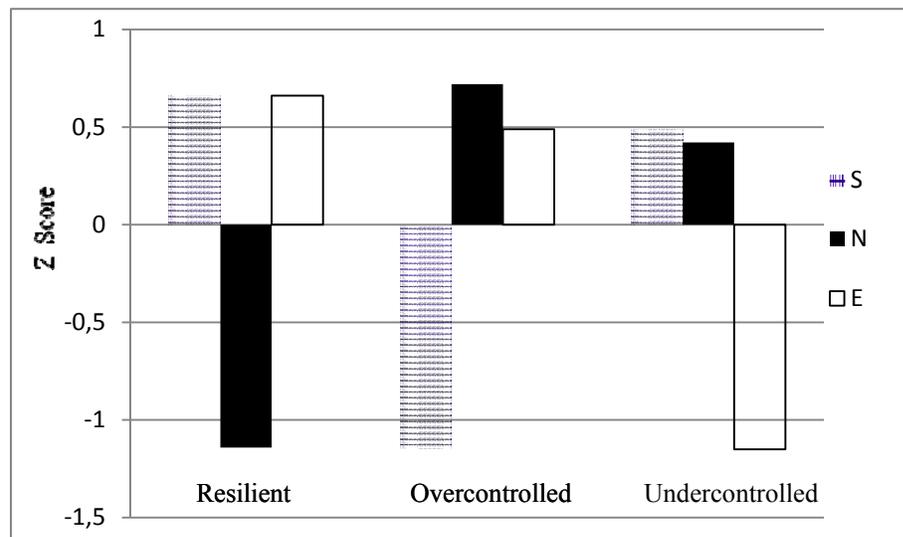


Figure 24. Les trois nouveaux clusters de tempérament caractérisés par CBQ-VSF