

Sébastien L'haire

**L'Enseignement Assisté
par Ordinateur et le
Traitement Automatique
du Langage Naturel**

MEMOIRE DE DIPLOME D'ETUDES
SUPERIEURES « LINGUISTIQUE
INFORMATIQUE »

DIRECTEUR : PROF. ERIC WEHRLI

FEVRIER 2000

Université de Genève - Faculté des Lettres

REMERCIEMENTS

Ce mémoire est enfin achevé, résultant de sept semestres de formation tous azimuts. Il s'est enrichi au fur et à mesure de mes lectures, des cours suivis et de la pratique de la réalisation de différents dispositifs de formation.

J'aimerais remercier ici chaleureusement certaines personnes qui m'ont particulièrement soutenu dans ce travail.

Tout d'abord Anne Vandeventer, ma voisine de bureau, qui m'a soutenu de ses conseils pratiques, de ses suggestions de lecture, de ses commentaires et corrections sur mes travaux, et qui a supporté stoïquement mes colères, diatribes et hurlements contre Microsoft et contre un PC qui avait la fâcheuse tendance à se planter.

Ensuite Christopher Laenzlinger, pour la supervision et la correction de mes recherches et pour m'avoir malgré tout engagé pour le projet dont il est responsable.

Daniel Schneider, de Tecfa, qui a révisé ce travail et apporté nombre de suggestions utiles. Son enseignement a également beaucoup apporté à ce mémoire.

Arnaud Gaudinat, pour ses nombreux conseils techniques, pour sa patience face à mes nombreuses incursions dans son bureau, et pour avoir accepté de lâcher de temps en temps sa bible sur De Iphi.

Eric Wehrli, pour la confiance dont il m'a témoigné depuis de nombreuses années et pour avoir soutenu ma demande au vice-doyen E. W. de m'accorder un délai d'un semestre supplémentaire pour rendre ce mémoire.

Eva Capitaio, secrétaire du département, toujours prête à rendre service et jamais avare d'encouragements.

Les autres enseignants de TECFA, Patrick Mendelsohn, Pierre Dillenbourg et Daniel, pour leurs enseignements techniques et théoriques qui ont considérablement contribué à enrichir ce mémoire.

Et finalement les autres collègues du LATL, Catherine, Cathy, Paola, Luka, Jean-Philippe, Juri et Thierry, qui contribuent à faire de ce laboratoire un lieu de travail convivial, agréable et stimulant.

A toutes et à tous, un grand merci !

S.L., février 2000

1 INTRODUCTION

L'enseignement assisté par ordinateur a profité de la révolution de l'informatique provoquée par l'apparition des ordinateurs multimédias. On trouve des milliers de CD-Roms éducatifs sur le marché. Les sujets traités sont vastes : art, apprentissage de langue, des sciences, encyclopédies etc. Aujourd'hui, l'enseignement par ordinateur se trouve sur un terrain extrêmement favorable.

L'ingénierie de la langue a également fait de gros progrès, notamment grâce à la montée en puissance des ordinateurs. Aujourd'hui, dans de nombreuses applications, on trouve des analyseurs syntaxiques, des outils de synthèse et de reconnaissance de la parole, des traducteurs automatiques etc. Le résultat n'est pas toujours probant, mais la technique a atteint une fiabilité acceptable.

Ce mémoire tentera de montrer ce qui est fait et ce que l'on peut faire pour intégrer ces outils de traitement de la langue dans les logiciels d'apprentissage de langue par ordinateur. Tout d'abord, nous parlerons de l'enseignement assisté par ordinateur en général. L'accent sera mis sur les nouveaux moyens d'enseignement et sur les divers environnements utilisés pour l'enseignement des langues. On traitera en particulier des outils de communication sur Internet et des techniques utilisées pour rendre le Web interactif. Quelques questions de pédagogie et de design d'applications seront également abordées.

Ensuite, il sera question d'Intelligence Artificielle et des applications de Traitement Automatique du Langage Naturel. Nous parlerons particulièrement des applications de ces techniques à l'apprentissage des langues par ordinateur. Ce domaine en est encore aux tâtonnements, mais des applications commerciales commencent timidement à apparaître.

Puis on examinera un peu plus en détail quelques applications utilisant des techniques d'intelligence artificielle et de traitement automatique du langage. L'avant-dernière section traitera à fond d'un logiciel expérimental développé à l'Université de Genève. Le projet SAFRAN (Système d'Apprentissage du FRANçais) fait appel aux techniques de l'analyse syntaxique et de synthèse vocale. Enfin, nous tenterons de faire une brève synthèse de la question et des perspectives du domaine.

2 ETAT DE L'ART EN EAO

L'enseignement assisté par ordinateur (EAO) est né dans les années 60. Ses domaines d'application sont larges, principalement l'enseignement des sciences, de la technique, de la lecture et des langues. A ses débuts, l'EAO, sur le système central d'une entreprise, avec des apprenants utilisant le logiciel à partir du terminal de leur bureau, ou dans une salle de cours.

Au début des années 80, l'avènement de la micro-informatique- en particulier l'avènement du PC (*personal computer*, ordinateur personnel) et du Macintosh d'Apple- a ouvert de nouveaux horizons. Les écoles, les petites entreprises, ou les particuliers, peuvent s'offrir des logiciels pour des sommes modestes tournant sur un matériel peu coûteux.

Le début des années 90 a vu une deuxième génération d'ordinateurs personnels apparaître. Les écrans d'ordinateurs ont enfin atteint une résolution acceptable. Les disques durs ont atteint une taille respectable. Les processeurs sont devenus assez rapides. Le coût réduit de la mémoire a permis de muscler les machines. La carte son a permis d'atteindre une haute qualité sonore qui permet d'écouter et d'enregistrer de la musique ou de la parole. Enfin, le CD-Rom a offert une capacité de stockage de données qui permet de stocker sons, vidéos et images, qui prennent de la place et que les bonnes vieilles disquettes ne suffisaient pas à enregistrer. Le système d'exploitation des PC est devenu aussi convivial que celui du Macintosh. L'ordinateur multimédia est né. Aujourd'hui, le mult média permet d'offrir des applications animées et interactives, qui permettent la présentation des notions à étudier sous forme de textes, de sons, d'images, d'animations et de vidéos.

Le réseau Internet a également ouvert de nouveaux horizons. Un nombre croissant de détenteurs d'ordinateurs à domicile sont connectés au réseau. Le Web offre de nombreuses informations et des services utiles. Il permet aussi de communiquer avec facilité, bien mieux qu'avec des moyens traditionnels.

Ce chapitre a pour but de faire un tour d'horizon des domaines d'application et des techniques de l'EAO. Nous commencerons par étudier les domaines d'application de l'EAO en général, et des applications qu'on peut en faire en particulier. La section 2.2 proposera une taxonomie des différents domaines de l'EAO.

Puis nous aborderons quelques considérations pédagogiques au paragraphe 2.3. La théorie de la collaboration sera traitée par une section en particulier.

Ensuite, la section suivante présentera une méthode pour la conception d'un didacticiel. Ce sera également l'occasion d'évoquer certains pièges à éviter lors de la réalisation d'un didacticiel. Nous

¹ Ce terme est préféré au terme d' élève par les spécialistes de l' EAO.

traiterons ensuite tour à tour des systèmes hypertextes, des différents types d'exercice et des micro-mondes.

Enfin, une longue section sera consacrée à Internet. Nous commencerons par un bref historique de la naissance de ce réseau et par quelques considérations sur l'utilisation pédagogique d'Internet. Le paragraphe 2.9.2 sera consacré aux avantages et inconvénients du code HTML utilisé pour le formatage des documents sur le World Wide Web. Nous traiterons ensuite des différents moyens de communication sur le réseau et de leur utilisation à des fins pédagogiques.

La section suivante traitera des différentes techniques mises en œuvre pour rendre Internet interactif. Nous aborderons brièvement quelques solutions et de leurs avantages et inconvénients. Il y sera également question de techniques d'avenir. Enfin, nous verrons quelques exemples d'outils d'enseignement sur Internet, avec en perspective l'enseignement des langues.

2.1 Domaines d'utilisation et utilité de l'EAO

L'intérêt de l'EAO est multiple. Au niveau pédagogique, il permet un enseignement individualisé et varié. L'apprenant peut étudier les notions à acquérir à son propre rythme. Face à une machine, on assiste également à une désinhibition des apprenants.

L'aspect ludique est un atout majeur de l'EAO: on peut présenter de manière attractive et efficace des notions jugées rébarbatives, comme des rudiments de mathématiques ou de grammaire. Des animations peuvent simuler des réactions chimiques, des phénomènes physiques, le comportement d'une machine industrielle face à diverses manipulations etc. La puissance de calcul de l'ordinateur permet de montrer de façon précise et claire des graphiques ou des courbes, et de les modifier de façon dynamique lorsque l'élève change les paramètres. Nous verrons au paragraphe 2.3 que l'apprenant doit être actif pour garantir un apprentissage efficace. L'ordinateur est un moyen très adéquat pour y parvenir.

L'EAO peut être considéré comme un appoint, surtout au niveau des exercices. Les échanges avec l'enseignant sont souvent encore nécessaires, comme par exemple lors d'une discussion de groupe après une séance d'EAO. La vision du « tout à l'EAO » qui prévalait aux débuts de la discipline, n'est plus d'actualité. L'enseignant est encore indispensable.

Au niveau pratique, l'EAO ouvre différents horizons. Comme l'enseignement est individuel – à la rigueur en binômes – l'horaire est souple. L'apprenant, sur son lieu de travail, peut utiliser le produit de manière autonome, à ses moments perdus². Ceci est utile dans le cadre d'une formation continue. On

² Ce mode d'utilisation de l'EAO est plutôt déconsidéré. L'apprenant est victime d'interruptions fréquentes par des collègues ou par le téléphone. En outre, des décharges de travail pour la formation continue sont peu fréquentes. La confidentialité des résultats n'est pas garantie et l'on peut donc assister à des problèmes de pressions de la part des supérieurs hiérarchiques.

peut imaginer des ordinateurs destinés à l'EAO et installés dans les centres de documentation ou dans des salles en accès libre.

Des individus peuvent acheter un produit pour s'instruire à la maison en autodidactes. Il existe aussi des processus d'autoformation. L'apprenant se fixe des objectifs, sous la supervision d'un tuteur. Des discussions régulières sont nécessaires pour faire le point. Ce processus doit être distingué de la notion d'autodidaxie, où l'apprenant est seul et s'instruit pour son propre compte. Dans la plupart des cas, il faudra prévoir une personne de référence facilement consultable, afin que l'apprenant ne perde pas trop de temps en cas de difficulté de compréhension ou de problème technique.

Au niveau des écoles, on peut rencontrer quelques difficultés dans la mise en œuvre de sessions d'EAO. L'utilisation des salles d'informatiques doit être planifiée, au même titre que l'occupation des salles de classe. Le temps disponible pour l'utilisation de l'EAO est limité. Certains apprenants auront donc du mal à terminer les leçons et les exercices. Enfin, l'ergonomie des places de travail n'est pas toujours optimale : possibilité d'être distrait par ce que fait le voisin, peu de place pour prendre des notes, trop d'utilisateurs par poste de travail etc.

Pour l'enseignant, l'EAO offre des perspectives nouvelles. De nombreuses possibilités d'exercices ou de présentation de notions sont offertes. Il peut ainsi varier les contenus de ses cours, mieux faire passer des notions par des aspects ludiques, individualiser l'enseignement en proposant à chaque élève l'exercice, le tutoriel voire le logiciel le mieux adapté à ses besoins etc. Un bon logiciel permet à l'enseignant d'adapter le contenu de ses tutoriels et de créer lui-même des exercices. Malheureusement, certains logiciels commerciaux ont le défaut d'être fermés: leur contenu n'est pas adaptable ni évolutif.

En outre, l'enseignant devra relever certains défis. Il faut s'adapter à un nouveau type d'enseignement, qui peut être astreignant si l'on veut faire bénéficier à l'apprenant de tous les avantages de l'individualisation. Le contact avec l'apprenant est différent, et il faut individualiser les réponses. Il faut s'adapter à une machine, et apprendre son fonctionnement, afin de pouvoir créer des exercices et des tutoriels, et afin de pouvoir répondre aux questions pratiques des élèves. Il faut enfin accepter un changement de rôle, face à un ordinateur. Certains enseignants ressentent en effet l'ordinateur comme un concurrent pour leur noble tâche d'enseignement. De plus, il y a la tentation de vouloir intervenir lors d'une séance d'EAO, en interrompant tous les élèves, ou en voulant expliquer de manière différente les notions présentées par le logiciel. Il faut donc accepter de suivre une stratégie pédagogique qui n'est parfois pas la sienne. A l'inverse, on trouve parfois la tentation de se débarrasser de tâches d'enseignement rébarbatives, ou d'un point du programme mal maîtrisé.

Le développement fulgurant du réseau Internet offre de nouvelles perspectives. La formation à distance se trouve facilitée. L'enseignant peut trouver de nombreuses sources pour son enseignement et en échanger avec d'autres professeurs. Il peut favoriser les contacts entre élèves. Enfin, l'autodidacte trouvera de nombreux cours pour satisfaire sa curiosité. Nous reviendrons sur toutes ces utilisations au paragraphe 2.9.

2.2 Taxonomie de l'EAO

Le concept d'EAO regroupe en fait plusieurs familles de logiciels éducatifs (Mendelsohn & Jermann 1997 : 24 ss) :

- ◆ Les didacticiels ;
- ◆ Les progiciels ;
- ◆ Les tutoriels ;
- ◆ Les environnements d'apprentissage intelligents;
- ◆ Les micromondes.

Les didacticiels sont des environnements où les apprenants doivent résoudre un problème de manière plus ou moins active (v. par. 2.3). On trouve deux types de didacticiel.

Le premier type de didacticiel présente un choix des réponses plutôt fermé. Avec ce type de logiciel, on entraîne plutôt les automatismes, c'est-à-dire une série de tâches à accomplir séquentiellement pour résoudre un problème. C'est ce qu'on appelle le *drill and practice*, car il est nécessaire d'appliquer une méthode un bon nombre de fois pour qu'elle soit accomplie sans réfléchir et sans commettre d'erreurs. A l'instar des exercices traditionnels sur papier, les tâches sont répétitives et on entraîne des phénomènes tels que des calculs et l'emploi de formules pour les sciences, la conjugaison, les déclinaisons et les accords pour les langues. Nous reviendrons au paragraphe 2.7 sur les différents types d'exercices.

Le second type propose des activités de résolution de problème aux apprenants qui lui permettent de découvrir ou approfondir les notions présentées. Des propriétés sont abordées par des tâches, des simulations qui doivent faire découvrir les relations entre certains paramètres et les effets qu'ils ont sur le résultat. A travers des questions appropriées, le didacticiel focalise l'attention de l'apprenant sur certains phénomènes. Des tests intermédiaires et finaux assurent que l'apprenant a bien acquis les compétences nécessaires. Si l'activité est bien conçue, un apprenant peut apprendre des notions de manière efficace et durable, et être capable de les réutiliser. Nous parlerons plus en détails de conceptions pédagogiques au paragraphe 2.3.

Les progiciels sont des logiciels professionnels standards, comme les traitements de texte, tableurs, logiciels de dessin etc. A côté des activités classiques pour lesquelles ces logiciels sont conçus, on peut les programmer à l'aide de langages de macro-commandes. Un traitement de textes peut être utilisé pour des exercices simples, comme des exercices où l'apprenant doit remplir des trous dans une phrase, ou des exercices d'algèbre à l'aide d'un tableur. Les progiciels sont relativement facile à utiliser, une fois que l'on maîtrise le langage de macro-commandes. Ils demandent peu de matériel. La plupart des ordinateurs sont dotés des progiciels standards. Par contre, les exercices que l'on peut implémenter sont de type *drill and practice*, qui n'ont qu'un intérêt pédagogique limité.

Les tutoriels présentent les matières à enseigner et guident l'apprenant à travers des connaissances pour l'amener à résoudre un problème. Le système de guidage des apprenants est plus ou moins développé et intervient de manière plus ou moins dirigiste. Le parcours de l'apprenant est plus ou moins individualisé. Les connaissances peuvent être présentées par exemple au moyen d'un système hypertexte. Nous y reviendrons au paragraphe 2.6.

Pour assurer l'acquisition à travers un processus actif (v. par 2.3) un tutoriel est généralement associé à un didacticiel. Le didacticiel peut alors faire appel à des chapitres du tutoriel, ou proposer un accès au tutoriel pour expliquer certaines erreurs lors de la correction d'exercices.

Les tutoriels disposent parfois de techniques sophistiquées et sont capables de résoudre les problèmes posés à l'apprenant, de diagnostiquer ses erreurs et de lui proposer une remédiation à travers des exercices supplémentaires. Des exercices sont également inclus dans le parcours. On les appelle alors environnements intelligents d'apprentissage ou tutoriels intelligents. Ces tutoriels font appel à des techniques d'intelligence artificielle. Nous y reviendrons au chapitre 3.

Enfin, les micromondes permettent d'apprendre par l'exploration, dans un monde graphique ou non. On doit généralement y réaliser une tâche. Nous nous pencherons sur ce type de logiciel au paragraphe 2.8.

2.3 Théories pédagogiques

Passons maintenant à quelques questions de pédagogie qui influencent la conception de logiciels d'EAO actuellement. Ce paragraphe n'est qu'un très rapide survol et n'a en aucun cas un caractère exhaustif. Nous nous arrêterons plus particulièrement sur la théorie de l'apprentissage collaboratif à la section suivante (2.4).

Les logiciels d'EAO sont particulièrement influencés par la pédagogie par objectifs (PPO) (Demazière & Dubuisson 1992). La notion d'objectif renvoie à une efficacité de la formation. L'apprenant doit maîtriser une série de notions ou de gestes à accomplir, qui sont fixés par avance et sont exposés clairement au début de chaque module de tutoriel, pour qu'il sache bien ce qu'on attend de lui et ce qu'il aura acquis à la fin du processus. Par ce biais, certains malentendus et certaines conceptions erronées seront évités.

Ces objectifs amènent à une gestion de l'éducation. Celle-ci doit pouvoir donner lieu à des comportements observables et à des résultats. On peut ramener la notion d'objectif à celle d'obstacle franchissable.

Il faut toutefois prendre garde à certains travers qui conduisent à trop morceler les connaissances, réduites à des phénomènes insignifiants qui font perdre de vue les fins globales de l'éducation. Les

objectifs doivent être graduels. Ils varient de la connaissance simple à la capacité de faire évoluer un outil, en passant par la capacité de discuter d'une notion et celle d'utiliser un outil.

D'autre part, il faut que les problématiques soient bien hiérarchisées et soient dotées d'un poids judicieux. De plus, suivant le type de présentation des connaissances, il faudra concevoir des modules totalement indépendants les uns des autres. En effet, si on ne connaît pas d'avance l'ordre dans lequel les différents modules seront abordés, il n'est pas possible de se baser sur des connaissances présentées ailleurs dans le logiciel.

Les nouvelles techniques appellent de nouvelles formes de pédagogie. Il est primordial d'aborder les problèmes à travers plusieurs approches différentes (Demaizière & Dubuisson 1992), comme l'induction, la déduction, la simplification, la généralisation. Les apprenants ont des styles cognitifs différents (visuel ou auditif, créatif ou associatif). Il faut donc varier la manière d'envisager un problème.

Essentielle pour assurer le succès d'un processus d'apprentissage, la participation de l'apprenant doit être souvent sollicitée. De spectateur d'un cours magistral, il doit devenir acteur. C'est ce qu'on appelle « *learning by doing* ». « *'Learning by doing' describes the process by which we come into knowledge of ourselves, of the world, and of our special talents as they relate to our potential contributions to society.* » (Barson 1999 : 11). Cet auteur montre les bénéfices de l'inventivité et de la créativité (v. aussi Mangenot 1998). L'action est dirigée en direction de buts clairs. Elle s'intègre dans la société. La motivation intrinsèque est grandement favorisée par un but à atteindre.

A côté des activités d'enseignement proprement dit, il est également nécessaire de favoriser l'apprentissage par induction (Mendelsohn & Jermann 1997: 27). L'apprenant, soumis à un pilotage plus ou moins lâche du système, explore un sujet. On l'aide à résoudre un problème plus ou moins réaliste et on le guide vers la solution. Cette situation amènera une motivation intrinsèque de l'apprenant. Par cette approche, on entraîne également des automatisme et une expertise vers la résolution de problèmes.

Ceci implique qu'un soin particulier soit apporté à l'interface et à la rétroaction (message affichés par l'ordinateur, pour expliquer une erreur, par exemple). Suivant le public cible, il faut adapter la forme des réponses. Par exemple, si un enfant lit la phrase «Je ne comprends pas ta réponse », il peut être induit en erreur, en croyant être face à une machine intelligente, alors que ce message signifie la plupart du temps que le concepteur n'a pas pris en compte cette réponse dans son diagnostic d'erreurs. Les messages indiquant une réponse erronée peuvent renvoyer à des sections du tutoriel.

2.4 La collaboration

Jusqu'à récemment, on croyait que l'apprentissage par ordinateur était plus efficace si l'apprenant était seul. Or Mendelsohn & Jermann (1997: 39) et Dillenbourg & al. (1996) citent une étude paa-

doxale de R. Pea, conduite en 1993, qui montre que des apprenants en tandem obtiennent des résultats supérieurs à ceux des apprenants qui résolvent un problème tout seuls. Cette expérience démontre la pertinence de la théorie de la collaboration, que nous allons résumer ci-après.

Devant un ordinateur ou devant une feuille de papier, les partenaires- en binômes ou dans des groupes plus grands- doivent construire ensemble un schéma commun pour avancer dans la résolution d'une tâche. Chaque étape du raisonnement est discutée, précisée, généralisée ou réfutée. Les étapes précédentes du raisonnement peuvent être mises en cause. Les apprenants doivent régler leurs désaccords pour arriver à un schéma mutuellement accepté.

Le fait d'expliquer une notion que l'on a comprise à quelqu'un d'autre, donc la nécessité de la verbaliser dans des termes accessibles, aide aussi à renforcer ses propres connaissances. L'apprenant est forcé de procéduraliser ses connaissances (Dillenbourg 1994). Il a en effet intégré des connaissances déclaratives et doit s'efforcer de les appliquer à un contexte précis en expliquant son raisonnement à un pair. Contraint d'expliquer l'implicite, il acquiert ainsi une connaissance plus explicite grâce à son intégration dans un contexte d'application (Dillenbourg & al. 1996). Ce phénomène est connu sous le terme de *self-explanation effect* (effet d'auto-explication).

La collaboration place la connaissance dans sa dimension sociale. A travers différents gestes, acquiescements etc., l'apprenant doit s'assurer que son partenaire a compris les grandes lignes de son raisonnement et qu'il l'accepte. En participant, les apprenants changent mutuellement leur perception d'un problème et de sa solution. Les apprenants confrontent et s'apportent mutuellement des hypothèses. Un apprenant sera mieux convaincu de la fausseté de son hypothèse si un partenaire lui en fournit une meilleure. Les apprenants intègrent mieux les explications si elles sont offertes dans une interaction avec des pairs. Finalement, dans l'apprentissage collaboratif, les apprenants se surveillent mutuellement.

Cependant, la collaboration n'est pas efficace dans tous les cas. Il faut notamment s'assurer de l'homogénéité des groupes (Dillenbourg & Schneider 1995). Les facteurs à prendre en compte sont le niveau de connaissance, l'âge, la taille du groupe et les différences entre participants au groupe. Les groupes les plus petits semblent plus efficaces. Ceci évite la mise à l'écart de certains individus.

La collaboration se passera mieux entre participants dont les niveaux ne sont pas trop différents. Entre apprenants à haut niveau de connaissance, le processus n'est pas très efficace, car les membres du groupe comptent sur le savoir de leurs partenaires. A l'inverse, les groupes composés uniquement d'apprenants de niveau faible ne fonctionneront pas bien, car ils ne pourront pas apporter de connaissances à leurs partenaires.

La collaboration peut être facilitée par la distribution de l'information aux participants. Ainsi, les pièces du puzzle sont distribuées et chacun doit mettre à disposition une information indispensable à la résolution du problème (Dillenbourg & Schneider 1995).

Lorsque des apprenants collaborent, ils partagent la charge cognitive. L'un d'eux est concentré sur une tâche devant l'ordinateur, occupé à maîtriser une tâche technique telle que la frappe du clavier ou la manipulation de la souris. L'autre apprenant est libéré du contrôle de ses gestes et de l'action et peut se concentrer sur les effets des actions de son partenaire et proposer une remédiation en cas d'erreur. Cette distribution des tâches sert à renforcer l'aspect exécutif et l'aspect régulateur (Dillenbourg & al. 1996). Lorsque deux personnes rédigent un texte, celle qui est au clavier doit se concentrer sur la frappe des bonnes touches, sur l'assemblage des lettres pour former un mot, sur une mise en forme etc. L'autre personne peut se concentrer sur les tâches de haut niveau, sur le fond du texte, sur l'orthographe et la syntaxe etc. Dans une tâche d'apprentissage, ceci implique aussi un échange plus fréquent des rôles.

Enfin, la collaboration peut varier avec la tâche à réaliser. Tantôt, les participants travailleront chacun de leur côté et pourront ensuite rassembler leurs résultats. Tantôt, ils devront collaborer tout au long de l'activité.

Terminons par une considération sur la conception d'applications destinées à l'apprentissage collaboratif par ordinateur. On l'a vu, le bénéfice de la collaboration provient essentiellement de l'interaction entre partenaires. C'est pourquoi le système ne doit pas fournir de feed-back immédiat, pour faciliter cette discussion entre partenaires (Dillenbourg & al. 1996). Ensuite, à la fin, des explications détaillées pourraient résumer pourquoi la tâche a été réussie ou non. Nous examinerons au cours de ce travail quelques moyens de faciliter la collaboration: les MOO (par. 2.9.5.1), les logiciels de communication (par.2.9.3) et le Groupware (par. 2.9.5.3).

2.5 Principes de conception d'un didacticiel

Nous allons présenter maintenant une méthode de réalisation d'un logiciel d'EAO parmi d'autres, essentiellement basée sur Demaizière & Dubuisson (1992). Cette méthode est avant tout valable au niveau d'un didacticiel. Il nous a paru pertinent d'aborder cette question, car elle permet d'aborder une méthodologie de conception et de pointer sur certaines erreurs fréquemment commises par les concepteurs de logiciels.

Il est tout d'abord nécessaire de bien définir les tâches au sein de l'équipe de conception. On retrouve en effet côte à côte des pédagogues, des spécialistes de l'EAO, des graphistes et des informaticiens. Un chef de projet doit être désigné, qui gérera le budget et les différentes échéances, gardera une vision d'ensemble et pourra trancher en cas de divergence de vue entre les différents concepteurs.

Les différents intervenants dans le processus de formation doivent être consultés, tant les formateurs que le public cible. C'est la meilleure garantie que le projet sera bien accepté et que l'introduction du logiciel sera fructueuse et productive.

Un concept sur papier doit être réalisé avant toute chose. Le public cible, les prérequis et les objectifs à réaliser doivent être explicités en détail, ainsi que les notions qui seront abordées et celles qui ont été écartées. Il faut également prendre en compte la durée de formation prévue, ainsi que les conditions matérielles (support informatique, lieu de la formation...).

La première version du concept doit être sous forme d'un scénario. Ce concept doit déjà être testé, si possible par un testeur candide. Celui-ci, sur papier, doit déjà essayer de résoudre les exercices, ce qui est utile pour détecter des erreurs possibles qu'on n'avait pas envisagées.

Puis on réalisera une maquette complète et détaillée, utilisant éventuellement des conventions schématiques et des abréviations. La maquette inclura les interactions, le contenu des tutoriels, le nombre d'essais possibles etc.

C'est elle qui servira de base aux informaticiens pour la réalisation concrète. Une pré-version du logiciel peut être testée. Cette étape servira à vérifier que l'interface est réellement fonctionnelle et que les apprenants arrivent à se débrouiller correctement.

Dillenbourg (1993) met en évidence trois erreurs typiques commises par les concepteurs de logiciels. Ces erreurs sont bien connues par les spécialistes, mais les nouvelles technologies facilitent tellement la conception de logiciels que de nombreux logiciels ou applications sont créés en ignorant tout des recherches déjà menées dans le domaine et des tares à éviter.

Tout d'abord, un logiciel ne doit pas être conçu de la même manière qu'un livre. Pour que les connaissances soient acquises, il faut aussi qu'elles fassent l'objet d'un entraînement et d'un apprentissage. Il faut que l'apprenant ait un problème à résoudre.

La seconde erreur est de croire qu'une bonne présentation animée est suffisante pour un apprentissage. Certes, une formation théorique de base est souvent nécessaire pour comprendre certains phénomènes. Mais ensuite, il faut que l'apprenant s'entraîne à réaliser une tâche. La qualité d'un cours ne se mesure pas à la quantité d'informations qu'un apprenant est capable de régurgiter à l'issue d'un cours. A travers les activités, on s'assure que des capacités et des automatismes soient acquis. L'apprenant doit être capable ensuite, dans sa vie de tous les jours, de réaliser une tâche sans commettre d'erreur.

La troisième erreur est de ne pas entraîner le transfert de connaissances, c'est-à-dire l'application des connaissances dans un autre contexte plus ou moins différent. Il faut donc varier les contextes pour que les apprenants puissent différencier les compétences générales des compétences particulières liées à une application spécifique. Un expert est capable de généraliser ses connaissances et d'identifier les capacités spécifiques à la tâche. Dillenbourg (1993) donne comme exemple un pilote entraîné à voler sur un tel type d'avion et qui doit apprendre à connaître un nouveau modèle avant de pouvoir voler sur cet appareil.

En résumé, Dillenbourg (1993) donne l'image d'un logiciel d'EAO idéal il devra entraîner les apprenants dans un contexte aussi proche de la réalité que possible, avec des tâches réalistes. Les débutants seront d'abord entraînés à résoudre des tâches partielles ou plus faciles, puis des paramètres seront rajoutés au fur et à mesure. Les apprenants doivent percevoir du premier coup l'utilité des activités.

Revenons maintenant à la dernière étape dans la création d'un logiciel. Avant une diffusion à large échelle, un test impliquant le plus de personnes possible doit être réalisé pour détecter les erreurs éventuelles.

Le suivi doit être assuré, par un service de maintenance. Celui-ci pourra également corriger les défauts de jeunesse du logiciel. Il pourra également recueillir les diverses réactions après l'introduction du logiciel sur une plus large échelle que lors des tests et dans des conditions d'utilisation réelle.

Il est nécessaire de prévoir une bonne documentation. Celle-ci doit concerner l'installation du logiciel, ainsi que son utilisation. Il faudra penser aux textes annexes éventuellement nécessaires à l'apprenant. Pour l'enseignant, des indications pédagogiques devront être fournies. Enfin, si le logiciel doit être commercialisé, un emballage clair devra expliciter le contenu du logiciel et le public visé.

2.6 Systèmes hypertextes

Les systèmes hypertextes (ou hypertextes) sont des systèmes informatiques gérant des ensembles de textes sous forme électronique, où le lecteur peut, à travers des instruments de navigation, parcourir librement leur contenu de manière non linéaire. Certains hypertextes peuvent être comparés à une encyclopédie qui gère de nombreux renvois (Demaizière & Dubuisson 1992).

Dans les applications d'apprentissage par ordinateur, on utilise les hypertextes de deux manières. D'une part, les tutoriels sont souvent présentés avec des hypertextes. D'autre part, les hypertextes sont utilisés comme systèmes d'aide pour les exercices, soit dans des rétroactions correctives, soit comme aide à la résolution d'un problème. Certains systèmes combinent les deux approches en utilisant les tutoriels comme aide et comme explication des corrections pour les activités et les exercices.

L'instrument de navigation privilégié est le lien: il s'agit d'un mot ou un groupe de mots marqués typographiquement dans le texte, que l'utilisateur peut cliquer avec la souris de son ordinateur cette opération ouvre alors un autre texte ou affiche une autre partie du même texte qui traite de la notion exprimée par le lien. Autrement dit, les liens renvoient à des textes ou des parties de textes qui expliquent d'autres notions.

Un système hypertexte peut prévoir plusieurs types de lien. Ils peuvent renvoyer par exemple à des notions proches ou éloignées. Ils peuvent être différenciés par une typographie variée. Les docu-

ments peuvent s'afficher dans la même fenêtre ou dans des fenêtres différentes. On peut travailler également avec des cadres dans la fenêtre. En outre, certains systèmes marquent les liens qui ont déjà été visités par un changement de couleur.

Comme exemples de systèmes hypertextes connus, on peut citer l'aide en ligne des programmes tournant sous les systèmes d'exploitation Windows et Mac OS, et le système de navigation sur le réseau Internet, le *World Wide Web*.

Les autres instruments de navigation possibles sont notamment:

- ◆ les boutons pointant sur les pages suivante, précédente et supérieure dans la hiérarchie des documents. Ce mode de lecture réintroduit une linéarité dans l'hypertexte, selon une logique structurée.
- ◆ les boutons renvoyant aux pages suivantes et précédentes, selon l'ordre où le lecteur les a consultées. Ceci fait appel à l'historique de la lecture.
- ◆ les menus d'index: on peut renvoyer à plusieurs notions avoisinantes, en cliquant sur un lien ou en faisant appel à un menu.
- ◆ les liens faisant apparaître des petits textes superposés au dessus du texte principal, et qui contiennent par exemple de courtes explications ou définitions. Ce type de lien s'apparente aux notes de bas de page d'un texte imprimé.
- ◆ les signets et les annotations : le lecteur peut marquer une page où il compte revenir ou qui est importante. Il peut aussi prendre des notes qui sont conservées par le système.
- ◆ les cartes ou les représentations hiérarchiques, qui présentent une vue d'ensemble du contenu du système.

Les hypertextes sont essentiellement utilisés pour présenter de la documentation ou des tutoriels. Ceux-ci ont généralement plusieurs points d'entrée, laissant le choix à l'apprenant. Les hypertextes travaillent par association d'idées et reproduisent le fonctionnement de la mémoire associative humaine.

On trouve différentes architectures d'hypertextes. Parmi elles, citons l'architecture hiérarchique et l'architecture en réseaux. L'architecture hiérarchique distingue différents niveaux de documents, à différents niveaux de profondeur. On aborde par exemple une notion à différents niveaux de profondeur. Cette architecture est plus proche d'un livre. L'architecture par réseaux présente des notions reliées entre elles à la manière d'une toile avec de nombreux liens. Ceci implique de présenter des notions de manière synthétique, à l'aide de textes courts. Dans ce cas, l'aide d'une carte est appréciable, car elle permet de visualiser ces liens entre notions.

Dans les tutoriels hypertextes, le cheminement à travers les pages est possible selon plusieurs modes. Le système peut avoir la primauté et guider l'apprenant vers certaines notions plutôt que

d'autres. A l'inverse, l'apprenant peut avoir la main, et le système ne fait que suggérer certains liens plutôt que d'autres.

Enfin, d'autres systèmes moins sophistiqués n'ont pas ou presque pas de contrôle sur la navigation de l'apprenant. L'apprenant peut acquérir des prérequis, approfondir certaines notions et passer plus rapidement sur d'autres.

Certains logiciels peuvent se baser sur des hypertextes dynamiques. On utilise alors des techniques d'intelligence artificielle (voir chapitre 3). Le but de l'apprenant est calculé et des liens lui sont proposés, en tenant compte du parcours déjà effectué. Des documents obligatoires (autrement dit des passages obligés) peuvent être définis. Le parcours peut être jalonné d'exercices en cours de route.

Certains hypertextes peuvent conduire à un « hyperchaos ». L'apprenant est vite perdu et éloigné du sujet initial. La solution peut être une aide à la navigation, sous la forme d'une carte par exemple. Le marquage des pages sur lesquelles on compte revenir est une autre solution envisageable. L'apprenant peut accorder une trop grande attention aux choix de navigation, au détriment du contenu même du didacticiel. L'apprenant doit gérer une trop grande masse d'informations qui ne sont pas liées à l'apprentissage et qui encombrant la mémoire à court terme. Ainsi, il ne peut pas apprendre ou faire les activités d'apprentissage nécessaires. C'est ce que les psychologues appellent charge cognitive. Comme solution, d'aucuns prônent de ne pas laisser une trop grande liberté à l'apprenant.

Pour construire un bon hypertexte, il faut concevoir une structure de documents adaptée pour ce type de navigation et à la fonction de ces textes. On ne réalisera pas. Les liens doivent être pertinents et de types variés, selon le type d'information auquel ils font référence. Les textes doivent être formatés en tenant compte de l'unité de l'écran et de l'agencement des images avec le texte et du rapport entre texte et image. Un trop long texte ne sera pas lu à l'écran.

Enfin, pour conclure, comme nous l'avons déjà vu au paragraphe 2.3, l'apprentissage ne doit pas être un processus passif. Il sera efficace si l'apprenant doit réaliser des activités. Dès lors, un tutoriel hypertexte devrait être associé régulièrement à des exercices pour favoriser l'acquisition des connaissances présentées.

2.7 Exercices

Comme nous l'avons vu au paragraphe 2.2, les exercices peuvent être conçus de diverses manières. On retrouve les traditionnels questionnaires à choix multiples, qui ont l'avantage d'être faciles à implémenter dans un logiciel et faciles à corriger de manière automatique. Pour être pertinents et efficaces, il faut prendre soin de bien rédiger les différentes réponses possibles, qui ne doivent varier que de quelques détails. On voit encore trop souvent des questionnaires mal rédigés, où l'apprenant peut immédiatement rejeter les réponses les plus farfelues. En outre, les réponses doivent être équilibrées, avec un commentaire adéquat.

On trouve également les exercices où il faut remplir des trous, en mettant par exemple des verbes au bon temps, au bon mode et à la bonne personne. La correction automatique de ce type de test est légèrement plus compliquée, car elle peut par exemple faire appel à un petit analyseur morphologique de conjugaison. Citons aussi les classements de mots, les exercices de vocabulaire, les graphiques où il faut pointer sur un objet désigné, les graphiques animés où il faut faire une action telle que déplacer des objets etc. Pour l'enseignant, ce type d'exercice peut être facile à créer, pour autant qu'il dispose d'outils de création adéquats et simple à utiliser.

Mais, dans le cadre l'enseignement d'une langue, il est important d'avoir à disposition des exercices où l'élève rédige librement sa réponse (questions ouvertes). Là, le défi est plus grand. La plupart des logiciels proposent la technique de la reconnaissance de forme (*pattern matching*). Le concepteur donne une phrase entière à reproduire, ou des éléments de phrase qui doivent obligatoirement se trouver dans la réponse. Il est difficile d'évaluer l'exactitude des réponses. L'élève peut commettre une erreur qui n'a pas été prise en compte. Il peut même essayer de tromper l'ordinateur. Les exercices à réponses ouvertes sont encore peu courants. La section 3 aborde les solutions que l'on peut apporter.

2.8 Micromondes

Les micromondes sont des environnements graphiques, généralement à but éducatif. Ils permettent à l'apprenant d'apprendre en explorant dans un espace virtuel, ou encore de faire des expériences.

Winograd (1972) a conçu un micromonde textuel très simple qui permettait de manipuler des objets géométriques en utilisant des commandes en langage naturel. Une interface sémantique permettait de contrôler la validité des commandes.

Le logiciel *LOGO* (Mendelsohn & Jermann 1997: 34) est le premier micromonde à large diffusion lancé au début des années 80. Son but était de faire découvrir des notions d'orientation géométriques dans le plan d'une part, et de l'autre d'apprendre à résoudre des problèmes en les subdivisant en tâches. Concrètement, il s'agissait de faire se déplacer une tortue, qui pouvait dessiner en laissant une trace sur son passage en se déplaçant. A l'aide de commandes simples, l'apprenant était invité à réaliser différentes figures, en subdivisant les problèmes en sous-tâches. Ainsi, il pouvait programmer des procédures et les insérer dans des boucles d'itération et dans des instructions conditionnelles. Son application a suscité de grands espoirs, mais contrairement aux attentes des psychologues et pédagogues, les apprenants ne transféraient pas leurs connaissances à d'autres domaines.

Le micromonde *Eurêka*, qui est destiné à faire découvrir des notions de physique et de mathématiques, est un environnement graphique beaucoup plus récent et évolué. L'apprenant peut construire des circuits logiques pour résoudre des problèmes à l'aide d'objets qu'il doit placer sur un espace de travail et relier entre eux. Certains objets permettent de placer des nombres, soit fixes, soit entrés par l'utilisateur, ou encore générés aléatoirement. D'autres permettent de faire des combinaisons logiques

(et / ou). D'autres encore font découvrir les notions physiques d'accélération et de pesanteur. Cet environnement est très ludique. L'apprenant dispose d'une série d'exemples fournis avec le logiciel, où il doit par exemple relier entre eux des éléments logiques pour résoudre un problème. Un enseignant peut en construire d'autres, ou encore laisser l'apprenant construire ses propres circuits. *Eurêka* est un outil puissant et ludique, qui offre une large variété d'applications.

Les micromondes sont également utilisés pour d'autres applications éducatives. Ils permettent de cadrer l'activité des apprenants en leur faisant remplir un but dans un monde graphique. On reviendra sur l'utilité des micromondes dans le cadre de l'apprentissage des langues.

2.9 Le réseau Internet

Le réseau Internet est devenu une ressource très importante dans l'enseignement. Nous nous intéresserons tout d'abord à Internet comme ressource éducative en général. Puis nous verrons comment utiliser les outils de communication offerts par ce réseau. Nous examinerons ensuite différentes techniques utilisées pour rendre le réseau plus interactif, ce qui est important pour des applications éducatives. Enfin, nous nous pencherons sur quelques logiciels utilisés pour l'enseignement sur Internet et sur les perspectives qu'ils offrent.

2.9.1 Internet comme ressource éducative

Né dans les années soixante, le réseau informatique mondial Internet a ouvert des pistes insondées dans le monde de la communication. Des milliers d'ordinateurs étaient reliés entre eux, avant tout dans le but de l'échange de données scientifiques. C'est en 1989 qu'est né le *World Wide Web* (ou Web) au Centre Européen de Recherche Nucléaire (CERN) près de Genève, dans le but de présenter des recherches et des textes scientifiques dans un format commun. Les documents du Web sont reliés entre eux par la technologie des hypertextes.

Avec l'introduction des ordinateurs personnels multimédias, qui sont capables d'afficher des images en couleur de haute résolution, de jouer des sons ou des vidéos, le Web s'est très rapidement transformé en un moyen de communication moderne. On trouve des programmes permettant de transformer un ordinateur en serveur web pour les gros systèmes comme pour les ordinateurs personnels. Il suffit que l'ordinateur ait accès au réseau et reste allumé de manière permanente.

Le monde économique a tôt fait de s'emparer du Web, qui est aujourd'hui en croissance très rapide. Le monde de l'éducation, à tous les niveaux, n'est pas resté à l'écart. On trouve bien entendu des cours sur Internet, des journaux de classe, des expositions de travaux d'élèves etc. On y trouve relativement facilement toutes sortes d'informations utiles, à divers niveaux de complexité et de vulgarisation. Les élèves peuvent facilement trouver des sources pour leurs exposés. Les enseignants y

trouvent également leur compte, car ils peuvent partager facilement leurs outils et leurs produits pédagogiques, parfois au-delà des frontières et des langues.

Lorsqu'il utilise Internet pour son enseignement, le professeur change de rôle. Il devient un facilitateur³, qui doit guider ses élèves dans leur exploration et leur recherche de documents, les aider à rédiger des textes pour des journaux de classe ou pour des échanges de messages électroniques etc. Il n'est plus le seul détenteur du savoir mais doit ouvrir des pistes pour que les élèves découvrent par eux-mêmes.

En revanche, la qualité des documents sur le Web n'est pas garantie. En premier lieu, il peut arriver de trouver des erreurs grossières ou des affirmations farfelues dans le traitement d'un sujet. En ce qui concerne l'apprentissage des langues, les erreurs orthographiques et syntaxiques sont légion. Un apprenant qui doit trouver des informations pour un travail peut être induit en erreur.

2.9.2 Avantages et inconvénients du code HTML

Les textes sur le réseau Internet sont formatés à l'aide d'un code simple, nommé *Hypertext Markup Language* (HTML). Le code HTML présente quatre avantages majeurs:

- ◆ il est très simple à apprendre. Le formatage de base des textes est basé sur une vingtaine de balises⁴ de base, auxquelles se sont ajoutées au fil du temps une série d'autres balises pour des fonctions plus évoluées. Ce code est économe en place sur le disque, ce qui garantit également un transfert du texte rapide sur le réseau.
- ◆ il est basé sur du simple texte. Une page Web peut donc être créée avec n'importe quel éditeur de texte.
- ◆ il est indépendant des plates-formes ou systèmes d'exploitation. Ainsi, peu importe que l'on utilise une machine UNIX, un Macintosh, un PC ou même un agenda électronique de poche pour rédiger des textes.
- ◆ il permet de réunir des documents dans une même page, de provenance différente (différents serveurs sur Internet) et de nature différente (texte, images, images animées, vidéos, programmes etc.).

Le Web permet d'utiliser plusieurs formats d'images qui offrent différentes résolutions. Le format GIF, très répandu, permet de créer des images animées. C'est ainsi que l'on trouve de petites images animées humoristiques, ou des bandeaux publicitaires. Du côté de l'éducation, on peut facilement créer des images animées illustrant des points scientifiques. Par exemple, la mitose cellulaire sera bien mieux assimilée par les élèves à l'aide d'une animation que par des dessins des différentes ét-

³ Ce terme un peu barbare est tiré de l'anglais « *facilitator* ».

⁴ Les balises - en anglais tags - sont des codes entre deux crochets et qui délimitent la portée d'une mise en forme. Ex : le tag détermine le début d'un texte en gras et la fin de ce texte.

pes successives. Même des points grammaticaux, comme le passage d'une phrase de l'actif au passif, peuvent être illustrés par des images.

Comme inconvénients, nous signalerons avant tout le peu de possibilités offertes par le système de navigation. Les liens multiples et les liens pour textes courts (Cf. par. 2.6) n'existent pas. Les signets sont gérés par les logiciels de navigation. On peut toutefois offrir de bons systèmes de navigation à l'aide de pages à cadres multiples.

2.9.3 Communication accrue: E-mail, conférences, forums

Internet a notamment révolutionné les contacts entre classes. Il est notamment beaucoup plus facile de contacter avec des locuteurs de la langue que l'on apprend. Des échanges peuvent avoir lieu entre des classes qui pratiquent la même langue, ou qui apprennent chacune la langue de l'autre. Nous considérerons trois types de communication : le courrier électronique, les outils de conférence et les forums.

2.9.3.1 Le courrier électronique

Le courrier électronique (E-mail, courriel, ou méf) est le moyen le plus répandu pour correspondre. Il permet un échange asynchrone, c'est-à-dire que le destinataire du message ne reçoit pas le message instantanément. Le coût est modique, car il ne nécessite pas une connexion permanente sur le réseau. Il suffit de se connecter pour envoyer et recevoir des messages. Holliday (1999) ou encore Lamy & Goodfellow (1998) constatent que les apprenants utilisant le courrier électronique sont plus attentifs à la qualité du message (orthographe, syntaxe) que lors d'exercices plus classiques. Pourtant, le style des messages sur le réseau tend à être moins formel et plus proche de la langue parlée que celui des textes plus traditionnels sur papier.

Dans le cas d'échanges bilingues, ce système sera certainement plus bénéfique pour l'acquisition d'une langue si l'apprenant dialogue dans la langue de son interlocuteur (Woodin 1997). L'apprenant peut corriger les erreurs de son interlocuteur, endossant le rôle motivant du maître. S'il utilise sa propre langue, il devra soigner son expression. Donaldson & Kötter (1999) constatent que les apprenants bénéficient beaucoup de ce type d'échange. Ils utilisent des stratégies intelligentes pour combler leurs lacunes : utilisation de paraphrases, substitution de mots inconnus dans la langue seconde par le mot dans sa propre langue etc.

Un autre type d'utilisation de l'E-mail a été expérimenté par Aitsiselmi (1999): les apprenants écrivent à leur enseignant, qui leur répond en tenant compte du contenu et non pas de la forme. Il est important que cet exercice ne soit pas évalué. Le professeur, dans sa réponse, corrige les tournures incorrectes de l'apprenant en reprenant la bonne forme dans son propre texte, sans avoir l'air de

⁵ Abréviations respectives de courrier électronique et message(rie) électronique.

corriger. Cette manière de faire est plus efficace qu'une correction de type scolaire. Cet échange authentique semble avoir des effets positifs pour l'apprentissage.

Holliday (1999) prône l'utilisation de listes de distribution, où les abonnés reçoivent tous les E-mails envoyés. Il constate un bénéfice de tels échanges tant par la pratique de la lecture que celle de l'écriture. Manganot (1998) constate qu'il faut que des animateurs proposent des thèmes pour relancer les discussions qui ont tendance à s'essouffler.

Paramskas (1999) prône que cet exercice ne soit offert qu'à des apprenants de niveau moyen à avancé, dont les deux groupes sont homogènes. Sinon, la qualité de l'échange risque d'être peu motivante et lassante.

2.9.3.2 Les outils de conférence

Les outils de conférence permettent un échange synchrone, en direct. On les connaît mieux sous les anglicismes d'IRC (*Internet Relay Client*) ou de *chat*. Les utilisateurs peuvent se connecter sur un serveur, soit à l'aide d'un logiciel spécialisé tel qu'ICQ⁶, soit à l'aide d'un simple navigateur. Ils peuvent se choisir un pseudonyme et contacter ensuite un ou plusieurs utilisateurs. Le rythme de l'échange doit être rapide. Les phrases sont courtes et l'orthographe est parfois simplifiée (Manganot 1998)⁷. On peut attendre une forte motivation de l'apprenant, car le dialogue en direct a un aspect ludique certain. Au niveau de la communication, les malentendus sont plus facilement résolus.

Par contre, ce type de dialogue est peu contrôlable par l'enseignant, car les courts messages s'affichent à un rythme très soutenu (Paramskas 1999). L'apprenant qui a une bonne vitesse de frappe au clavier et connaît bien certaines abréviations accaparera la conversation. Enfin les coûts de connexion sont un obstacle assez fort à l'utilisation massive de ce type d'outil.

Avec l'accroissement de la bande passante d'Internet, on trouve maintenant des outils de téléphonie sur Internet. Ainsi, on peut converser avec un interlocuteur lointain en se connectant sur un serveur, pour une qualité de communication qui n'est pas encore optimale. Il existe également des versions multi-utilisateurs. Les logiciels permettent de demander son tour de parole. L'étude de Kötter, Shield & Stevens (1999) montre que l'utilisation de tels outils augmente la capacité de parole.

Enfin Manganot (1998) propose une utilisation originale. Les apprenants conversent pour inventer ensemble une histoire. Ceci nécessite l'intervention d'un animateur pour relancer le dialogue, trancher entre plusieurs scénarios etc.

⁶ ICQ, prononcé à l'anglaise, est une écriture simplifiée de "*I seek you*" (je te cherche).

⁷ On trouve par exemple des abréviations comme "C koi" pour "C'est quoi" etc.

2.9.3.3 Les forums

Les forums sont des groupes de discussion sur un sujet spécifique, où un utilisateur peut poser une question ou donner son avis, qui sera lisible par tous les autres utilisateurs. Certains forums, correspondant à la norme *Usenet*, sont disponibles pour tout le monde Internet, et lisibles à l'aide des navigateurs principaux. On peut citer le serveur de l'Université de Genève, accessible à l'adresse news.unige.ch. Des forums de type *Usenet* ne sont ouverts que sur abonnement ou inscription préalable.

Par ailleurs, on trouve des applications spécifiques qui sont accessibles à travers des serveurs web. Elles sont dédiées à un sujet ou un type d'utilisation particulier, entre autres à l'enseignement. Il existe également des groupes de discussions sur énormément de sujets: des grands sujets de société, des communautés d'utilisateurs de tel logiciel ou tel jeu, des communautés de programmeurs informatiques d'un certain langage sur une plate-forme spécifique, des groupes de scientifiques travaillant sur un sujet etc. Dans la plupart des groupes, on obtient très rapidement la solution ou une piste pour résoudre un problème. L'anglais est bien entendu la langue dominante, mais des groupes par pays ou par langue existent également.

Les discussions sont organisés en fils.⁸ Les réponses à la question sont affichées à la suite de la question, généralement dans une hiérarchie arborescente, puis les réponses aux réponses et ainsi de suite.

L'intérêt dans le domaine pédagogique réside dans le fait que les élèves peuvent collaborer entre eux (v. par. 2.4). L'échange est asynchrone mais permet le contact avec plus d'élèves que lors de l'échange d'E-mails avec un seul interlocuteur. Paramskas (1999) déplore, dans les forums ouverts sur Usenet, la perturbation par des messages publicitaires et pornographiques.⁹ Il n'y a pas ce type d'inconvénient avec des forums sur abonnement.

Lamy et Goodfellow (1998) appellent « conversations réflexives » le type de conversation des forums. Ils constatent que ce type d'échange dans le cadre de l'apprentissage des langues a plus d'avantages que les conversations par *chat* ou les monologues des échanges par E-mail. Ils se basent sur une expérience d'échanges entre apprenants de langue étrangère, sans intervention d'un locuteur natif. Les conversations réflexives permettent de négocier le sens des termes utilisés. Elles assurent davantage de soin porté à la forme. Par l'intervention de nombreux acteurs, la durée des échanges est garantie.

⁸ En anglais *threads*.

⁹ Cette pratique est appelée *spamming*. Des entreprises récupèrent également les adresses électroniques des utilisateurs d'Usenet à l'aide de moteurs de recherche et les utilisent à des fins publicitaires ou les vendent à d'autres entreprises.

2.9.3.4 Bénéfice des échanges sur Internet

De manière générale pour ces trois types d'outils, la qualité de l'échange dépend notamment du rythme. Dans tous les cas de figure présentés ici, si les messages sont fréquents, la motivation de l'apprenant aura tendance à être plus grande et le bénéfice de l'exercice sera plus grand.

Pour l'instant, l'usage en milieu scolaire n'en est qu'à ses balbutiements. En effet, les écoles ne disposent pas souvent d'ordinateurs connectés au réseau. Souvent, il y a un seul ordinateur par classe. Les coûts de connexion risquent de limiter fortement l'expérience. Si l'école dispose d'une salle d'informatique, celle-ci sera consacrée en priorité à l'enseignement de l'utilisation des ordinateurs, et pas à l'apprentissage des langues. Avec la baisse des coûts de matériel et de connexion, et avec l'entrée progressive de l'ordinateur dans l'enseignement, ces barrières tomberont progressivement.

2.9.4 Internet interactif

Quasi statique à la naissance, le Web a évolué vers une interactivité toujours plus grande. Cette section va passer en revue brièvement quelques techniques, en pensant particulièrement aux applications éducatives.

2.9.4.1 Les CGI

CGI est l'acronyme de *Common Gateway Interface*. C'est un protocole utilisé dès les débuts d'Internet et qui permet une interactivité minimale avec un programme. Un serveur Web envoie une requête à un programme et le programme produit en retour une page HTML. Le programme peut recevoir une commande de l'utilisateur, par exemple, une requête pour une base de données.

Peu importe la plate-forme informatique et le langage utilisés pour développer le programme. Il suffit de respecter les normes d'entrée et de sortie du format CGI. C'est ainsi que l'on trouve des programmes en Perl, en C, C++, Modula-2 etc. Dans les applications éducatives, un dictionnaire électronique simple ou des analyseurs syntaxiques pourront utiliser cette technologie.

Pour garder une trace des utilisateurs, les programmes CGI ont plusieurs solutions, dont nous examinerons deux en particulier: soit ils identifient l'utilisateur à l'aide de l'adresse de son ordinateur. Cette technique n'est pas toujours utilisable, pour diverses raisons qu'il n'y a pas lieu de développer ici. Alors les serveurs Web peuvent envoyer au browser de l'utilisateur un très petit fichier contenant quelques informations (nom, score, nombre d'accès à une page etc.). Si l'utilisateur consulte une autre page du serveur, soit lors de la même session, soit plus tard, le serveur pourra récupérer ce petit fichier et lire les informations. Ces petits fichiers sont connus sous le nom de *cookies*. Ils peuvent avoir une durée de conservation limitée ou non. Ainsi, par ce simple biais, un serveur sur lequel vous vous

connectez souvent peut garder vos coordonnées. Dans le cas d'applications éducatives, l'ordinateur peut garder des scores en mémoire, conserver le chemin parcouru etc.

2.9.4.2 Javascript

Javascript est un véritable langage de programmation à puissance un peu limitée. Il n'a rien à voir avec le langage de programmation Java qui sera présenté plus loin. La seule caractéristique commune de Java et Javascript est la syntaxe qui est proche du langage C.

Le code du programme est directement écrit dans une page Web ou inclus par un lien. Ce langage est utilisé pour les menus animés, lorsque l'image change quand le curseur de la souris passe dessus, pour faire des textes qui défilent etc.

Ce langage peut aussi déterminer les formats d'affichage d'une page selon la marque et la version du navigateur utilisé. En effet, les techniques évoluent très vite, et de nouvelles balises sont introduites unilatéralement par les développeurs des grands programmes de navigation sur le Web (browsers, butineurs ou navigateurs) Internet Explorer et Netscape Communicator, avant même que l'organisation de validation ait entériné les nouveautés. De nouvelles versions des browsers sortent à un rythme très soutenu, et les pages de certains sites Web qui utilisent une mise en page compliquée doivent être adaptées au navigateur par du code Javascript intégré à la page.

Une autre application de Javascript est de vérifier les entrées de formulaires. Ainsi, lorsqu'on a oublié de remplir un champ obligatoire d'un formulaire, un message d'erreur peut être affiché avant que la requête du formulaire soit envoyée à un programme CGI.

Ces fonctions peuvent être aussi utilisées pour corriger des exercices. Une fois que la page a été chargée sur l'ordinateur de l'apprenant, il n'y a plus besoin de communication sur le réseau et la correction automatique est effectuée en local. A l'aide d'une seule page, on peut imaginer une série de questions dotées d'un score, qui seraient affichées les unes après les autres. Il n'y a aucun moyen de garder l'information du score d'un apprenant, sauf si on combine Javascript avec une autre technique.

2.9.4.3 Les outils de script intégré dans une page

D'autres langages de programmation permettent d'intégrer des lignes de commande directement dans une page HTML.¹⁰ Ces pages sont alors interprétées par le serveur au moment où elles sont demandées, au contraire de Javascript, qui est interprété au niveau du navigateur sur Internet.

Parmi ces langages, nous pouvons citer PhP (*Hypertext preprocessor*), ASP, Cold Fusion ou JSP. Nous traiterons de JSP à la section 2.9.4.4 consacrée à Java.

¹⁰ On appelle cette technique *HTML-embedded scripting*.

Un des avantages principaux de ces outils est d'offrir une interface avec des bases de données de type MySQL ou Oracle. Par l'accès à une base de données, les pages peuvent être facilement actualisées et adaptées au type d'utilisateur qui les consulte.

Dans le domaine de l'éducation, des sites interactifs peuvent être élaborés et gérés par des professeurs, même s'ils connaissent peu en programmation et en HTML. La gestion des élèves est possible par l'attribution de noms d'utilisateurs, de mots de passe etc. Tous les résultats, les pages parcourues, le temps passé à les consulter etc. peuvent être gardés dans une base de données.

2.9.4.4 Java

Java est un nouveau langage orienté objet, né en 1995 et promis à un bel avenir. Il s'agit d'un langage procédural qui doit être compilé. L'originalité de Java est que le produit de cette compilation peut être exécuté sur n'importe quelle plate-forme par une machine virtuelle qui l'interprète.

Des classes standard pour l'interface sont développées par des communautés de développeurs dans le monde et sont utilisables par tous les programmeurs. Cette grande communauté d'utilisateurs est un des grands atouts du langage Java.

Java offre une interface standard nommée *Swing*. Ceci permet de construire des applications complètes avec des menus déroulants, des vues arborescentes etc. et de les mettre à disposition sur le réseau.

Cependant, le code produit pour les machines virtuelles n'est guère optimisé ni efficace, et un programme Java est moins rapide que son équivalent écrit dans un langage de programmation classique comme C++ ou Delphi. Ces critiques prêtent à une controverse dont nous ne parlerons pas ici.

Des programmes Java peuvent être inclus dans une page Web, où une zone est définie pour accueillir une application Java. On les appelle alors des Applets. Les browsers les plus récents ont une machine virtuelle Java intégrée.

Malheureusement, avec la complexité croissante des applications, il faut patienter longtemps pour que la machine virtuelle Java fonctionne et que le code soit chargé depuis le serveur. Les Applets Java n'ont pas le droit d'écrire sur l'ordinateur client. En revanche, elles peuvent communiquer avec un serveur. L'interface des Applets est très puissante. On peut créer des programmes de dessin, glisser et déplacer des objets, et créer des applications fortement interactives et dynamiques. Pour l'apprentissage des langues, on peut imaginer des exercices très élaborés.

Les Servlets sont une autre utilisation de possible de Java. Le code est compilé et exécuté sur le serveur. Enfin, Java permet aussi une approche mixte, comme PHP, avec JHTML et JSP, qui sont deux langages de scripting. Les pages sont alors compilées et exécutées sur le serveur. Les fonctionnalités sont limitées par rapport au langage Java.

2.9.4.5 Les plugins

Les *plugins* sont des programmes qui ajoutent des fonctionnalités aux navigateurs pour utiliser des applications particulières. On en trouve un très grand nombre sur Internet. Parmi les plus populaires, citons *Quicktime* pour la vidéo, *Real Player* pour la vidéo et la diffusion de sons, et *Shockwave*.

Shockwave est un *plugin* de la société Macromedia qui permet de faire des applications interactives animées. Les logiciels *Director* et *Authorware* distribués par cette même société, peuvent être utilisés pour créer des applications *Shockwave*. Ainsi, un didacticiel développé en *Authorware* peut être facilement distribué dans un format indépendant de la plate-forme.

Les programmes que l'on trouve sur le Web sont généralement ludiques, mais on peut aussi développer des applications sophistiquées de didacticiels. *Authorware* permet notamment de créer des questionnaires à choix multiples, des exercices où l'apprenant doit glisser et déplacer des objets, etc. Comme pour les Applets Java, plus le programme est compliqué, plus le temps de chargement est long.

2.9.4.6 VRML

VRML (*Virtual Reality Modelling Language*) est un langage relativement simple permettant de créer des formes géométriques dans un espace en trois dimensions. Les formes sont des cubes, des cylindres, des sphères etc. Ces objets peuvent être coloriés ou habillés d'une texture, par exemple des briques, des tuiles etc. A l'aide de ces objets, on peut construire des scènes virtuelles, comme une ville, une école, une jungle ou une galaxie, où l'utilisateur peut se déplacer, soit en marchant, soit en flottant. Ces scènes sont accessibles sur le Web à condition d'avoir installé un *plugin*.

Des objets peuvent être animés. On peut créer ainsi une mer avec des vagues, ou un véhicule que l'utilisateur peut utiliser pour se déplacer. En cliquant sur des objets, on peut les ouvrir, les animer, ou se faire transporter à un autre endroit de la scène ou dans une autre scène. On peut créer une bibliothèque, où les livres s'ouvrent lors d'un premier clic de souris, puis ouvrent une autre fenêtre du navigateur avec une page Web de référence. On peut également afficher des images et des vidéos, et bien entendu mettre une musique de fond ou jouer des sons.

Ces scènes peuvent être longues à charger suivant la complexité, les textures utilisées etc. De plus, pour une utilisation confortable, il faut disposer d'une machine relativement puissante, bien dotée en mémoire et avec une bonne carte graphique. L'intérêt ludique de telles scènes est parfois fort, surtout si les scènes sont multi-utilisateurs et permettent l'interaction. En revanche, l'aspect pédagogique que d'une navigation en 3D est loin d'être évident.

2.9.4.7 XML

XML (*eXtensible Markup Language*) est un langage de formatage balisé de textes basé sur le standard de marquage de documents SGML (*Standard Generalized Markup Language*), dont est également issu HTML. XML est toutefois nettement plus puissant que HTML.

XML est né en 1997 et a fait récemment l'objet d'une recommandation officielle de standardisation. Une des principales innovation est de permettre à des utilisateurs de définir eux-mêmes leurs propres balises dans un fichier de définition appelé DTD (*Document Type Definition*). Dans ce fichier, l'utilisateur définit les balises utilisables, les paramètres facultatifs ou obligatoires ainsi que les contraintes d'utilisation. Par exemple, une certaine balise sera obligatoire et devra être placée à l'intérieur d'autres balises. Ensuite, l'utilisateur pourra créer des fichiers XML conformes à sa DTD. L'utilisateur peut définir différentes feuilles de styles au format XSL pour indiquer comment le texte à l'intérieur d'une balise doit être formaté pour une publication papier, sur le Web, etc.

Au niveau des liens hypertextes, XML améliore grandement la pauvreté de navigation du HTML. Les liens au format XLL permettront de définir des liens d'exemple (liens courts pour afficher une note), les liens bidirectionnels, les *post-it* (annotation par l'utilisateur) et les liens multiples (v. par 2.6).

Il existe déjà de nombreuses extensions d'XML. MathML permet par exemple la notation de formules mathématiques. Il existe également diverses DTD pour la linguistique.

XML est appelé à remplacer petit à petit le code HTML. Bientôt, les nouveaux browsers interpréteront le XML. Déjà, certains serveurs Web sont capables de transformer le XML pour l'afficher en HTML. Les futurs traitements de textes utiliseront ce format pour enregistrer leurs textes. XML supporte le code de caractères Unicode, qui regroupe la plupart des systèmes d'écriture et de notation dans le monde.

XML a de nombreux avantages. Le premier est la définition d'une structure de document. On peut définir avec précision l'étendue d'un chapitre, d'une section, d'un paragraphe etc., ce qui est peu facile par exemple avec des traitements de texte : les sections correspondent à des caractéristiques de mise en page, et non pas de structure de document. Ceci permettrait d'augmenter les possibilités des moteurs de recherche, sur Internet et ailleurs, en ne cherchant que dans les corps de texte, ou que dans les titres de chapitres etc.

Pour une revue scientifique, ceci permet de contraindre les personnes qui soumettent un article à respecter un certain nombre de formes. Un article qui ne serait pas conforme à la DTD demandée serait rejeté. L'échange d'informations sera grandement facilité. Un programme d'évaluation scientifique pourra également demander aux participants de rendre leurs résultats conforme à une DTD, pour faciliter le traitement des données.

Avec XML, on peut définir des documents bilingues. Ainsi, une correspondance paragraphe par paragraphe ou phrase par phrase peut être définie. Pour des applications d'apprentissage de langue ou de traduction, une telle structure de documents est très intéressante.

La même possibilité serait offerte pour les différents types d'exercice. On pourrait construire des DTD pour les questionnaires à choix multiples, pour les exercices où il faut remplir les trous dans une phrase etc.

Le même document XML peut servir pour de nombreuses utilisations et de nombreuses présentations. Sur le Web, suivant le public, on peut, grâce à des feuilles de style, n'afficher que certaines parties d'un document. Dans une application pédagogique, on pourrait varier les aides à l'utilisateur pour la lecture d'un document en langue étrangère, selon son niveau. Il serait possible de n'afficher des mots de vocabulaire qu'à un certain niveau et pas à d'autres etc.

Ceci n'est qu'un petit aperçu des immenses possibilités offertes par XML. Le terrain n'est pas encore défriché, et l'on est qu'aux balbutiements de cette technique.

2.9.4.8 DHTML et DOM

Le *Dynamic HTML* (DHTML) est une technique qui n'est disponible que sur les browsers récents. Ce langage a un peu de mal à s'imposer sur le marché. Comme pour les balises spéciales HTML, les principaux navigateurs Internet Explorer de Microsoft et Netscape Communicator implémentent des versions différentes de DHTML.

Elle permet de faire des animations d'une page et de faire du glisser-déplacer d'objets d'un endroit à l'autre de la page. On peut imaginer ainsi des exercices de langues plus agréables à utiliser où on utilise des images.

Le DHTML implémente la technique du *Document Object Model*, qui permet de naviguer dans la structure et la hiérarchie d'un document, et de la manipuler. On peut rajouter, modifier ou détruire dynamiquement des éléments d'un document. La principale utilité du DOM est que l'on peut représenter des documents HTML et XML avec un ensemble standard d'objets. Ce formalisme est très puissant pour représenter des données variées, comme le XML.

2.9.4.9 SMIL

SMIL (*Synchronized Multimedia Integration Language*) est une technique qui a fait apparition il y a peu sur le Web. Elle permet de réaliser des diaporamas ou des vidéoramas, et d'afficher ou faire défiler du texte simultanément en parallèle dans une autre fenêtre. On peut définir des petites séquences sur une même vidéo. Il supporte différents médias, audio, graphique, vidéo et textuel. Il est basé sur XML. Pour l'enseignement des langues, on peut faire défiler du texte en même temps que la vidéo.

2.9.4.10 Une interactivité très riche

Nous avons vu qu'il existe de nombreux moyens de rendre le réseau Internet interactif. Revoyons brièvement les avantages et inconvénients de chaque approche.

Les programmes CGI sont encore les plus répandus. Ils présentent l'inconvénient d'être statiques, car il faut envoyer une requête à chaque fois que l'on veut un changement.

Javascript permet de rendre des pages moins statiques et de contrôler les données que l'on envoie à un programme plus puissant. C'est une technique qui permet également d'éviter les encombrements du réseau, voire même de travailler hors-ligne.

Avec les outils de scripts intégrés dans une page, on atteint une puissance appréciable. Ces langages de programmation sont relativement simples et offrent un lien puissant avec les bases de données.

Java est un outil extrêmement puissant et par conséquent assez lourd. Il permet d'offrir des interfaces très sophistiquées sur le réseau, semblables à celles des applications que l'on retrouve sur nos ordinateurs. Toutefois, le temps de chargement élevé doit nous faire peser le pour et le contre de telles interfaces, qui ne sont pas toujours indispensables.

Les plugins sont une alternative pour mettre à disposition certains outils sur Internet. On peut distribuer des outils indépendamment de la plate-forme. La multiplication des produits à installer sur nos ordinateurs présente toutefois un inconvénient majeur.

VRML offre un moyen de navigation en trois dimensions assez puissant. Il nécessite toutefois des machines puissantes pour offrir un confort maximum. Les applications pédagogiques en VRML sont assez limitées.

XML est un format d'avenir. Il permet de structurer des données, de les échanger entre applications, et de les afficher et les utiliser de différentes manières selon les besoins. Cette technique encore récente est en plein essor et élargira considérablement non seulement les possibilités sur le réseau Internet, mais encore dans le domaine de l'informatique en général.

DHTML et DOM permettent de manipuler les documents au niveau de la structure, et de mettre un peu d'animation dans les pages. L'intérêt de cette approche est le traitement dynamique des documents.

Enfin, SMIL permet d'intégrer réellement images, sons, vidéos et naturellement textes. Les liens entre ces différents éléments est facilité et on peut synchroniser images, vidéos et textes pour faire une présentation ou un cours vivant.

En un peu plus de dix ans, le Web a considérablement évolué d'une présentation statique de connaissances vers une véritable interactivité, qui offre déjà pratiquement autant de possibilités que les applications locales sur le disque dur d'un ordinateur. En plus, le réseau Internet relie des ordinateurs entre eux et permet d'échanger des données. La rapidité grandissante de la transmission des données permettra de limiter les inconvénients liés à la taille des applications.

2.9.5 Outils d'enseignement sur Internet

Penchons-nous à présent sur quelques exemples de logiciels destinés à l'enseignement sur l'Internet. Chacun est représentatif d'un domaine spécifique. Nous commencerons par les MOO, puis nous évoquerons les salles de classe virtuelles et les logiciels de Groupware. Nous terminerons par deux exemples plus spécifiques, le Campus virtuel TECFA et le projet ARIADNE.

2.9.5.1 Les MOO

Les MOO (*Multiple User Dungeons*¹¹, *Object Oriented*) sont des environnements multi-utilisateurs de communication que l'on peut programmer (Mendelsohn & Jermann 1997: 47 sq.). Ces environnements étaient à l'origine utilisés pour un jeu d'aventure collaboratif. Ils sont uniquement basés sur le texte et utilisent une métaphore spatiale. On les appelle parfois aussi «réalités virtuelles basées sur le texte » (Dillenbourg & Schneider 1995).

On peut accéder au MOO à l'aide du protocole Telnet ou à l'aide de logiciels spécialisés. Cependant, il existe des applications d'interface sur le web ou à partir de systèmes de réalité virtuelle en trois dimensions. On citera par exemple *ActiveWorlds* (1999). On peut aussi construire une interface en VRML, où les utilisateurs se déplacent et sont représentés sous forme de personnages appelés avatars. Les avatars peuvent se rencontrer puis, à l'aide d'interfaces appropriées, se parler.

Les utilisateurs peuvent se déplacer à travers un espace de pièces et de places à l'aide d'un langage de commande. Ils peuvent déposer des objets, s'asseoir à des tables, écrire sur des tableaux noirs etc. Ils peuvent s'adresser à toutes les personnes qui sont dans la même pièce, ou assises au même endroit, ou encore à toutes les personnes présentes sur le système. Ils peuvent également s'adresser à une personne en particulier. Ils ont la possibilité d'accompagner leurs messages avec des indications d'émotion et de faire varier le ton (murmurer, crier, penser tout haut). Cet environnement est permanent. Si l'utilisateur quitte le système, il se retrouvera au même endroit la prochaine fois qu'il se connectera. Les objets qu'il laisse sont aussi permanents. Les utilisateurs du MOO peuvent également construire des pièces et les relier au reste du dispositif.

Grâce à la technique des expressions régulières, où le système détecte si une phrase correspond à un certain schéma ou si un mot est dans une phrase, il est possible de programmer un robot de

¹¹ On trouve aussi l'interprétation *Multi-user Dimension*.

conversation. Ainsi, on peut imaginer de faire un dialogue peu élaboré pour entraîner l'utilisation de certaines structures syntaxiques. Cependant, même si la technique est un peu plus élaborée, on arrive rapidement aux limites du *pattern matching* soulevées à la section 2.7. C'est pourquoi les robots de conversation ne conviennent à l'apprentissage des langues qu'au niveau des débutants.

Dans les applications pédagogiques, un professeur peut construire une salle de classe virtuelle en laissant par exemple des références. Dans le cadre d'une formation à distance, la salle de classe peut servir de lieu de rendez-vous virtuel, où tout le monde se rencontre à un moment donné pour une activité dirigée. Toutefois, il vaut mieux limiter le nombre de personnes présentes en même temps. En effet, une cacophonie peut facilement régner, avec des conversations parasites de personne à personne qui cachent les éléments pertinents et essentiels à l'ensemble de la classe.

Les pièces peuvent également servir pour une activité précise. Ainsi, les apprenants connectés en même temps dans la même pièce peuvent collaborer (cf. paragraphe 2.4). De même, un professeur peut avoir son bureau virtuel, dans lequel on peut le trouver et le contacter. Ceci implique une présence assidue du professeur, qui peut rester connecté toute la journée sur son poste de travail et être averti lorsque quelqu'un le cherche.

L'intérêt principal de cet environnement est son adaptabilité. En effet, on peut le programmer et le connecter à d'autres programmes. Ainsi, il est relativement aisé de programmer un robot de conversation utilisant la technique des expressions régulières. Pour un apprenant débutant d'une langue, les interactions limitées offertes par cette technique sont suffisantes pour acquérir certaines tournures de phrase. Mais on pourrait aller beaucoup plus loin, ce que l'on verra ultérieurement.

Les MOO favorisent l'activité de l'élève et la collaboration entre apprenants (v. par. 2.4). On peut imaginer des scénarios en tandem. Pour l'apprentissage des langues, un tandem bilingue peut s'associer pour réaliser une tâche (Shield & Weininger 1999), par exemple la recherche d'un objet, avec des indices disséminés dans diverses pièces. Shield & Weininger (1999) ajoutent que les tableaux noirs ou les objets notes du MOO sont des objets permanents, qui permettent de laisser une trace de la collaboration, ce qui n'est pas le cas pour les chats. Dans le cadre d'un programme d'éducation à distance, ou d'un travail de groupe classique en milieu scolaire, ces objets permettent de laisser des messages au partenaire, qui n'a pas besoin d'être connecté et présent.

2.9.5.2 Les salles de classe virtuelles

Il existe aujourd'hui plusieurs produits qui permettent d'offrir une formation à distance sur Internet. Outre les cours et tutoriels, ils offrent une série d'outils de gestion des étudiants, de correction d'exercice, ainsi que des moyens de communication comme des courriers électroniques internes, des forums, des *chats* etc. Parmi eux, on peut citer TopClass et WebCT (2000).

WebCT (2000) doit être installé sur un serveur UNIX et utilise le langage JavaScript pour son interface. Cet outil est destiné essentiellement à des institutions utilisant la formation à distance. Il per-

met à l'enseignant de gérer un programme de cours et une classe. L'enseignant peut construire des pages HTML simples et les télécharger sur le serveur, puis organiser la suite des pages. Il peut construire des tests intermédiaires et des examens plus importants, en fixant un temps limite pour répondre.

Toutefois, les types de questions disponibles sont assez limités (QCM, questionnaire à trous, association d'éléments, questions ouvertes...). Les réponses sont corrigées et évaluées automatiquement, à part bien entendu les questions ouvertes. On peut spécifier un taux de réussite pour obtenir le droit de poursuivre les cours. Un outil de suivi de l'élève permet de suivre les progrès des apprenants et leurs résultats aux tests. WebCT intègre en outre des outils de communication (E-mail interne, chats, forums), un calendrier pour indiquer les dates limite, des glossaires etc.

Cet outil est relativement lourd à utiliser. Une assistance technique est nécessaire pour maintenir le serveur et pour résoudre les nombreuses difficultés techniques. WebCT ne sera rentable que pour une institution qui se donne les moyens pour offrir de bon cours, et par conséquent qui a des étudiants en nombre suffisant.

2.9.5.3 Le Groupware

Les logiciels de Groupware sont destinés à faciliter la collaboration entre les élèves. Comme les MOO, *TeamWave* (2000) est organisé en pièces. L'enseignant peut organiser une salle de cours, d'où partent les pièces personnelles des différents élèves. Il peut indiquer des ressources par des URL ou laisser des textes. Un calendrier permet de spécifier des dates. Il existe des outils de communication comme des forums ou des chats.

Comme il s'agit de favoriser l'apprentissage collaboratif (v. par.2.4), *TeamWave* dispose d'un outil de dessin permettant de construire une représentation graphique d'une notion à l'aide de figures et de flèches. Les utilisateurs connectés dans une même pièce peuvent tous modifier le graphique. Ils voient ce que les autres utilisateurs sont en train de faire, car ils peuvent voir le curseur de la souris de leurs partenaires bouger sur leur propre écran. De même, un autre outil, pour l'affichage de textes, permet de voir quelle partie du texte le partenaire est en train de lire grâce à plusieurs barres de défilement de différentes couleurs. Pour voir le même texte que le partenaire, il suffit de positionner le curseur de la barre de défilement du texte à la même hauteur.

Pour être efficace, il faut que les apprenants soient organisés par deux ou, à la limite, trois, afin de faciliter la compréhension. En effet, il est suffisamment difficile de se concentrer sur une tâche tandis que le partenaire tente de faire autre chose. Le bénéfice de la collaboration est moindre. Au lieu d'utiliser le chat pour communiquer, une communication avec le son serait sans doute bien plus utile.

Cet environnement est programmable à l'aide du langage Tcl/Tk. Le code source des différents outils est fourni tel quel, et l'enseignant peut tenter de les modifier. Toutefois, l'exercice est ardu car le code est dépourvu de commentaires, et il est difficile pour un programmeur débutant de s'y retrouver.

Cet outil est avant tout conçu pour des sujets plus techniques ou scientifiques, notamment avec la possibilité de faire des schémas. Il n'y a pas d'intérêt d'utiliser *TeamWave* pour l'apprentissage des langues. Il est possible que d'autres outils de Groupware plus adaptés à ce type d'enseignement voient le jour plus tard.

2.9.5.4 Campus virtuel Tecfa

Le laboratoire TEChnologies de la Formation et de l'Apprentissage (TECFA) a développé un Campus Virtuel expérimental pour les enseignements qu'il dispense. Ce campus est avant tout utilisé pour le Diplôme d'Études Supérieures Sciences et Techniques de l'Apprentissage et de la Formation (STAF), mais aussi de manière plus réduite pour d'autres séminaires de premier et second cycle. Ce campus est développé avec le langage PHP (cf. par.2.9.4.3) et utilise des bases de données. Il est en constant développement.

Le diplôme STAF est une formation destinée à former des spécialistes en enseignement par ordinateur. Il s'adresse principalement à des psychologues, des enseignants et des informaticiens, quelle que soit leur expérience professionnelle. Le but du diplôme est d'offrir des bases en psychologie cognitive, en théorie de l'éducation, en théorie de la communication et en techniques informatiques nécessaires pour développer un logiciel d'EAO. A l'issue de la formation, les diplômés doivent être en mesure d'évaluer la qualité d'un logiciel et surtout capables d'en produire eux-mêmes. Le diplôme se passe en principe sur deux ans, avec des périodes de cours présentiels suivis de travaux et réalisations effectuées à distance. La première année est consacrée à la formation générale. La seconde année tourne autour d'un stage puis d'un mémoire.

Le campus virtuel est organisé selon une métaphore spatiale, avec un bâtiment par cours divisé en pièces. Lorsqu'il se connecte, l'utilisateur obtient une page principale avec des informations générales. De là, par un menu à gauche de l'écran, il peut atteindre les différents bâtiments des unités de valeur. Ces bâtiments contiennent généralement une partie pour l'administration, une autre pour les ressources et une dernière consacrée à l'enseignement proprement dit. La partie administration contient un agenda pour les diverses échéances et le plan du cours, ainsi que les modalités d'évaluation. Le centre de ressources contient une bibliographie, des travaux d'étudiants des promotions précédentes, ainsi que des pointeurs vers d'autres sites pertinents.

Dans la partie enseignement, certaines activités offertes mettent en pratique les théories pédagogiques et techniques présentées en cours. Ainsi, un cours sur les interfaces a débuté avec un exercice de réalisation d'une tâche par divers moyens, suivi d'une discussion sur les avantages et inconvénients des diverses approches. D'autres dispositifs essaient d'appliquer et d'expérimenter la collaboration entre apprenants. Diverses aides à la gestion de projet sont également expérimentées.

Le Campus Virtuel est finalement un grand dispositif d'expérimentation en constant développement. Les utilisateurs servent de cobayes pour un test de grande envergure. De par la formation dispensée dans les cours, les apprenants ne sont pas des testeurs naïfs mais contribuent, tantôt en

améliorant certains dispositifs, tantôt par leurs critiques, à la qualité du Campus. Pour les enseignants, ce type de dispositif demande un grand investissement pour que les apprenants bénéficient de tout le potentiel technique.

2.9.5.5 ARIADNE

ARIADNE (1999) est un réseau européen, financé par la Communauté européenne, qui permet de fournir des cours sur Internet tout en partageant les ressources pédagogiques. Il s'agit d'un projet expérimental destiné à faire valider certains outils et méthodes. Des cours ont été notamment mis en place à Genève et à Lausanne. ARIADNE vise différents publics, dans différentes situations d'apprentissage : apprenants isolés à distance, en centre de ressource, en site académique et en entreprise ou services publics.

Les ressources sont placées et indexées sur des serveurs locaux, régionaux et centraux, appelés *knowledge pools* (KPS). Un serveur central assure la coordination entre les différents KPS. Les enseignants ont le choix de créer leurs cours *ex nihilo* à l'aide des outils d'Ariadne, de réutiliser du matériel existant, et surtout d'assembler du matériel indexé dans les KPS. Ainsi, un enseignant de linguistique pourrait reprendre le cours de phonétique produit par un collègue d'une autre université. ARIADNE permet de gérer un cursus de cours. Les apprenants sont suivis à l'aide d'outils du système. Un calendrier permet de gérer les cours.

L'avantage principal d'ARIADNE est la réutilisation et la mise en commun de matériel pédagogique. Pour l'instant, les sujets de cours sont très variés, et il est encore un peu difficile de trouver du matériel adéquat dans la langue souhaitée. On est néanmoins en droit de penser que le système va se développer et que les KPS se multiplieront. Vu le temps nécessaire pour développer du matériel pédagogique efficace, adéquat et attractif, le gain de productivité peut être important et l'enseignant pourrait davantage se consacrer aux apprenants qui ont besoin de son intervention.

ARIADNE est appelé à devenir un instrument de formation continue pour les entreprises ou pour les apprenants qui vivent isolés. On peut notamment imaginer que des personnes ayant interrompu leur formation ou leur activité professionnelle se recyclent à distance depuis leur domicile.

Enfin, la Communauté européenne attend également un bénéfice de ce projet par une harmonisation progressive des systèmes éducatifs européens. Les enseignants et les apprenants auraient davantage de contacts.

2.10 L'ÉAO: un domaine du futur

Pour conclure ce chapitre, nous pouvons tirer quelques conclusions. Nous avons vu que l'enseignement par ordinateur s'est largement développé ces dernières années. L'enseignement des langues par ordinateur a suivi le mouvement.

Nous avons pesé le pour et le contre des différentes approches dans ce domaine (par. 2.2). Les didacticiels qui entraînent les automatismes sont utiles mais ont un domaine d'application plutôt limité. Au contraire, l'apprenant doit être actif (v. par. 2.3) pour mieux intégrer les différentes connaissances qu'on lui présente et qu'il devra appliquer plus tard.

En particulier, le processus d'apprentissage peut être bénéfique si les apprenants travaillent à plusieurs et doivent collaborer pour accomplir une tâche. C'est l'apprentissage collaboratif que nous avons présenté à la section 2.4.

Le réseau Internet est un outil en pleine expansion. Il intéresse l'apprentissage par ordinateur à de nombreux titres. Il facilite l'accès à la connaissance en la mettant à disposition de chacun sur un réseau mondial. Il permet également de faciliter les échanges entre les gens. Ceux-ci peuvent dialoguer dans différentes langues par différents moyens techniques, ce qui a un intérêt pédagogique évident et ouvre de nouveaux horizons en matière d'échanges de connaissances, d'échange entre personnes et de formes d'enseignement et de collaboration à distance.

Nous avons également vu qu'Internet offre maintenant des possibilités très puissantes (par.2.9.4) en matière d'interactivité, ce qui permet de développer des activités pédagogiques en ligne au même titre que les applications sur un ordinateur local. Le langage Java (par.2.9.4.4) permet de développer des interfaces très riches.

En particulier, nous avons souligné que le récent format XML (v. par. 2.9.4.7) offre de très larges applications pour l'échange de données dans tous les domaines. Le domaine pédagogique pourra développer de nombreuses applications intéressantes.

3 INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, TRAITEMENT DU LANGAGE ET EAO

Après avoir survolé le monde de l'EAO, nous allons aborder un point particulier, l'Intelligence Artificielle. Nous aborderons en premier lieu le concept de l'Intelligence Artificielle en général. Puis nous traiterons en particulier du Traitement Automatique du Langage Naturel, un domaine de l'Intelligence Artificielle, à travers ses champs d'application, l'analyse morphologique, l'analyse syntaxique, la correction grammaticale, la synthèse et la reconnaissance de la parole, la traduction automatique et la génération. Nous terminerons par une synthèse générale des problèmes rencontrés et des aides à l'apprentissage que ces techniques peuvent offrir.

3.1 Intelligence Artificielle et EAO

Sous le vocable d'Intelligence Artificielle (IA), on regroupe les techniques qui essaient de simuler le comportement humain pour réaliser une tâche (v. notamment Demaizière & Dubuisson 1992, Hlland & al. 1995, Hamburger, Schoelles & Reeder 1999). La partie centrale d'un logiciel utilisant les techniques d'IA est le module expert. Le module expert est capable de résoudre un problème de manière intelligente et parfois d'apprendre, c'est-à-dire d'améliorer ses connaissances de départ à partir des données des nouveaux problèmes. Il existe différentes techniques d'implémentation de l'intelligence artificielle. Parmi celles-ci, citons les réseaux sémantiques, les réseaux de neurones et les bases de règles et de fait.

Lorsque les techniques d'intelligence artificielle sont appliquées à l'enseignement assisté par ordinateur, on parle alors d'Environnements Interactifs d'Apprentissage par Ordinateur (EIAO)². Ils sont composés des modules suivants, plus ou moins développés selon les systèmes:

- Module expert ;
- Module pédagogique;
- Module de l'élève ;
- Module de dialogue.

Le module expert est toujours présent dans les EIAO. Il est capable de justifier les étapes de son raisonnement, notamment avec des méta-règles qui explicitent la stratégie (Dillenbourg 1995). Toutefois Dillenbourg (1994) rejette l'idée d'expliquer absolument tout, mais simplement diverses étapes. Les EIAO sont souvent associés à un tutoriel qui présente les connaissances utilisées pour la résolution des problèmes.

Le module pédagogique (ou module tuteur ou encore module de l'enseignant) gère les stratégies pédagogiques et les séquences proposées ou imposées à l'apprenant, et évalue sa stratégie d'apprentissage. Certains systèmes évitent d'utiliser des moyens de résolution de problèmes qui ne sont pas encore maîtrisés par l'apprenant. Ainsi, la stratégie d'enseignement peut être opportuniste (on profite d'une occasion pour introduire une nouvelle notion), planifiée (parcours connu d'avance) ou mixte. Le style peut être dirigiste ou suggestif.

Les erreurs typiques des apprenants peuvent être codées par des règles négatives (*malrules*) (Dillenbourg 1995). Le module pédagogique doit être capable de fournir des réponses à court terme et des stratégies à moyen terme. Le système doit aider l'apprenant à découvrir et à remédier à ses erreurs, en variant les approches. Dillenbourg (1994) parle d'une capacité à interagir.

Certains tutoriels ont une capacité d'améliorer leur stratégie d'enseignement (Dillenbourg 1989). Ainsi, si une stratégie semble meilleure qu'une autre avec un apprenant, ou sous certaines conditions d'application, elle sera davantage utilisée. De plus, si un apprenant connaît certaines règles et pas d'autres, le module pédagogique devrait se servir des règles connues pour en introduire une nouvelle (Dillenbourg 1995).

Le module de l'élève gère le profil de l'apprenant (connaissances préalables, lacunes, acquis, stratégie d'apprentissage et de résolution des problèmes). Si possible, ce module doit pouvoir analyser les étapes du raisonnement de l'apprenant, pour que le module pédagogique puisse, le cas échéant, tenter de corriger une conception erronée. L'âge de l'apprenant, la fréquence des demandes d'aide etc. sont d'autres indications qui peuvent être utilisées par ce module.

Enfin, le module dialogue gère le dialogue entre l'utilisateur et la machine, et la transmission des données dans les deux sens. Deux approches du dialogue peuvent être utilisées: l'approche communicative, où les dialogues paraissent naturels, ou l'approche guidage, où l'apprenant est appelé à naviguer dans une certaine direction, d'une manière plus ou moins dirigiste.

Les séquences sont proposées par le module pédagogique, d'après les données fournies par le module expert. Les quatre modules interagissent sans cesse, en partageant par exemple des informations notées sur un « tableau noir ». Si l'élève a bien acquis une notion, on peut passer à l'étape suivante, sinon une série d'exercices supplémentaires lui est proposée ou imposée. Des explications supplémentaires peuvent être affichées en cours ou en fin d'exercice. C'est le module expert qui évalue l'élève, et compare sa propre stratégie de résolution des problèmes et celle de l'élève. Par l'interaction de ces quatre modules, l'individualisation de l'apprentissage est plus poussée.

Le traitement automatique du langage naturel (TALN) est un domaine de l'intelligence artificielle qui est en plein essor. Les règles du module expert sont alors des règles de grammaire, de génération, de traduction, de synthèse de la parole etc. Les outils de TALN se basent sur des lexiques où

¹² On trouve également l'interprétation Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur.

sont entrés les mots, leurs catégories syntaxique, et d'autres informations sémantiques ou phonétiques (Wehrli 1997, Fuchs & al.1993).

Dans un tutoriel intelligent, des outils de TALN peuvent constituer le module expert. De nombreuses applications peuvent être imaginées dans le domaine de l'enseignement des langues par ordinateur. C'est ce que nous allons voir dans les sections suivantes.

3.2 Analyse morphologique

Les analyseurs morphologiques sont des outils relativement simples de TALN. Ils permettent de découper un mot en plusieurs unités. On peut citer les préfixes, suffixes, racine, terminaisons de déclinaison ou de conjugaison, dans les langues à morphologie riche. Pour les mots ou verbes irréguliers, les analyseurs morphologiques peuvent remonter jusqu'au lexème, c'est-à-dire la forme normale d'un dictionnaire (infinitif présent du verbe, mot au nominatif singulier, adjectif au nominatif masculin singulier).

Les analyseurs morphologiques sont également utiles pour analyser les mots inconnus. En repérant les suffixes et les affixes, les analyseurs seront capables, suivant les langues, de leur attribuer une catégorie lexicale, un cas, un genre, un nombre etc. Il se peut aussi qu'en enlevant des préfixes, on tombe sur une forme connue du dictionnaire. On peut penser aux préfixes multi-, archi-, hyper- etc. qui sont fréquemment utilisés en français.

Dans des langues qui permettent de composer les mots, comme l'allemand, les analyseurs morphologiques permettront de décomposer un mot. En effet, il est impossible de faire figurer tous les mots de l'allemand dans un lexique. Par exemple, dans le mot «*Strassenbahnhaltestelle* » (arrêt de tramway) est décomposable en « *Strassenbahn* » (tramway) et « *Haltestelle* » (station, arrêt). Puis ces deux mots sont également décomposables respectivement en « *Strasse* » (rue) et « *Bahn* » (voie, voie ferrée), et en « *Halt* » (halte) et « *Stelle* » (endroit). La deuxième étape de la décomposition est inutile, car les deux mots obtenus lors de la première opération ont un sens en eux-mêmes.

Cet exemple illustre bien la difficulté de la tâche de décomposition de mots aussi complexes. Une solution peut être de décomposer les mots aussi loin que possible, puis de voir si différentes combinaisons ont des entrées dans le dictionnaire. Cette tâche sera primordiale dans des applications de traduction automatique. Fuchs & al. (1993 : 87) traite aussi du problème des dérivations de mots en français, comme la substantivation d'un verbe.

A l'inverse, pour les applications d'indexation automatique, on partira du lexème et on dérivera toutes les formes verbales et les déclinaisons d'un mot, afin de retrouver toutes les occurrences d'un mot. Cette opération est appelée lemmatisation.

Dans les applications d'enseignement de langue par ordinateur, les analyseurs morphologiques auront une grande utilité. Pour l'interrogation d'un dictionnaire électronique, ils permettront de remonter aux lexèmes. Ceci permet de diminuer le nombre d'entrées dans le dictionnaire. En anglais, on pensera aux verbes irréguliers (*buy, bought, bought*), et aux pluriels (*mouse, mice*). L'élaboration et la correction des exercices de déclinaison et de conjugaison serait grandement facilitée.

Fuchs & al. (1993 : 97) propose d'utiliser les analyseurs morphologiques pour la correction orthographique. On peut imaginer impliquer davantage l'apprenant dans le processus de correction. Au lieu de lui présenter une liste de formes proches de ce qu'il a tapé, il serait utile pour des erreurs de conjugaison de lui fournir les formes normales des verbes (à l'infinitif) et de lui demander à quelle forme il désirait mettre le verbe.

3.3 Analyse syntaxique

Pratiquement dès ses débuts, l'informatique s'est attelée à l'analyse du langage naturel écrit, afin d'extraire la ou les constructions syntaxiques d'une phrase. La recherche en ce domaine a bénéficié de nombreux subsides, notamment pour les applications, stratégiquement très importantes, de traduction automatique et de veille technologique.

Souvent l'analyse syntaxique n'est qu'une étape pour un autre traitement (Fuchs & al. 1993). Elle peut être utilisée entre autres pour la synthèse ou la reconnaissance de la parole.

Des grammaires formelles décrivent les constructions possibles d'une langue. Les analyseurs donnent une structure à une phrase. Il s'agit de regrouper les unités d'une phrase (généralement des mots) en syntagmes, qui sont emboîtés les uns dans les autres. Selon l'utilisation que l'on fait de l'analyse et du degré de profondeur de l'analyseur, on traitera également les phénomènes d'accord et de liens entre les différents éléments d'une phrase.

Il existe de nombreux algorithmes qui permettent d'exploiter ces grammaires et de donner la structure syntaxique d'une phrase (Wehrli 1997). Certains algorithmes séparent l'analyse morphologique de l'analyse syntaxique, d'autres intègrent les deux modules ensemble. L'analyse morphologique n'est pas indispensable si le lexique contient par exemple toutes les formes déclinées ou conjuguées.

Le langage naturel est un ensemble ouvert, composé d'un nombre infini de phrases. Pour exprimer sa pensée, l'être humain a une très grande variété de structures syntaxiques à disposition, comme l'incise, la subordination, la coordination, la topicalisation etc. Il existe, dans différents registres du langage, des expressions idiomatiques qui sont des structures partiellement ou entièrement figées. Bien que leur repérage soit utile à la compréhension de la structure d'une phrase, il est très difficile de les isoler. On en reparlera au paragraphe 3.7.

Une autre difficulté de l'analyse syntaxique est la résolution des ellipses. Dans la phrase «Jean boit de la bière et Thierry de l'eau», le verbe « boire » est sous-entendu dans la deuxième partie de la phrase.

Aucun analyseur n'arrive actuellement à couvrir l'ensemble d'une langue. L'ordinateur est encore loin des performances de l'être humain. Les limites sont rapidement atteintes lorsque l'on rencontre des phénomènes de dépendance à longue distance, des incises, des dislocations etc. Les lacunes sont encore plus criantes quand il s'agit de dépendances au-delà de la phrase, comme la recherche et l'interprétation des antécédents des anaphores.

On mesure la qualité d'un analyseur à sa capacité de couvrir le plus de constructions possible et à sa robustesse. En effet, s'il n'arrive pas à donner une structure complète pour une phrase, un analyseur doit pouvoir fournir des structures partielles. Bien entendu, l'analyseur ne doit pas s'arrêter inopinément et bloquer tout le système lorsqu'il n'arrive pas à trouver une structure.

Actuellement, on peut trouver, dans le commerce ou dans le monde académique, de nombreux analyseurs qui couvrent une étendue satisfaisante du langage. Il ne s'agit pas de couvrir les constructions poétiques ou littéraires, mais de pouvoir analyser des textes techniques, juridiques ou journalistiques. Cependant, certains programmes scientifiques d'évaluation des logiciels de TALN, notamment dans le domaine de l'analyse, ont montré qu'il est actuellement impossible d'obtenir plus qu'un certain taux de résultats corrects.

Le langage naturel fourmille de phrases ambiguës, où plusieurs analyses sont possibles. En français, « la belle porte le voile » pose problème. « Belle » est soit un substantif, soit un adjectif, « porte » soit un substantif, soit un verbe, « Le » soit un article défini, soit un pronom clitique, et «voile » soit un substantif, soit un verbe. Un être humain résoudra immédiatement l'ambiguïté grâce au contexte. Pour cela, il fait une analyse sémantique et pragmatique. Un ordinateur n'en est actuellement pas capable, et il est possible qu'il ne le sera jamais. On peut imaginer une analyse sémantique et pragmatique dans un domaine restreint pour des constructions syntaxiques restreintes, mais la tâche semble insurmontable pour l'ensemble du langage.

Un bon analyseur devra donc fournir toutes les constructions possibles. Il est possible de donner un score à chaque construction et d'indiquer à l'apprenant quelle est la construction la plus probable. Suivant son niveau, on peut aussi bloquer les structures qui n'ont pas été abordées, grâce à un module pédagogique et au module de l'élève.

Dans le domaine de l'enseignement des langues, l'intérêt de l'analyse automatique est multiple. En premier lieu, on peut donner dynamiquement la structure grammaticale d'une phrase d'exemple aux apprenants. Généralement, les analyseurs fournissent des structures qui sont peu lisibles pour les non-initiés. Il faut alors imaginer une manière plus lisible de présenter une phrase, adaptée au degré de connaissance de l'apprenant. Par exemple, on peut présenter la phrase sous la forme d'un arbre syntaxique, où l'apprenant verra facilement les relations entre les différents syntagmes et la catégorie

lexicale des mots. Une autre possibilité est de fournir une analyse en couleur, où sont soulignés les différents syntagmes avec une couleur différente pour chaque fonction. Les catégories lexicales peuvent également être représentées par des couleurs.

Kempen (1999) propose une représentation grammaticale pour les enfants apprenant la grammaire de leur langue maternelle. Il présente une manière graduelle d'aborder les notions. D'abord, les phrases sont séparées en plusieurs membres qui correspondent aux groupes nominaux et aux verbes. Ces membres de phrase sont représentés sous forme graphique de fantômes, dont les bras sont des points d'attachement. L'apprenant, dans un premier temps, doit assembler correctement ces fantômes de façon à former une phrase correcte, à la manière d'un puzzle. Ainsi, l'apprenant découvre que ce sont les verbes qui dénotent une action, et qu'il faut lui associer l'objet qui fait l'action à gauche et l'objet qui subit l'action à droite. Puis une difficulté supplémentaire peut être introduite en décomposant les groupes nominaux et en y adjoignant des adjectifs. L'étape suivante serait de mettre des étiquettes sur les fantômes en expliquant qu'on appelle cela un verbe, un nom, un adjectif etc. Enfin, l'apprenant sera prêt à apprendre la manière plus classique sous forme d'arbres, de groupes nominaux et verbaux etc. Kempen (1999) cite une autre variante de l'apprentissage de la grammaire, où il faut construire un temple avec des colonnes et des chapiteaux.

Une autre possibilité d'utilisation est d'analyser les phrases écrites par les apprenants. Mais par essence, ceux-ci commettent des fautes qu'il faut corriger. Les erreurs commises sont de tout ordre : orthographe déficiente, fautes d'accord, structures syntaxiques incorrectes etc. Il y a un équilibre à trouver entre la robustesse de l'analyseur et le relâchement des règles (Menzel & Schröder 1999). En effet, si l'on accepte trop d'erreurs, il y a un risque d'avoir des grammaires surgénératrices, qui acceptent comme correctes certaines phrases agrammaticales.

Pour améliorer la qualité des analyses, Tschichold (1999a) prône la suppression ou la désactivation de certaines entrées du lexique. En effet, il est peu probable qu'un apprenant débutant de l'anglais utilise le verbe *to table*, mais plutôt le substantif.

Examinons maintenant d'autres applications de l'analyse syntaxique. En premier lieu, on peut citer la commande de micromondes. On peut donner des ordres textuels à un agent pour qu'il effectue des tâches. Si la commande fournie par l'utilisateur est correcte, l'agent l'exécute. L'apprenant sera motivé par l'avancement de la tâche et aura plus de facilité à apprendre.

Comme les apprenants commettent des fautes, il faudra se pencher davantage vers le diagnostic d'erreurs. Tout d'abord, une série d'erreurs fréquemment commises pourraient être prises en compte par les analyseurs. Mais si la tentative de correction échoue, nous pouvons suggérer que l'apprenant devrait être mis à contribution pour le processus de correction de phrases. À l'aide de dictionnaires bilingues, l'apprenant devrait pouvoir donner des indications à l'analyseur. Le système pourrait suggérer plusieurs périphrases pour aider l'apprenant à corriger la phrase agrammaticale. Fuchs & al. (1993 : 113) parlent des tests de distribution de mots pour résoudre les problèmes d'attachement de syntagmes. Ces tests font appel au jugement humain. Il est par contre facile de déplacer des syntag-

mes automatiquement. En posant de bonnes questions à l'apprenant, nous pensons que certaines erreurs pourraient être plus facilement corrigées.

Enfin, les analyseurs devraient avoir quelques capacités d'analyse au-delà de la phrase. L'antécédent des anaphores devrait pouvoir être repéré, surtout s'il est dans la même phrase. Considérons par exemple la phrase: « Lorsque je vais visiter ma tante, elle me donne toujours de l'argent. » Entre « je » et « me », la relation est facilement trouvée, puisqu'il s'agit de pronoms à la première personne du singulier. Cependant, il serait judicieux de faire la relation entre « ma tante » et « elle ». Nous en reparlerons aux paragraphes 3.6 et 3.7.

On peut imaginer que l'apprenant puisse cliquer sur un pronom dans un texte et que les antécédents possibles soient mis en évidence. S'il existe plusieurs antécédents possibles, l'analyseur pourrait marquer sa préférence. Naturellement, la résolution d'anaphores ferait certainement quelques erreurs d'interprétation, mais il serait utile d'orienter les recherches vers ce type de fonctions.

Ce processus serait sans doute plus efficace avec un petit peu d'analyse sémantique. Voyons la phrase « Hier, Jean est venu chez moi avec son chien. Il a mangé toute sa pâtée. » Syntaxiquement, « il » peut se référer à « Jean » et à « chien ». Si on infère que « pâtée » est une nourriture qui ne convient pas aux humains, il est facile de constater que « il » se rapporte au « chien ». Les traits lexicaux contenus dans certains lexiques pourraient suffire dans ce cas. Mais il faudrait une somme de travail phénoménale pour codifier toute cette métaconnaissance qui permet aux humains de comprendre un contexte instantanément, naturellement et sans effort. Fuchs & al. (1993) font un tour intéressant de la question.

3.4 Correction grammaticale

Rédiger des phrases complètes est très important dans l'apprentissage des langues. La correction grammaticale est donc un outil essentiel. L'apprenant, en écrivant et en étant corrigé de manière intelligente, est davantage conscient de ses lacunes (Charnet & Panckhurst 1998). Malheureusement, la correction grammaticale est encore une technique balbutiante. Les logiciels de correction grammaticale sur le marché fonctionnent principalement à l'aide de microgrammaires locales. Ce type d'outil est capable de traiter les phénomènes d'accords locaux, mais ne peut guère aller plus loin. Le rapprochement des règles de grammaire d'un analyseur peut conduire au rejet de phrases grammaticales et à l'acceptation de phrases incorrectes (Tschichold 1999a, b).

Ces performances sont nettement insuffisantes pour une utilisation dans l'enseignement des langues. Tschichold (1999a) remarque que les rétroactions sont trompeuses, voir carrément fausses. En effet, les logiciels de traitement de textes disposent de correcteurs grammaticaux destinés aux locuteurs natifs. Ceux-ci sont souvent capables de faire la part des choses face aux indications déroutantes, mais ce n'est pas le cas des apprenants d'une langue étrangère, qui n'ont pas l'intuition de la langue.

Jacobs & Rodgers (1999 : 510) donnent les exemples suivants tirés du correcteur grammatical de Microsoft Word. Pour la phrase « La peine que ça m'a coûtée », il fournit le feed-back « D'habitude, le participe passé de coûter reste invariable, sauf au sens figuré ». Ici, c'est précisément le sens figuré qui est employé, ce qu'un locuteur natif comprendra peut-être. Pour « Je ne crois pas que cela soit vrai », il demande l'indicatif à la place du subjonctif, ce qui est incorrect avec « croire ». Il donne des erreurs pour les phrases correctes « les cinquante kilos qu'elle a pesé », « la chaleur qu'il a fait », « une maison que l'on aurait dit récente ». La sémantique n'est naturellement pas prise en compte: on admettra des phrases du type « la banane a mangé le chien ».

Un test effectué sur des textes d'apprenants en langue étrangère a montré que ces correcteurs grammaticaux disponibles sur le marché laissent passer environ 30% des fautes. Tschichold (1999a) constate aussi que les analyseurs par îles ou par morceaux (*chunks*) ont des résultats meilleurs sur une langue à faible morphologie comme l'anglais.

Après avoir fait le constat de l'insuffisance de ces outils, Tschichold (1999a) prône qu'il faut se contenter d'avoir une aide sensible au contexte et qu'il faut disposer à côté d'outils comme une grammaire de référence, de dictionnaires monolingues et bilingues, corpora de textes dans la langue cible adaptés à un usage en contexte etc. A terme, il faudrait construire des correcteurs grammaticaux spécialisés pour l'apprentissage d'une langue étrangère et ciblés sur les erreurs typiques des apprenants d'une certaine langue maternelle. En effet, des apprenants anglophones du français ne commettront pas les mêmes fautes que les hispanophones. Il faudrait prévoir différents niveaux de feed-back et de correction pour s'adapter au niveau des apprenants. Certaines erreurs devront donc être ignorées suivant le niveau. Il ne faut pas noyer l'apprenant sous un flot de corrections, car cela risque de l'induire en erreur sur les capacités réelles du système. L'apprenant devrait plutôt être guidé vers la solution. Un corpus pourrait lui faire découvrir les expressions idiomatiques et les collocations.

Dans le système RECALL, Murphy, Krüger & Grieszl (1999) proposent de classer les erreurs des apprenants d'après le niveau linguistique: phonétique, orthographe, morphologie etc. La grammaire d'erreurs doit être suffisamment générale mais assez précise pour fournir le bon diagnostic. Les erreurs morphologiques typiques sont entrées directement dans le lexique. Les erreurs sont jugées avec un taux de probabilité, qui est changé si les apprenants commettent plus fréquemment la faute.

Vandeventer (1998) propose un système basé sur des exercices de transformation (actif-passif, pronominalisation etc.) avec une sémantique contrôlée grâce à un micromonde, afin de ne pas surcharger le système. L'enseignant devrait fournir une seule réponse correcte, qui sera alors traitée par le système. Ainsi, l'enseignant verrait son travail grandement facilité. Il n'aurait pas besoin d'imaginer toutes les réponses correctes (une seule suffit), ni les réponses fausses, ni les messages d'erreur.

Si la réponse de l'apprenant était identique à la réponse fournie par l'enseignant, le système fournirait un feed-back de félicitations. Les réponses fausses échoueraient soit au niveau du vérificateur d'orthographe, soit à l'analyse grammaticale, soit lors de la comparaison sémantique avec la réponse correcte.

D'abord, un correcteur orthographique proposerait une série de mots qui devrait vérifier deux types de fautes caractéristiques : les erreurs d'accentuation et l'écriture phonétique du mot. Puis l'analyseur contrôlerait la structure de la phrase. Dans le cadre d'un exercice de pronominalisation pour « L'homme regarde une voiture », il pourrait signaler les erreurs du type « *L'homme lui regarde » et « *L'homme regarde la ». Pour « L'homme le regarde », ce serait à la vérification sémantique de jouer.

3.5 Synthèse de la parole

La synthèse de la parole est un domaine relativement bien maîtrisé. On écartera ici les systèmes qui utilisent de la parole préenregistrée et ne font pas de synthèse de la parole proprement dite. La synthèse de la parole a pour but de transformer un texte écrit en sons intelligibles. Avec la qualité des ordinateurs multimédias actuels, certains systèmes arrivent à obtenir une phrase compréhensible d'une qualité acceptable pour l'oreille humaine. Le son reste un peu métallique, la prosodie semble un peu artificielle, mais les humains peuvent tolérer ces quelques défauts et comprendre sans trop d'effort une voix de synthèse.

Voyons rapidement les étapes pour faire prononcer une phrase par l'ordinateur. Tout d'abord, le système doit analyser la phrase à synthétiser. Certains systèmes se limitent à déterminer les catégories et les prononciations des mots de la phrase et à les désambiguïser le cas échéant. En effet, il existe de nombreux homographes hétérophones, c'est-à-dire des mots qui s'écrivent de la même manière mais se prononcent différemment. Dans la phrase «les poules du couvent couvent», « couvent » est tantôt un substantif et tantôt un verbe, et ne se prononce pas de la même façon.

D'autres systèmes se basent sur une analyse syntaxique complète, qui est utile pour déterminer certains paramètres prosodiques. En effet, la frontière entre un groupe nominal et un groupe verbal constitue une barrière pour la mélodie de la phrase (Gaudinat & Wehrli 1997).

Bien entendu, le système ne trouvera pas forcément tous les mots d'une phrase. On peut avoir des noms propres, des néologismes ou des mots étrangers. Dans ce cas, le système essaiera de prononcer les mots d'après des règles de base. On peut affiner le système en essayant de déterminer si le mot inconnu provient d'une autre langue. Cependant, un francophone prononcera les mots allemands ou anglais d'une certaine manière, plus ou moins proche de celle de la langue d'origine, même s'il parle cette langue. Il faudrait donc trouver la bonne manière de prononcer, ce que la plupart des systèmes ne réussit pas.

De plus, les humains ne prononcent pas les mots de manière monocorde, comme les robots de certains films de science fiction des années 60-70. Ils mettent une certaine intonation dans la voix. C'est ce que l'on appelle la prosodie. Certains mots seront marqués par une élévation de la voix pour marquer leur importance. On peut montrer son émotion par la prosodie. De même, une phrase déclarative n'aura pas la même intonation qu'une phrase interrogative ou exclamative. Le système devra donc appliquer une certaine mélodie sur la phrase. On doit notamment respecter des groupes pros-

diques, dont les frontières sont déterminées par la syntaxe, d'où l'utilité d'avoir une analyse syntaxique (Gaudinat & Wehrli 1997).

Enfin, le système peut prononcer la phrase. On distingue deux grandes manières de procéder. La première est de prendre de très petites unités sonores et de les coller ensemble en faisant varier leur intonation pour fournir des syllabes, des mots et des phrases. Cette technique est appelée concaténation de diphtongues. La seconde manière de procéder est de modéliser le conduit vocal (glotte, lèvre, cavité nasale, palais, dents, mâchoire, lèvres) et de simuler par des paramètres la production de sons. Cette manière de procéder, nommée synthèse par formants, est plus compliquée. Elle produit beaucoup de cliquetis désagréables et donne des résultats moins bons.

Passons maintenant aux applications de la synthèse vocale pour l'apprentissage des langues. L'application la plus utile sera de faire entendre dynamiquement n'importe quelle phrase aux apprenants (Hamel & Wehrli, 1997). Les bénéfices à attendre d'une telle approche sont doubles. Si rien ne peut remplacer une immersion dans un milieu de locuteurs natifs d'une langue, il est néanmoins utile d'écouter une voix, même non humaine. Tout le monde n'a pas l'occasion d'aller faire un séjour linguistique à l'étranger. De plus, dans un cadre scolaire, les professeurs ne sont pas forcément des locuteurs natifs et peuvent avoir une prononciation approximative. La vidéo ou les textes enregistrés sont une solution utilisée depuis longtemps, mais leur production coûte relativement cher et l'aspect dynamique de pouvoir entendre toutes les phrases est absent.

De plus, la différence entre la graphie et la phonie de certaines langues, c'est-à-dire entre la manière d'écrire et la manière de prononcer un mot, est très différente. Prenons l'exemple de l'anglais le verbe « to laugh » et le substantif « night » s'écrivent d'une manière très différente de celle dont on les prononce. En français, citons « Monsieur », « maintenant » etc. Les assimilations entre phonèmes rendent aussi l'écriture du français difficile (« exact » prononcé /egzakt/) etc.

Comme aide supplémentaire, on peut afficher, à côté de la phrase, sa transcription phonétique. L'apprenant fera ainsi mieux le lien entre ce qu'il lit et ce qu'il entend.

Passons maintenant à des applications plus restreintes de la synthèse vocale. Si les synthétiseurs peuvent prononcer des phrases entières, ils pourront à plus forte raison faire entendre des mots, par exemple pour un dictionnaire vocal. Les phrases d'exemple seront prononçables entièrement, ainsi que les mots dérivés, les synonymes et antonymes etc. C'est un progrès par rapport aux dictionnaires classiques, où l'utilisateur n'obtient que la transcription de certains mots dans l'alphabet phonétique international, mais pas les phrases. De plus, l'utilisateur est supposé connaître la prononciation des symboles de cet alphabet. S'ils ne les connaît pas, une table des phonèmes de la langue est généralement incluse dans le dictionnaire, mais cela est inutile si l'utilisateur ne connaît pas la prononciation des paradigmes.

Les conjugueurs sont d'autres applications possibles pour la synthèse vocale. Inclus ou non dans un dictionnaire, ces outils permettent d'obtenir la conjugaison d'un verbe à tous les modes et à tous

les temps. Il est donc également utile d'inclure la possibilité de faire prononcer les formes verbales. Enfin, couplée à la reconnaissance de la parole, la synthèse vocale sera utile pour des exercices de prononciation.

Dans certains cas, la synthèse vocale sera utile pour donner des indications orales à l'apprenant pendant qu'il réalise une tâche. On peut penser qu'un message vocal déconcentrera moins l'apprenant qu'une boîte de dialogue qui apparaît et qu'il faut fermer avant de continuer la tâche.

La synthèse vocale devra encore faire des efforts pour que les défauts des voix artificielles disparaissent. Les timbres devraient être variés : voix masculine, voix d'enfant, voix féminine (Aist 1999). Au niveau de la prosodie, les exercices de prononciation pourraient être affinés et l'apprenant pourrait mieux intégrer les différentes mélodies propres à chaque langue, correspondant à différents actes de langage comme l'interrogation, l'expression des émotions etc.

Enfin, on peut suggérer que les indications d'une phrase au discours direct devrait aider à détecter le bon mode d'expression: « Retenant avec peine sa colère, Jean s'écria : 'Si vous continuez ainsi, je n'ai plus qu'à faire mes valises!' ». On peut remarquer deux paramètres qu'indiquent quel est le ton du locuteur: « avec colère » et « s'écria ».

3.6 Reconnaissance de la parole

La reconnaissance de la parole est un des domaines les plus ardues du traitement du langage naturel. Il s'agit de transformer un signal (une phrase, un mot) prononcé dans un microphone en une phrase grammaticale. Les applications les plus connues sont la dictée vocale et la commande d'appareils par la voix, par exemple pour les handicapés. Les difficultés sont multiples, comme on va le voir dans la suite de la discussion.

Il existe deux familles de reconnaisseurs de la parole, et deux modes de reconnaissance. Les reconnaisseurs peuvent accepter soit des phrases complètes prononcées de manière normale, soit des phrases avec chaque mot prononcé séparément. De plus, les reconnaisseurs travaillent soit en mode monolocuteur, soit en mode multilocuteur.

Si les mots sont prononcés séparément, il est plus facile de les reconnaître. En effet, lorsqu'un être humain prononce une phrase, les phonèmes ne sont pas prononcés les uns à la suite des autres. La syllabe /pa/ n'est pas un /p/ suivi d'un /a/. Lorsqu'il prononce la fin du /p/, le locuteur commence déjà à changer la position de ses lèvres, de sa mâchoire, de sa langue etc. pour prononcer le /a/. C'est ce que l'on appelle le phénomène de co-articulation. Ce phénomène intervient dans un mot, mais aussi entre les mots. Les locuteurs peuvent avoir différents accents et différentes manières de prononcer. C'est ce que l'on appelle la variation inter-locuteurs.

De même, lorsque le reconnaisseur a pu s'adapter à la manière de prononcer d'un utilisateur, par un processus d'apprentissage où chaque personne devant utiliser le reconnaisseur doit prononcer une série de phrases de modèle, le résultat sera meilleur que lorsque n'importe qui peut utiliser le système. Cependant, un locuteur peut avoir diverses manières de prononcer un phonème, ou sa voix peut être altérée par un rhume. C'est ce que l'on nomme variation intra-locuteur.

La technologie est encore balbutiante, mais la puissance croissante des ordinateurs permet d'obtenir des résultats meilleurs. La reconnaissance est très sensible au bruit environnant. Ainsi, dans un bureau bruyant, il sera difficile d'obtenir des résultats probants. La qualité de l'entrée sonore est aussi un facteur sensible. Des serveurs téléphoniques à commande vocale doivent se contenter d'une bande passante réduite où certains sons dans les graves et les aigus ne sont pas perçus. La qualité de la carte son et du microphone d'un ordinateur de bureau est aussi très variable.

Pour ajouter aux difficultés de la reconnaissance en elle-même, la langue contient de nombreuses ambiguïtés. Certaines peuvent être levées par une analyse syntaxique, mais d'autres pas. Comparons les frontières de mots entre « vieil Armagnac » et « vieillard maniaque ». Le son /o/ est écrit de nombreuses manières en français : « eau », « au », « aux », « o », « ô » etc. Comment différencier deux substantifs comme chœur ou cœur etc. De même, le français ne marque pas souvent le pluriel à la prononciation. Le « s » n'est pas prononcé. Parfois, l'article ou un verbe conjugué aident à déterminer le genre et le nombre des mots ambigus. Parfois, l'ambiguïté reste. Les êtres humains se servent du contexte pour lever les ambiguïtés, mais une mauvaise interprétation est toujours possible.

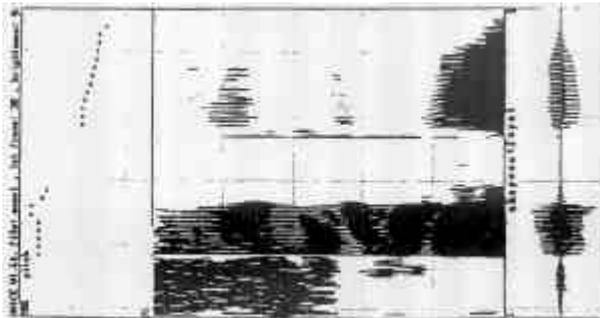
Une analyse sémantique serait sans doute nécessaire, dans la phrase elle-même, et au-delà. Ainsi, pour la phrase « nous chantons dans un chœur », le mot « chœur » n'est pas ambigu pour un être humain, qui sait, par sa connaissance du monde, qu'un chœur est un ensemble de personnes qui chantent ensemble. Il est déjà très difficile de codifier ces connaissances de manière interprétable pour un ordinateur, à moins que l'on agisse dans un micromonde et que le lexique, et éventuellement la syntaxe, soient restreints.

Que dire alors de la connaissance nécessaire pour inférer, dans le contexte d'un récit d'un grand repas, qu'un vieil Armagnac est un alcool, qu'on le boit comme digestif après un repas etc. Souvent, il faudrait construire une représentation du discours dans son ensemble. Dans l'état actuel des connaissances, c'est impossible, comme on l'a déjà évoqué au paragraphe 3.3. Pourtant, un être humain est tout à fait capable de transcrire correctement une dictée remplie d'ambiguïtés de ce genre. Nous renvoyons aux chapitres 5 et 8 de Fuchs & al. (1993) pour une bonne discussion du problème.

Passons maintenant aux applications de la reconnaissance de la parole en EAO. Aist (1999) constate que l'expression orale est essentielle dans l'apprentissage d'une langue par son côté actif. Les erreurs de reconnaissance de la parole peuvent être corrigées grâce à un analyseur syntaxique.

On peut essayer d'améliorer la reconnaissance de la parole d'après un corpus d'erreurs fréquemment commises par les apprenants. Aist (1999) donne comme exemple le mot *thin* en anglais. Les locuteurs italiens auront tendance à le prononcer /sin/, /fin/ ou /tin/.

Comme outils d'aide à la prononciation, Aist (1999) propose l'entraînement simultané de la production et de la perception avec le spectrogramme (v. ci-dessous). Ainsi, l'apprenant pourrait écouter sa prononciation et la comparer avec celle d'un locuteur natif. La prononciation pourrait être visualisée grâce au spectrogramme, en mettant en évidence les formants¹³ en couleur.



On peut voir à droite l'oscillogramme du signal, mais avec les axes permutés. Le temps est sur l'axe vertical, et l'amplitude sur l'axe horizontal. Dans le cadre de gauche une courbe mélodique, avec les axes également permutés. La hauteur de la mélodie est donc sur l'axe horizontal. Enfin, au centre se trouve le spectrogramme avec des taches plus noires qui sont les formants. En abscisse se trouve l'axe du temps, en ordonnées les fréquences.

Cependant, les spectrogrammes sont des graphiques très difficiles à lire. Il est peu aisé de distinguer les frontières de phonèmes. De plus, cet outil ne fournit pas de solution à l'apprenant pour améliorer sa prononciation. Il peut tout au plus voir la différence de hauteur des formants avec la phrase correcte. En soi, un spectrogramme n'est pas vraiment utile. Il faut l'accompagner de propositions de remédiation. On verra plus loin quels propositions peuvent être avancées.

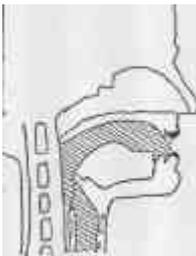
Les oscillogrammes sont des courbes sonores simples, qui n'offrent pas une grande aide aux apprenants. En effet, il est difficile de voir à quelles syllabes correspondent les différentes parties du signal. Même si une indication des syllabes apparaissait sur la courbe, le même problème se poserait à l'apprenant que pour les spectrogrammes. La plupart des logiciels sur le marché se contentent pourtant d'offrir cette unique solution.

Cazade (1999) propose une série d'aides à l'apprentissage. Un graphique en histogrammes peut souligner les périodes d'intensité. On peut imaginer que l'apprenant écoute une phrase d'exemple, par exemple par synthèse vocale, tandis que l'histogramme correspondant au segment de phrase p-

¹³ Les formants sont des traces d'énergie sonore intervenant à diverses fréquences, lorsque l'on prononce des sons. Chaque voyelle possède 4 formants, dont deux sont indispensables pour la différencier des autres. Les formants sont des traces des résonances des cavités du conduit vocal et qui modifient le son émis par la vibration des cordes vocales. Ces cavités sont plus ou moins grandes par la variation de la position des différents organes : glotte, dos et pointe de la langue, ouverture-fermeture de la mâchoire, et ouverture-fermeture et arrondissement (protrusion) des lèvres.

noncé du graphique change de couleur. Les phonèmes ou la phrase orthographique pourraient être notés au dessous du graphique. Ensuite, l'apprenant pourrait prononcer la phrase et comparer le graphique correspondant à sa prononciation avec celle de la phrase d'exemple.

Une autre représentation utile serait une courbe mélodique de la phrase. Dans certaines langues comme le chinois, ce type de représentation serait une aide précieuse. Cazade (1999) rejette l'idée d'utiliser un spectrogramme. Il vaudrait mieux fournir une image du conduit vocal, comme ci-dessous. La position des différents organes de l'apprenants et la position correcte pourraient être simulées sur cette image.



Les outils de reconnaissance seront plus efficaces dans une situation authentique (Aist 1999). Le côté artificiel des laboratoires de langue peuvent rebuter l'apprenant. Une tâche à résoudre en donnant des ordres oraux dans un micromonde, en interaction avec un agent interlocuteur qui utiliserait une synthèse vocale pourrait être une situation intéressante.

L'évaluation de la prononciation n'est pas une chose aisée. Beaucoup d'auteurs (Aist 1999, Witt & Young 1999) affirment la nécessité de donner un score à une prononciation. Il faudrait bien entendu proposer une remédiation. Witt & Young (1999) voient un avantage d'utiliser l'ordinateur pour l'apprentissage de la prononciation: les apprenants sont face à une machine et n'ont plus peur de se tromper face à une classe. Un bon score donné à une prononciation permettra d'offrir un feed-back intelligent et utile. Se fixant un but minimaliste, Wachowicz & Scott (1999) proposent de demander à l'apprenant de prononcer des paires minimales et de lui donner un score. Le même exercice peut être fait avec des phrases proposées par le système.

Pour conclure, suggérons encore d'utiliser comme aide secondaire à la prononciation des battements sonores, comme pour un métronome, qui marque le rythme de la phrase. Ceci serait utile pour entraîner des automatismes. D'autre part, certaines langues jouent plus que d'autres sur les rythmes, pour marquer certaines émotions.

3.7 Traduction automatique

La traduction automatique est une discipline très ancienne du traitement automatique du langage naturel. Dès les années cinquante, le gouvernement américain a lancé des programmes de recherche sur la traduction du russe, avec des moyens financiers très conséquents. Le contexte politique de

l'époque - guerre froide, course à la conquête spatiale - justifiait les sommes investies, dans le but de comprendre des textes scientifiques, économiques ou politiques, et de pouvoir sélectionner automatiquement les textes les plus intéressants. Le moins que l'on puisse dire est que les résultats atteints n'étaient pas à la hauteur des attentes et ne le sont toujours pas plus de quarante ans plus tard.

Avec la puissance de calcul des ordinateurs de l'époque, les traducteurs automatiques se contentaient d'une traduction mot à mot, puis éventuellement d'opérer quelques changements syntaxiques. Cette technique s'est vite avérée inefficace, mais est toujours utilisée par certains produits commerciaux.

Les traducteurs automatiques de deuxième génération utilisent la technique des langages pivots ou du transfert. Les langages pivots sont une représentation abstraite profonde et indépendante de la langue de la phrase source et de la structure du discours (Fuchs & al. 1993: 207). Ensuite, la phrase pivot est transformée vers la langue cible.

La technologie du transfert est moins ambitieuse. La phrase de la langue source est analysée et est codifiée sous une forme sémantique plus ou moins abstraite. Puis un module de transfert traduit la phrase dans une nouvelle représentation sémantique pour la langue cible. Enfin, un module de génération transforme la représentation sémantique dans la phrase cible.

Cette technique donne des résultats bien meilleurs, mais loin d'être parfaits. Comme nous l'avons déjà vu, les analyseurs ne parviennent pas toujours à donner une structure grammaticale à la phrase. Il est difficile de dériver une phrase pivot correcte sans une bonne structure grammaticale. Certaines langues ont des structures très différentes, comme par exemple le français et l'allemand.

Actuellement, les recherches vont dans trois directions pour améliorer la qualité des outils

- ◆ les mémoires de traduction. L'outil de traduction enregistre et indexe des phrases ou des parties de phrases et leurs équivalents dans la langue cible. La traduction provient soit d'un traducteur humain, soit d'un traducteur automatique interactif qui enregistre les choix validés par l'utilisateur pour s'améliorer. Le traducteur humain n'aura plus qu'à valider ou non la traduction ou une des traductions proposées par l'ordinateur. Le traducteur automatique n'aura plus besoin d'interagir avec l'utilisateur s'il rencontre une construction ou une phrase ambiguë qui a déjà été traitée par le passé. Cette technique intéresse avant tout les entreprises qui traduisent souvent le même type de documents, comme par exemple les modes d'emploi. Le gain de temps est important.
- ◆ l'amélioration des langages pivots. Les informations tirées de l'analyse syntaxique sont plus riches et permettent une meilleure traduction.
- ◆ l'analyse du discours. On essaye d'avoir une représentation partielle du sens, non plus d'une phrase mais d'un paragraphe ou d'un texte entier. Ainsi, le contexte est connu, les anaphores peuvent être résolues, certaines ambiguïtés lexicales pourront être levées. C'est un champ encore mal connu et expérimental.

Passons maintenant aux difficultés rencontrées par la traduction automatique. Le transfert lexical entre deux langues est une opération très délicate. Dans la phrase « Il n'aime pas les avocats », il faudra choisir entre le fruit et l'homme de loi, qui seront deux mots différents dans la plupart des langues. La polysémie des mots est un problème difficile. Comment choisir entre les nombreux sens du verbe anglais « *to get* » ? Certains outils de traduction choisissent de poser la question à l'utilisateur, dans un dialogue interactif.

Certains choix de traduction entraînent des différences syntaxiques importantes. Traduisons « Marie regarde l'homme sur la colline avec ses jumelles ». Plusieurs traductions sont possibles. « *Mary looks at the man on the hill with her binoculars* » ou « *wearing / holding / with his binoculars* ». De plus, « jumelles » peut être compris comme un instrument d'optique et traduit par «binoculars », ou par des filles et traduit pas «twins ».

Il est toujours délicat de rattacher les syntagmes prépositionnels, qui sont la source de nombreuses ambiguïtés syntaxiques. Ici « sur la colline » est ambigu, mais peu importe de savoir si Marie ou l'homme ou les deux se trouvent sur la colline. La traduction sera identique.

La principale ambiguïté d'attachement syntaxique de cette phrase porte sur «jumelles». Et comme en anglais, le pronom personnel est marqué par le genre, l'interprétation a toute son importance. Un analyseur syntaxique pourrait rattacher «avec ses jumelles » à « sur la colline ». En effet, les analyseurs choisiront en premier le point d'attachement le plus proche dans la phrase. Cette analyse est grammaticale, mais peu satisfaisante. Par contre, le verbe « regarder », tout au début de la phrase, est aussi une possibilité d'attachement. C'est un verbe de perception, et nos métaconnaissances du monde qui nous entoure nous fera sans doute adopter cette interprétation, qui implique que les jumelles appartiennent à Marie. Mais le contexte précédent cette phrase donnait peut-être plus de poids à l'autre interprétation. Comme les outils de traduction automatique ne vont généralement pas au-delà de la phrase, l'ambiguïté ne sera pas levée.

Enfin, un obstacle important provient des expressions idiomatiques. Celles-ci, comme «casser sa pipe » ou « être en porte-à-faux », font toute la richesse d'une langue. La maîtrise de leur emploi est essentielle à la qualité d'un texte. Or les expressions idiomatiques ne peuvent pas être traduites telles quelles. Un anglophone ne comprend pas la traduction «*to break his pipe* », qui sera probablement donnée par la plupart des traducteurs automatiques. L'expression équivalente en anglais- « *to kick the bucket* » - ne peut naturellement pas être traduite par «heurter le seuil ».

Les expressions idiomatiques peuvent subir certaines transformations, mais qui sont soumises à des contraintes fortes. « Casser sa pipe » se trouve essentiellement au passé composé à la 3^e personne. « Il / elle a cassé sa pipe » sera accepté, mais pas « j'ai » ou « tu as cassé ta pipe », ni « elle casse sa pipe ». On peut accepter à la rigueur le pluriel «ils ont cassé leur pipe ». On peut également insérer un adverbe « elle a vraiment cassé sa pipe ». Mais ces variations apportent davantage d'ambiguïté entre le sens premier et le sens idiomatiques. Les expressions idiomatiques ont des

contraintes au niveau de la conjugaison et de l'insertion de mots ou syntagmes au milieu de la forme idiomatique. Elles sont donc peu faciles à repérer dans une analyse, et donc à traduire.

En outre, le locuteur humain comprendra facilement si c'est le sens propre ou figuré qui doit être pris. Un texte peut d'ailleurs jouer sur ces ambiguïtés, pour obtenir un effet comique, ironique ou simplement stylistique. Tout l'art de la traduction par des humains consiste à repérer ces effets et à les rendre le mieux possible. Les traducteurs humains ajouteront parfois une note pour indiquer au lecteur l'effet de style en citant la phrase dans la langue source et en expliquant l'ambiguïté.

Toutefois, ces effets sont moins fréquents dans les textes techniques, légaux ou journalistiques pour lesquels la majorité des produits sur le marché sont conçus. Cependant, les expressions idiomatiques sont fréquentes même dans ces types de texte peu littéraires.

La traduction automatique n'est donc pas près de remplacer les humains. Toutefois, l'ambition actuelle est de fournir le plus rapidement possible un aperçu d'un texte à l'utilisateur, pour qu'il en comprenne le sens général. Dans une administration multilingue, peu importe qu'un texte interne soit parfaitement traduit. Il doit être compris dans les grandes lignes. Les textes destinés à être diffusés et publiés seront traduits par des humains.

Il n'y a pas énormément d'applications pédagogiques à la traduction automatique, notamment à cause des faibles résultats. Les débutants dans une langue pourraient demander une traduction d'une phrase ou d'un texte. Même si la qualité de la traduction est discutable, elle sera dans la langue maternelle de l'apprenant, qui sera en mesure de comprendre et de surmonter les erreurs. Par contre, la démarche inverse est à déconseiller. En effet, les erreurs de traduction pourraient induire en erreur les apprenants et leur faire apprendre des erreurs de vocabulaire ou de syntaxe.

Les mémoires de traduction peuvent aider les apprenants en traduction pour faire des compositions. Elles feraient alors office de logiciel de traitement de textes, accompagné d'un dictionnaire de règles de grammaire et de conjugaison (Davies in Parsons 1995). On peut également les employer comme accès à un lexique dans un environnement dynamique selon Hartley (in Parsons 1995). Selon lui, elles permettent aussi de fournir automatiquement des modèles de traduction et des exemples de traduction dans un monde réel.

Des applications offrent des outils pour l'apprentissage de langues pour l'aide à la traduction. Dans le cadre du projet Glosser, qui cherche à faciliter l'accès à un corpus à l'aide d'outils de traitement de la langue, Dokter & Nerbonne (1999) ont développé un outil qui repère les collocations et offre une traduction. Ainsi, en cliquant sur « guerre », le système mettra en évidence la collocation entre « guerre » et « mondiale » et proposera la traduction « world war ». Hu, Hopkins & Phiney (1999) proposent un outil d'apprentissage de l'anglais langue étrangère. Il dispose d'un corpus, mais offre aussi une assistance à l'écriture de l'anglais. En cherchant dans une base d'erreurs, leur outil permet de détecter les faux amis et d'autres fautes typiques commises par les apprenants.

3.8 Génération

La génération consiste à construire une phrase grammaticale à partir d'une représentation. Cette représentation peut être une phrase dans un langage pivot, une représentation sémantique, ou des informations d'une base de données. (Fuchs & al. 1993: 253).

On utilise essentiellement la génération dans trois domaines: la traduction automatique, la génération de résumé et le dialogue homme-machine. Le premier domaine a été déjà abondamment traité au paragraphe 3.7. On peut s'arrêter quelques instants sur le dernier point.

Aujourd'hui, notre environnement est envahi d'ordinateurs, du distributeur bancaire à la borne d'information, en passant par l'annuaire téléphonique. Tout est fait, avec plus ou moins de succès, pour que l'utilisateur obtienne rapidement ce qu'il cherche, à l'aide d'instructions claires apparaissant à l'écran. Tout se complique lorsqu'il faut dialoguer avec un ordinateur par téléphone. Non seulement, comme on l'a vu, la reconnaissance vocale est difficile, mais encore il faut s'assurer que la communication entre l'homme et la machine se passe bien. Imaginons une application de commande de billets de train par téléphone: il faut s'assurer que les gares de départ et d'arrivée sont les bonnes, négocier le bon tarif, la classe, l'heure de départ etc. L'ordinateur doit demander à l'utilisateur les renseignements dont il a besoin, il doit détecter les erreurs, les incohérences, les inférences, et s'assurer que le module de reconnaissance de la parole a bien compris. Il faut donc un générateur pour générer les phrases complètes et les transmettre au synthétiseur.

Les logiciels d'enseignement par ordinateur doivent particulièrement bien soigner le dialogue avec l'utilisateur. Pour cela, un analyseur, comme on l'a déjà souligné, doit donner des informations aussi fiables et complètes que possible. Il faut éviter que des feed-backs trop génériques soient envoyés à l'apprenant. Il y a un risque que l'apprenant prenne la phrase « je ne comprends pas » pour du pain béni et croie qu'il est en face d'une machine intelligente. Il faut fournir un feed-back le plus formateur possible, qui mette le doigt sur l'erreur de l'apprenant et sur le moyen d'y remédier. Une réaction intelligente sera adaptée au niveau de l'apprenant, ainsi qu'à ses lacunes connues.

Hamburger, Schoelles & Reeder (1999) prônent l'emploi d'un générateur pour simuler une conversation. L'apprenant pourrait alors entraîner l'emploi des parties du discours. De plus, un tel système pourrait remplacer l'immersion de l'apprenant dans la langue. Nous pouvons également suggérer qu'un tel système soit associé à un reconnaisseur et à un synthétiseur de la parole, pour mieux simuler l'immersion. Toutefois, les techniques actuelles ne sont pas encore assez fiables pour permettre un tel système.

Un générateur peut également générer une phrase correcte à partir d'une phrase mal formée par un apprenant (Vandevanter 1998). La phrase doit être analysée avec des contraintes syntaxiques relâchées et corrigée grâce une grammaire des erreurs.

Vandeventer & Hamel (2000) proposent de réutiliser le générateur GBGEN, développé au Laboratoire d'Analyse et de Technologie du Langage de l'Université de Genève (Etchegoyhen & Wehrle 1998), pour un outil d'apprentissage des langues. Ce générateur est basé sur des représentations sémantiques appelées structures pseudo-sémantiques (*pseudo-semantic structures PSS*), qui contiennent des informations abstraites comme le rôle thématique et qui peuvent contenir d'autres PSS appelées satellites. Les PSS elles-mêmes contiennent trois sous-types. Les CLS (*clause structures*) contiennent un prédicat, soit un verbe, soit un adjectif. Les CLS contiennent également des informations sur le temps du verbe et le type d'énonciation. Les DPS (*determiner structure*) contiennent un nom associé à un opérateur abstrait (déterminant, quantificateur). Enfin, les CHS (*characteristic structure*) contiennent les adjectifs ou adverbes. En résumé, seules les classes lexicales ouvertes (nom, verbe, adverbe, adjectif) sont notées en clair. Les autres informations sont codées sous forme d'opérateurs abstraits. Ces structures sont indépendantes du langage, ce qui les rend par exemple particulièrement adaptées à la traduction automatique.

Les apprenants devraient remplir des structures simplifiées à l'aide de dialogues appropriés. Le système leur demanderait de compléter les informations manquantes ou de corriger les incohérences.

Vandeventer & Hamel (2000) voient quatre avantages pour les apprenants: le système développerait leur autonomie ; il entraînerait tant la production que la compréhension du langage il les aiderait à identifier leurs lacunes ; enfin, il promouvoir des stratégies d'autocorrection.

L'autonomie serait développée car l'apprenant devrait s'ériger en expert et apprendre à donner de bonnes informations au générateur pour obtenir une phrase grammaticale. Des aides diverses lui seraient fournies : tutoriel, dictionnaires, grammaire de référence etc.).

En fournissant ces informations, l'apprenant devra anticiper le résultat de la phrase en se penchant sur sa signification. L'apprenant devra notamment décomposer les phrases en petites unités. En utilisant ses capacités d'analyse, l'apprenant sera davantage conscient de ses lacunes dans sa conception de la langue cible.

Enfin, il pourra comparer la sortie du générateur à sa propre production et corriger lui-même les erreurs commises. Si les deux phrases ne sont pas identiques, cela ne signifie pas forcément que la phrase de l'apprenant est incorrecte, mais qu'il a fourni des informations qui ne sont pas forcément adéquates.

Cependant, Dillenbourg¹⁴ estime qu'il est illusoire de croire que des apprenants d'une langue étrangère puissent apprendre une langue avec de telles structures. En effet, l'enseignement de la grammaire régresse et les apprenants manquent de références aussi bien sur la nature d'un adverbe que d'un complément d'objet direct. Vouloir leur faire remplir une structure abstraite, même simplifiée et associée à une interface conviviale, est illusoire. Les apprenants ne doivent pas apprendre princi-

¹⁴ Communication personnelle.

palement la grammaire ou la sémantique d'une langue, mais ils doivent être capables de s'exprimer à l'oral et à l'écrit et de comprendre ce qu'ils lisent et entendent. Ce système n'est donc pas adéquat pour les besoins des apprenants. Il n'est pas facile en outre d'intégrer ce type d'outil à une activité pédagogique.

D'autre part, Dillenbourg pense qu'un générateur devrait plutôt être utilisé pour des dialogues intelligents, par exemple dans un MOO, pour remplacer avantageusement des robots de conversation. Nous avons déjà parlé des limites des robots au paragraphe 2.9.5.1. Un générateur pourrait donner lieu à des scénarios pédagogiques sophistiqués.

3.9 Bilan et perspectives de l'EIAO

Pour commencer, soulignons encore quelques caractéristiques communes à tous les domaines du TALN. La première, et la plus évidente, est que tous ces systèmes doivent encore progresser avant d'être généralisés sur nos ordinateurs.

Les deux domaines les plus en retard sont la reconnaissance de la parole et la traduction automatique. Ils butent sur un problème commun qui est le sens de la langue et l'analyse du contexte. Le fait de traduire des phonèmes en une phrase présente des difficultés similaires à la recherche de la bonne traduction d'un mot ou d'un groupe de mots.

Un humain, en cas d'erreur, a de nombreux moyens hors de portée de l'ordinateur. Il est notamment capable de revenir sur une hypothèse incorrecte qui a été infirmée par la suite. Il peut aussi revenir en arrière sur un texte, interrompre son interlocuteur ou lui faire voir par des gestes ou par une attitude qu'il n'a pas compris etc. Des malentendus ou des erreurs d'interprétation restent possibles. Un ordinateur est capable de faire des calculs énormes en très peu de temps mais n'est pas capable, vu le temps nécessaire uniquement pour obtenir une ou des analyses, de comprendre un texte. Les recherches en psychologie et en psycholinguistique n'ont d'ailleurs pas totalement compris les mécanismes de la mémoire, de la cognition etc.

Les systèmes ont aussi des difficultés face aux structures qu'ils n'arrivent pas à traiter, que ce soit parce qu'elles sont incorrectes ou inconnues quoique correctes. Il faut donc encore progresser dans le traitement des erreurs. D'une part, les erreurs fréquentes ou prévisibles doivent être prises en compte. D'autre part, le système doit rester stable et continuer à fonctionner. De même, il faut qu'il soit capable de fournir des structures partielles.

Dans tous les domaines, l'apprenant pourrait être mis davantage à contribution. Il faut qu'il aide les systèmes dans la correction d'erreurs grammaticales. Il pourrait notamment aider à désambiguïser ou à corriger des mots à l'aide d'un dictionnaire bilingue, à l'aide de périphrases ou de transformations. Les recherches faites pour les traducteurs automatiques interactifs pourraient être étendues à ce domaine.

Il faudrait sans doute creuser également dans le domaine de l'adaptation à l'apprenant. Dans des logiciels d'apprentissage de langue, il n'est pas nécessaire d'activer toutes les structures grammaticales si l'apprenant est débutant. On gagnerait sans doute à faire des recherches dans cette direction, avant de concevoir des systèmes de diagnostic d'erreurs plus sophistiqués.

Dans le domaine de l'analyse, il faudrait sans doute faire davantage de recherches pour imaginer de nouvelles représentations grammaticales et des activités qui peuvent en être tirées. La démarche de Kempen (1999, v. par. 3.3) est intéressante et mérite d'être poursuivie. Il faudra chercher des manières de procéder adaptées aux différents styles cognitifs.

Un autre inconvénient des systèmes de TALN est que les systèmes évolués sont lourds et fragiles. Ils sont lourds car ils ont d'une part besoin de lexiques volumineux ou d'autres données, et d'autre part parce que les programmes sont complexes. Il faut donc avoir beaucoup de place sur un disque dur, un processeur rapide et de la mémoire en suffisance, ce qui est un problème de moins en moins important. Les CD-roms sont heureusement un moyen efficace pour la diffusion d'outils qui exigent des données volumineuses. Ils sont également fragiles à cause de la complexité des techniques mises en œuvre. Ils seront donc plus sensibles aux problèmes d'installation et à l'instabilité des systèmes d'exploitation.

Passons aux autres domaines du TALN. La synthèse vocale peut être encore un peu améliorée au niveau du son et de la transition entre phonèmes, mais les résultats actuels sont tout à fait utilisables en l'état. C'est en prosodie que des efforts doivent être faits. Il faut arriver à rendre plus fidèlement les phrases exclamatives etc. Des exercices d'intonation peuvent être imaginés, où l'apprenant pourrait varier lui-même les paramètres de hauteur des syllabes ou des phonèmes, afin de donner une mélodie à une phrase.

Pour la reconnaissance vocale, les efforts doivent porter sur deux axes : d'une part - et c'est une tautologie - il faut que les reconnaisseurs soient capables de mieux reconnaître. Les reconnaisseurs doivent probablement être adaptés spécifiquement pour une tâche. D'après les corpus d'erreurs de prononciation des apprenants, il faudrait faire varier les paramètres des reconnaisseurs en fonction de leur langue maternelle. Ainsi, on pourrait faire varier les frontières à partir desquelles tel ou tel phonème est reconnu. Au fur et à mesure de l'apprentissage, la tolérance du reconnaisseur face aux erreurs pourrait diminuer.

L'autre axe sur lequel doivent porter les efforts est la stratégie de remédiation. Tout d'abord, ceci implique un meilleur diagnostic des erreurs de prononciation, et donc l'attribution d'un score. Il faut montrer par divers moyens à l'apprenant le moyen de s'améliorer. Les coupes du conduit vocal sont certainement un moyen utile et efficace.

Enfin, en génération, il faudrait s'axer sur les dialogues intelligents et tenter quelques applications où les apprenants doivent manipuler les structures sémantiques. Cependant, il faudrait bien cadrer le domaine d'application et imaginer des activités adéquates.

Pour terminer, il faudrait élargir la perspective du TALN en EIAO. Beaucoup de travaux ont été tournés vers l'apprentissage des adultes et des adolescents, en particulier l'apprentissage des langues étrangères. Il faudrait se tourner davantage vers l'apprentissage de la langue maternelle. On constate que les enfants, même très jeunes, se débrouillent très bien avec un ordinateur. L'apprentissage de la grammaire pourrait être donc rendu plus ludique.

D'autre part, on néglige la rééducation des personnes présentant des déficiences physiques ou psychiques. De même, le TALN peut être simplement utile aux personnes ayant des problèmes pour communiquer. Des interfaces simplifiées permettent déjà d'aider les gens à communiquer pour la vie quotidienne. Il faut donc creuser de ce côté-là.

4 QUELQUES EXEMPLES D'EIAO

Nous allons maintenant examiner quelques exemples de tutoriels avec des composantes de traitement du langage. Ce sont tous des produits expérimentaux et non commerciaux, vu la difficulté de concevoir des logiciels d'EIAO. Nous essayerons de voir les caractéristiques communes et les différences. Nous évoquerons les logiciels suivants :

- ◆ Bridge (Sams 1995) est développé à l'Army Research Institute (ARI) dans le cadre du ARI Language Tutor Program, à Alexandria en Virginie. Il est basé sur l'enseignement de l'allemand, avec une extension pour l'arabe.
- ◆ MILT (*Military Intelligent Language Tutor*) (Kaplan & Holland 1995,) est développé au même institut, pour l'arabe.
- ◆ CALLE (Rypa & Feuermann 1995) est développé par XEROX Special Information Systems, à Palo Alto en Californie, pour l'espagnol.
- ◆ ALICE-chan (Levin & Evans 1995) est développé à l'Université Carnegie-Mellon, à Pittsburgh en Pennsylvanie pour le japonais.
- ◆ Spion (Sanders & Sanders 1995) est développé à la Miami University of Ohio pour l'allemand.
- ◆ Herr Kommissar (DeSmedt 1995) est développé par *amber productions* pour l'allemand également.
- ◆ Fluent (Hamburger, Schoelles & Reeder 1999 et Reeder, Hamburger & Schoelles 1999) est développé au MIT à Boston comme partie du programme *ATHENA Language Learning Project*, pour l'anglais, l'espagnol, le français, l'allemand et le russe.
- ◆ LINGO (Felshin 1995) est également une partie du projet *ATHENA*.

Nous essayerons de voir les caractéristiques communes du point de vue de l'analyse, puis des environnements, des activités et aides à l'apprentissage. Nous terminerons par une synthèse générale.

4.1 Modules d'analyse et de sémantique

Nous commencerons d'abord par les modules d'analyse et de sémantique. BRIDGE et MILT sont les logiciels les plus avancés. Ils utilisent un analyseur basé sur la théorie GB de Noam Chomsky (1991) qui permet de gérer les erreurs et accepte des phrases elliptiques. Cet analyseur présente l'avantage d'une adaptation facile à d'autres langues, par le paramétrage des modules d'analyse. En cas d'échec de l'analyse, l'analyseur doit s'arrêter sans dommages et sans bloquer le système, et, lorsque c'est possible, donner les raisons de son échec.

MILT permet en outre une analyse sémantique du dialogue. Une structure sémantique complexe de la phrase est déterminée, à partir de primitives qui dénotent l'orientation dans l'espace, la possession, l'identification et l'existence des objets, le temps etc.

CALLE est basé sur une grammaire de type LFG (*Lexical Functional Grammar*). Les phrases analysées peuvent être affichées d'une part sous forme d'un arbre, et d'autre part sous la forme d'une structure fonctionnelle parenthésée, avec les prédicats et arguments. Il n'y a pas pour l'instant de détection d'erreurs.

L'analyseur d'ALICE-chan permet de désambiguïser les phrases interactivement et d'extraire les opérations illégales, optionnelles ou obligatoires. Par la structure déclarative des connaissances, il est adaptable à d'autres langues.

Spion dispose d'un module sommaire restreint aux phrases impératives. *Herr Kommissar* est plus développé. Il est basé sur une grammaire catégorielle et une analyse prédicative et permet la signalisation des erreurs.

LINGO et Fluent partagent le même moteur d'analyse syntaxique basé sur une grammaire indépendante du contexte. Sa stratégie est dérivée de l'analyseur de Marcus : une tête de lecture de l'automate à états finis examine également quelques mots au-delà du mot en cours d'analyse. Il étend les ellipses et les références. L'analyseur permet d'obtenir une analyse sémantique, considérant les pronoms, les temps et l'aspect, sous forme de prédicats et arguments.

Nous pouvons constater que les stratégies d'analyse sont très diverses. Les algorithmes d'analyses sont tous différents, ainsi que les théories linguistiques sous-jacentes. Le degré de couverture de la langue n'est pas le même entre Spion et MILT par exemple. MILT, Fluent et ALICE-chan ont par exemple une architecture adaptable à d'autres langues. Certains analyseurs sont plus robustes que d'autres, car ils permettent l'analyse des erreurs.

Relevons encore une caractéristique intéressante de MILT et de Fluent par exemple. Les expressions référentielles et les ellipses sont prises en compte. Comme nous avons pu le voir entre autres au paragraphe 3.3, c'est une des difficultés de l'analyse syntaxique. Cependant, en utilisant un micromonde graphique, on restreint le nombre d'objets potentiels et la résolution de la référence est plus facile.

4.2 Environnement, activités et aides à l'apprentissage

Passons maintenant en revue les environnements proprement dits, avec les activités et les aides à l'apprentissage. Bridge et MILT sont basés sur des micromondes. Ils ont pour but d'entraîner les membres des services de renseignement de l'armée, par exemple pour l'interrogatoire de prisonniers.

Les exercices sont basés sur les types de tâches auxquels sera confronté l'apprenant. Le premier système, Il est doté d'un micromonde graphique.

BRIDGE fournit en outre des exercices où l'apprenant doit remplir des trous dans les phrases, classer des termes, fournir des réponses libres etc. Un environnement graphique simple permet de cliquer sur une image (carte ou dessin) pour répondre à une question d'orientation spatiale¹⁵. Les activités sont plus restreintes. Des indices peuvent être affichés et l'on peut consulter un dictionnaire bilingue. Les erreurs traitées sont classées entre erreurs primaires, immédiatement signalées à l'apprenant, et erreurs secondaires, qui peuvent être signalées immédiatement ou après coup, ou tout simplement ignorées, au choix de l'enseignant. La progression des exercices peut être fixe ou basée sur les performances. L'apprenant peut visualiser graphiquement sa progression et ses erreurs.

Par contre, dans *MILT*, les exercices mettent l'apprenant dans une situation authentique d'interrogatoire. Au fur et à mesure, il peut remplir une fiche de renseignements. *MILT* est maintenant doté d'un module de reconnaissance vocale en parole discontinue de la marque *DRAGON*¹⁶. L'apprenant interagit avec un agent animé. Il est essentiel d'exercer la production du langage. Plus l'apprenant est avancé, plus le taux d'erreurs acceptées par le reconnaiseur est faible, ce qui le force à être efficace.

Spion et *Herr Kommissar* sont aussi basés sur des micromondes, avec des choix restreints de situation et d'actions. *Herr Kommissar* permet tout de même de mener un interrogatoire, où le suspect ne répond toutefois qu'aux réponses pertinentes, pour des raisons évidentes de restrictions dues au micromonde.

Dans *LINGO*, il faut aider un esprit frappeur à mettre une maison sens dessus-dessous. Par contre, *Fluent* est basé sur un micromonde graphique où il faut réaliser certains buts en le divisant en tâches. Par des dialogues authentiques et pertinents, *Fluent* veut exposer les apprenants à des phénomènes clé de la langue. Les dialogues utilisent les expressions référentielles, l'ordre temporel etc. Le micromonde graphique représente des environnements familiers (cuisine, bureau...). L'apprenant peut prendre des objets ou allumer et éteindre des appareils. Le fait de réaliser des actions permet d'apprendre le contexte d'emploi des prépositions, la sous-catégorisation des verbes etc. Les dialogues ont des fonctions autocorrectives. Si une erreur a été commise, le dialogue pose une question de confirmation contenant la forme correcte.

Enfin, dans *CALLE*, l'apprenant découvre des constructions problématiques de l'espagnol à l'aide d'articles de journaux. L'apprenant doit répondre à des questions. Le tutoriel est basé sur des états et des transitions. Un module de l'élève stocke les réponses des apprenants pour un usage ultérieur.

¹⁵ L' accent est mis sur la description de lieux, ce qui est primordial pour le renseignement militaire.

¹⁶ Pour contourner l'écueil de la reconnaissance mot à mot, 70 phrases sont enregistrées comme un seul mot, ce qui permet d'exercer la parole continue. Par contre, à la moindre erreur ou à la moindre variation par rapport à la phrase clé, la reconnaissance échoue.

Passons à la synthèse. Comme première remarque, on peut constater que la plupart des logiciels présentés ici sont basés sur des micromondes. Comme on l'a vu au paragraphe 2.8, ces environnements permettent de contrôler l'expression de l'apprenant. En outre, comme dans MILT ou Fluent, ils mettent l'apprenant devant une tâche précise à accomplir. Spion et Herr Kommissar, qui sont des outils plus simples, démontrent également l'utilité d'utiliser les micromondes pour restreindre les constructions syntaxiques et les actions à accomplir.

Au niveau pédagogique et au niveau du module de l'élève, MILT et BRIDGE sont incontestablement les plus développés. Les erreurs ne déclenchent pas tout de suite une réaction du tutoriel (v. par. 3.1). L'enseignant a beaucoup de possibilités d'adapter le didacticiel à ses besoins. Fluent utilise aussi une manière évoluée de corriger l'apprenant.

CALLE se distingue des autres logiciels. Il favorise plutôt une découverte grâce à une activité authentique. Il est surtout centré sur un tutoriel pour son action pédagogique, avec une activité plus simple.

Un seul logiciel utilise la reconnaissance de la parole, MILT. Il utilise un logiciel commercial qui n'est pas conçu pour cette tâche. Il n'y a pas de stratégie de remédiation, comme celles qui ont été présentées au paragraphe 3.6.

4.3 Un domaine encore balbutiant

Nous avons présenté ici un très petit nombre de logiciels, en relevant leurs similitudes et leurs caractéristiques principales. Nous pouvons maintenant examiner ces résultats à la lumière du tour d'horizon de l'EIAO au chapitre 3.

Une première remarque s'impose. Ces logiciels ne sont pas commerciaux. L'EIAO est très difficile à implémenter, et les résultats ne sont pas encore à la hauteur des promesses d'outils pleinement intelligents.

On peut notamment invoquer les problèmes de fiabilité et de robustesse des analyses, par rapport aux erreurs commises par les apprenants. En outre, le problème de la correction des erreurs est loin d'être résolu. Enfin, les systèmes doivent souvent être restreints à des micromondes, afin de contraindre les phrases des apprenants, pour éviter au maximum les erreurs d'analyse ou de correction.

La seconde remarque est que ces logiciels se cantonnent tous à l'analyse syntaxique et à la correction d'erreur, à part MILT qui a un logiciel de reconnaissance de la parole et qui n'utilise ce module que pour une utilisation limitée.

Nous n'avons pas trouvé d'exemple pour des logiciels qui utiliseraient d'autres techniques de TALN. Il reste donc beaucoup à faire pour tester les différentes branches du TALN dans le but d'enseigner les langues.

5 LE PROJET SAFRAN

SAFRAN (Système d'Apprentissage du FRANçais) est un projet de recherche, débuté en 1995 et achevé en 1999, qui vise à développer un logiciel d'Enseignement de Langue Assisté par Ordinateur (ELAO) pour le français langue étrangère, parlé et écrit, en employant les ressources du multimédia (son, images, animations etc.). Il a été principalement développé au Laboratoire d'Analyse et de Technologie du Langage (LATL) de l'Université de Genève.

SAFRAN veut expérimenter dans le domaine de l'enseignement des langues l'utilisation d'outils de traitement du langage naturel (reconnaissance de parole, synthèse vocale, analyse syntaxique, correction grammaticale), qui ont atteint un stade de développement suffisant pour être utilisables. SAFRAN veut aussi montrer que des outils développés pour une utilisation générale peuvent être adaptés et réutilisés dans le domaine de l'apprentissage des langues. Deux modules d'enseignement ont été prévus, pour la grammaire et pour la phonétique, ainsi qu'un dictionnaire de concepts pour l'apprentissage du lexique. SAFRAN dispose d'une interface sur PC et est disponible sur le Web (SAFRAN s. d.). Les tutoriels sont écrits en HTML.

Le projet a été initié par le professeur Eric Wehrli, directeur du LATL (Genève), et Marie-Josée Hamel, linguiste canadienne du CCL (*Center for Computational Linguistics*) de l'University of Manchester Institute of Science and Technology (UMIST) à Manchester. A ses débuts, le projet impliquait aussi plusieurs partenaires : Dimitar Vesselinov, linguiste bulgare spécialisé dans l'enseignement du français à l'Université de Sofia, Zoltan Pinter, informaticien à l'Ecole de Médecine de l'Université de Pecs en Hongrie, Jean-Luc Cochard et Gérard Chollet, experts en reconnaissance de la parole, respectivement à l'Institut Dalle Molle d'Intelligence Artificielle Perceptive (IDIAP) à Martigny (Suisse) et à l'Ecole nationale supérieure des télécommunications (ENST) de Paris.

SAFRAN a reçu des fonds de FRANCIL (réseau FRANçais des Industries de la Langue), la branche d'ingénierie linguistique de l'AUPELF. En juin 1996, l'UMIST a reçu un don d'ELSNET (*European Network in Language and Speech*) pour le développement du module de phonétique.

Le public cible de SAFRAN est les étudiants de première année d'un programme de préparation à l'enseignement du français à l'Université de Sofia. L'étude des besoins a montré la nécessité d'avoir accès à des ressources linguistiques en français, au niveau oral particulièrement, vu qu'il y a peu de locuteurs natifs en Bulgarie et peu de matériel destiné à l'apprenant. Pour davantage de détails, on consultera Hamel & Wehrli (1997).

Nous allons maintenant présenter les différentes caractéristiques de SAFRAN. Pour cela, nous verrons comment les différentes composantes d'un logiciel d'EIAO que nous avons vues au paragraphe 3.1 ont été prises en compte (module expert etc.). Ensuite, nous procéderons à une évaluation plus générale.

5.1 Module expert

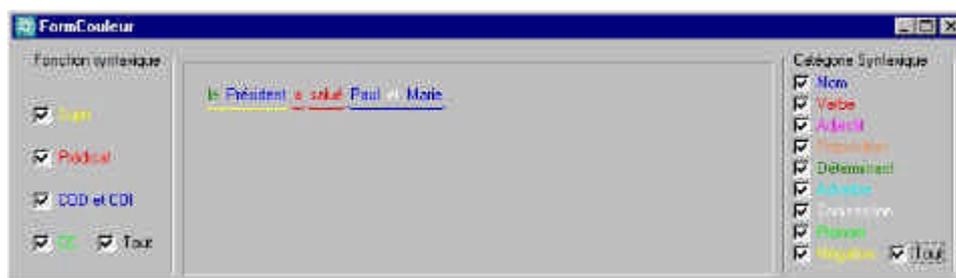
Dans SAFRAN, le module expert est constitué par des modules de TALN. Seuls des composantes d'analyse syntaxique et de synthèse vocale sont disponibles.

5.1.1 L'analyseur

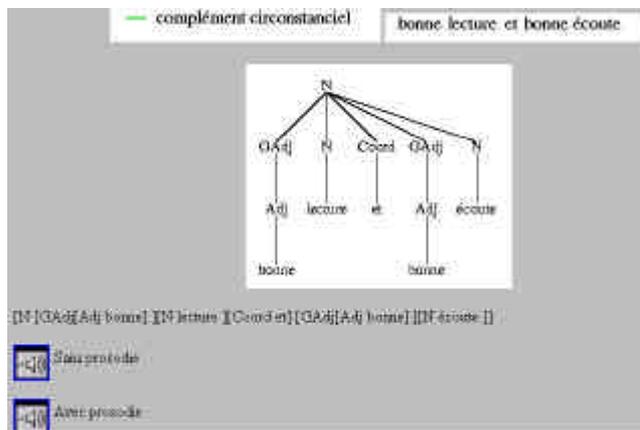
L'analyse est disponible de trois manières. L'apprenant peut cliquer sur une phrase d'exemple du tutoriel, taper ses propres phrases ou encore sélectionner une phrase quelconque du tutoriel. L'analyseur utilisé est FIPS, développé au LATL (Genève) et basé sur la théorie du Gouvernement et du Liage (GB) de Noam Chomsky (Chomsky 1980, 1987 et 1991). On en trouvera une description détaillée dans Wehrli (1992, 1997) et Laenzlinger & Wehrli (1991). FIPS fournit une analyse riche dans une structure complexe.

Examinons la phrase suivante : Le président a salué Paul et Marie. Voici maintenant l'analyse fournie par FIPS : [TP[DP le [NP président]][T' a [VP salué [DP [ConjP[DP Paul][Conj] et [DP Marie]]]]]]. TP (*Tense phrase*) est le syntagme de la phrase avec un verbe conjugué. DP (*Determiner Phrase*) est le domaine du déterminant, NP (*Noun Phrase*) celui du nom, AP (*Adjective Phrase*) celui de l'adjectif, PP (*Prepositional Phrase*) celui de la préposition et VP (*Verb Phrase*) celui du verbe à l'infinitif ou au participe. T' contient le verbe auxiliaire ou les verbes conjugués aux temps simples. Il existe encore les domaines AdvP (*Adverbial Phrase*) pour les adverbes, FP (*Functional phrase*) pour les structures fonctionnelles et CP (*Complementizer phrase*) pour les pronoms interrogatifs (qui, où), relatifs ou les complémenteurs (que).

Ces structures sont trop complexes pour des apprenants d'une langue étrangère qui ne font pas de linguistique (v. par.3.3). Les étiquettes des phrases ont été changées et les structures ont été simplifiées (Hamel & Vandeventer 1998). Le NP et le DP sont fusionnés et remplacés par le plus classique GN (groupe nominal). Des étiquettes ont été ajoutées (Part. pour le participe, Cl pour les clitiques). D'autres ont été enlevées, comme FP. Enfin, c'est une sortie couleur, comme ci-dessous, qui apparaît par défaut.



L'utilisateur peut choisir de n'afficher que certaines catégories ou fonctions syntaxiques. Sur la version Web, on peut également afficher la structure arborescente comme ci-dessous. Sur le Web, synthèse et analyse ne sont pas séparées et il faut cliquer un lien pour entendre la synthèse vocale.



FIPS est capable de fournir des analyses partielles, dont nous avons un exemple ci-dessus puisque la phrase n'est pas complète. Il répond de manière satisfaisante aux exigences de robustesse présentées au paragraphe 3.3. Par contre, il n'y a pas de correction d'erreurs (v. par. 3.3 et 3.4).

5.1.2 Le synthétiseur

Passons à la synthèse de la parole. Elle est obtenue par le synthétiseur FIPSVox, qui se base sur l'analyse de FIPS et utilise le synthétiseur MBROLA, développé à la Faculté polytechnique de Mons (Belgique). On en trouve une description dans Gaudinat & Wehrli (1997) et Gaudinat & Goldman (1998).

La synthèse est disponible pour l'apprenant à travers les mêmes modes que l'analyse. En outre, le dictionnaire conceptuel et l'outil de conjugaison sont reliés à l'outil de synthèse. Même si la qualité de la synthèse et particulièrement de la prosodie ne vaut pas des exemples enregistrés par des locuteurs natifs, les apprenants peuvent lire et entendre en même temps n'importe quelle phrase. On sait que le français a de grandes différences entre graphie et phonie (cf. par. 3.5). Cet outil constitue donc une aide non négligeable à l'apprenant. Pour la synthèse de l'anglais dans le dictionnaire conceptuel (par. 5.3), SAFRAN fait appel au synthétiseur DECTALK.

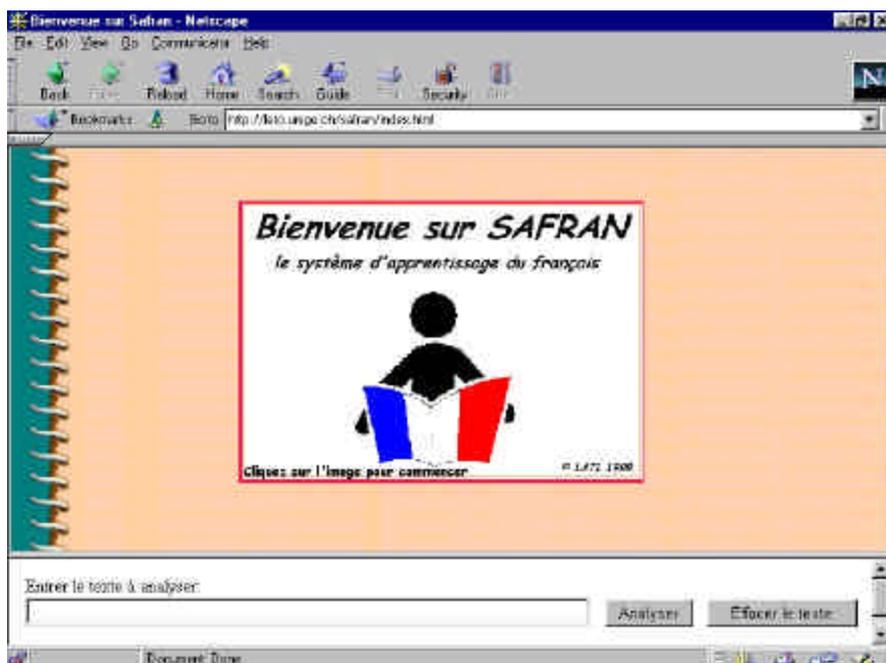
5.2 Module d'interface

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, SAFRAN comprend deux modules d'interface. Le premier fonctionne sur un PC sous Windows 95 et plus récent.



Le tutoriel occupe la partie supérieure de la fenêtre. En bas à gauche se trouve la ligne d'interface entre le tutoriel et l'analyseur, dont nous reparlerons dans un instant. Enfin, en bas à droite, nous voyons les outils de navigation sur lesquels nous reviendrons également, et les liens avec les différentes aides à l'apprentissage dont il sera question au paragraphe 5.3.

SAFRAN a également été mis à disposition sur le web à des fins de démonstration. Seul le tutoriel est disponible. Il fait appel aux fonctions de la synthèse et de l'analyse. Voici l'aspect de SAFRAN sur le web grâce au logiciel Netscape :



La technologie des pages à fenêtres multiples permet de donner accès à la fois au tutoriel et à l'analyseur. On peut donner une phrase à analyser dans la fenêtre du bas et afficher son analyse dans la fenêtre du haut. Comme le montre l'exemple d'analyse ci-dessous, il faut cliquer sur un bouton pour obtenir la prononciation de la phrase.

Il nous reste encore à examiner l'interface avec la synthèse et l'analyse. Comme nous l'avons vu au paragraphe 5.1, synthèse et analyse ne sont pas séparées sur la version Web.

Pour la version PC, dans le groupe « Synthèse / Analyse » en bas à droite de la fenêtre, il y a deux zones d'affichage. Comme on le voit ci-dessous, la zone du haut contient la phrase analysée ou prononcée. Cette phrase est soit tapée par l'apprenant, soit affichée lorsque l'apprenant clique sur l'image des phrases d'exemple du tutoriel, soit encore affichée lorsque l'apprenant sélectionne une phrase du tutoriel et clique sur le bouton droit de la souris.

La zone d'affichage du bas contient la phrase synthétisée en alphabet phonétique international. Comme nous l'avons souligné (v. par. 3.5), cette fonction est importante pour que l'apprenant apprenne bien à distinguer les différents phonèmes lorsqu'il les entend et puisse les comparer avec la phrase orthographique au dessus.

Le bouton avec l'icône de la bulle permet d'envoyer la phrase au synthétiseur. Si on clique sur les flèches, on bascule vers une analyse grammaticale, et le bouton change vers l'icônes des lunettes qui permet de déclencher l'analyse.



Revenons aux pages du tutoriel. Le titre de la page se retrouve en haut dans la bordure autour du texte. La figure ci-dessous présente une page du tutoriel :

F) Pronoms réfléchis

Les pronoms réfléchis présentés dans le [tableau](#) des pronoms ont la propriété de se référer obligatoirement au sujet (voir [section I](#) sur l'interprétation des pronoms). Ils se comportent comme des pronoms conjoints lorsqu'ils ont la fonction d'objet direct ou d'objet indirect avec la préposition "à" (datif)

(1)

a. Pierre se rase.

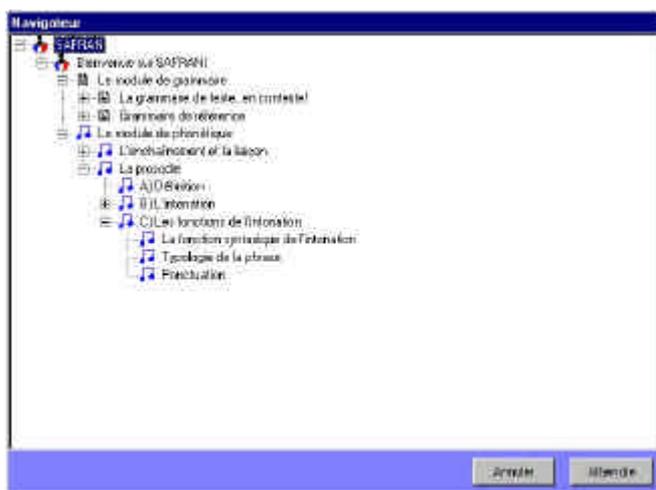
b. Pierre s'offre des fleurs.

Le pronom "se" peut aussi faire partie de verbes pronominaux comme "se suicider", "s'évanouir". Dans ces cas, il n'ont pas une fonction d'objet direct ou indirect par rapport au verbe, donc n'ont pas de signification propre.




Bien que le tutoriel soit écrit en HTML, dont nous avons déjà discuté les limites (par.2.9.2), on trouve une variété de liens qui facilitent la navigation (v. par.2.6). Une barre de navigation est insérée en bas des pages. Les flèches permettent de naviguer en suivant un chemin prédéfini et linéaire. Le bouton avec l'icône de la maison permet de revenir à la page d'index ou à la première page de la section. Outre les liens classiques en bleu, le tutoriel signale des notions liées¹⁷ (v. par. 2.6). Ils sont signalés typographiquement par une couleur verte et par la présence de l'image d'une note.

On peut également utiliser des boutons qui permettent d'aller en avant ou en arrière dans l'historique des pages consultées. Ceci se fait par les boutons de navigation en bas à droite dans l'interface. Enfin, dans l'interface, nous trouvons un bouton en forme de barre de navire qui ouvre l'outil de navigation ci-dessous :



¹⁷ Une notion liée est une notion qui renvoie à un autre chapitre. En l'occurrence, la notion est abordée dans le même tutoriel, mais dans une section plus loin. On peut considérer que c'est une notion liée, puisqu'il y a une certaine progression et une linéarité dans ce cours sur les pronoms.

L'apprenant peut alors découvrir la structure du tutoriel, ce qui constitue une aide à la navigation utile (v. par. 2.6). Cette vue arborescente convient bien à l'architecture hiérarchique de l'hypertexte. La page affichée dans la fenêtre principale apparaît en inversé, comme dans l'exemple ci-dessus. Les textes sont les titres des pages du tutoriel. Les pages du module de grammaire sont précédés par l'image d'une page, celles du module de phonétique par une double croche. Ici, la totalité des tutoriels n'est pas visible. Le navigateur s'affiche en n'ouvrant que les nœuds nécessaires pour afficher le titre de la page courante. Le signe + précédant certains nœuds signifie que ceux-ci contiennent encore des nœuds enfants. La structure hiérarchique permet de mieux s'orienter et de se rendre compte de l'organisation du tutoriel. Enfin, signalons que l'image en forme de bulle signale que l'apprenant peut écouter ou faire analyser la phrase.

Pour la version Web de SAFRAN, il n'y a pas d'aide à la navigation. Par contre, l'apprenant peut utiliser les signets, qui ne sont pas disponibles pour la version PC. En outre, la version PC ne signale pas les liens déjà visités comme la version Web.

5.3 Module pédagogique

Le module pédagogique n'est pas très développé dans SAFRAN. Nous avons déjà parlé un peu du tutoriel. SAFRAN n'est pas en mesure de diriger la navigation de l'apprenant (v. par 2.6 et 3.1). En revanche, SAFRAN fournit deux aides à l'apprentissage ainsi qu'une série d'exercices.

5.3.1 Aides à l'apprentissage

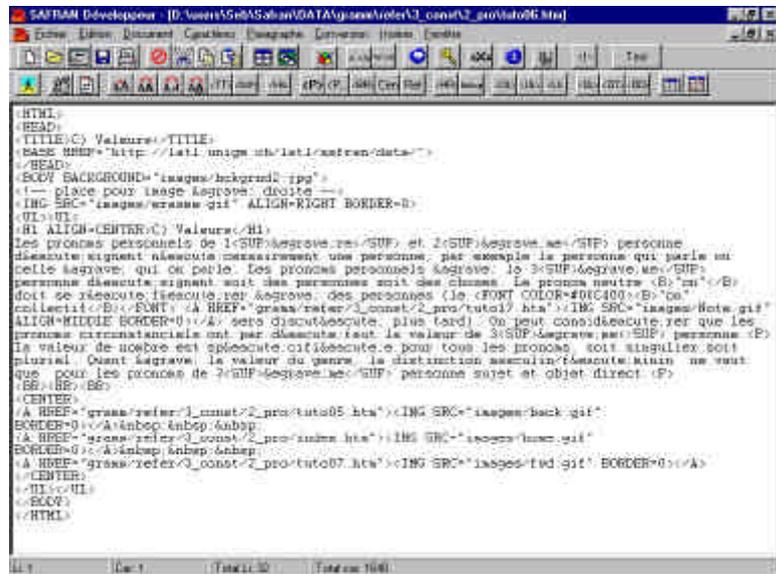
Les deux aides à l'apprentissage sont un dictionnaire conceptuel et un outil de conjugaison. FRTool est un dictionnaire conceptuel développé à l'UMIST (Hamel, Nkwenti-Azeh & Zahner 1996). Son but est de faciliter l'acquisition de vocabulaire par l'utilisateur. Ce dictionnaire fournit une représentation non linéarisée des connaissances, en relation avec le domaine lexical. Il tente de modéliser la représentation lexicale humaine. Il est relié aux synthétiseurs FIPSVox et DECTALK (par.5.1).

L'outil de conjugaison permet de consulter tous les verbes contenus dans le lexique, à tous les temps et à tous les modes. Par un simple clic de souris, l'utilisateur peut entendre la prononciation de la forme verbale souhaitée. La conjugaison est calculée à partir de l'infinitif selon les paramètres du verbe.

5.3.2 Outil de développement

Pour l'enseignant, SAFRAN dispose d'un outil de développement. Le code HTML, utilisé dans le tutoriel, est un code simple à apprendre, et l'on trouve une très grande quantité d'éditeurs et d'outils *freeware* ou *shareware*, sans parler des éditeurs des grandes firmes. Néanmoins, SAFRAN dispose

d'un éditeur complet comme outil de développement. Une seule fonction était spécifique à SAFRAN et nécessaire : l'insertion des phrases à synthétiser. Un éditeur complet a été néanmoins développé avec de nombreuses caractéristiques, pour faciliter la conception des pages de SAFRAN. Voici tout d'abord la fenêtre de l'éditeur avec une page ouverte.



Comme on le voit, la page est affichée en simple texte. Le concepteur de pages peut toutefois afficher la page courante pour voir son aspect définitif. Il peut vérifier la structure du tutoriel en affichant un outil de navigation semblable à celui décrit au paragraphe 5.2.

Parmi les facilités offertes par l'éditeur, celui-ci vérifie si le fichier se trouve bien dans le chemin du tutoriel. Il insère automatiquement une série de balises qui sont nécessaires au bon fonctionnement et à la présentation de SAFRAN. Par exemple, la barre de navigation en bas de chaque page peut être insérée automatiquement. L'éditeur propose automatiquement un nom de fichier qui garantit une certaine logique dans les noms. La phrase à synthétiser, faisant le lien avec FIPS, est créée au moyen d'une boîte de dialogue. L'insertion de liens avec les autres pages du tutoriel est également facilitée par différents modes d'insertion.

Une fonction de recherche permet de chercher un mot ou un lien parmi les pages du tutoriel. Cette fonction est très utile pour corriger des erreurs ou changer l'organisation des pages. Néanmoins les remplacements à effectuer ne peuvent être exécutés automatiquement. Il faut d'abord ouvrir chaque page où le remplacement doit être fait.

5.3.3 Exercices

Passons enfin aux exercices proposés à l'élève. SAF-exo présente une série d'exercices variés pour le français parlé et écrit, visant à entraîner la compréhension et l'expression orale de l'apprenant. Il utilise plusieurs bases de données contenant les phrases ou les mots des exercices. L'enseignant

peut ajouter des données à sa guise. Les exercices sont à l'état de prototype et ne présentent que quelques exemples.

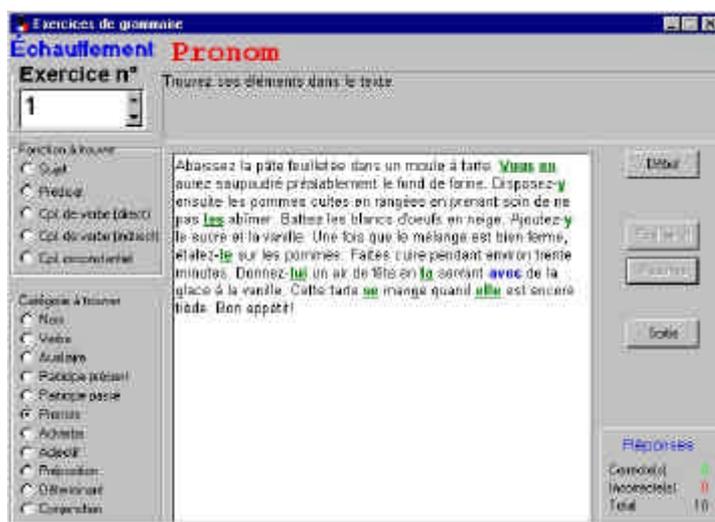
Le module de répétition contient un échauffement, un entraînement et une épreuve. Il s'agit d'abord de répéter un son, puis un mot. L'apprenant peut s'enregistrer, puis comparer sa prononciation avec celle de FIPSVox (voir section 5.1) comme dans l'exemple ci-dessous :



Le volet graphie-phonie propose trois types d'exercices : « Charivari » travaille sur l'ordre des lettres dans un mot. Il ne fonctionne pas. « Virelangue » permet de s'entraîner à la prononciation de phrases, toujours à l'aide de FIPSVox. Le « Karakoké », où l'apprenant doit chanter les paroles d'une chanson, n'est pas encore opérationnel.

Enfin, le module phonie-graphie offre trois activités. « Trous de mémoire » demande à l'apprenant de remplir les trous dans un mot. Le « Pendu » est un jeu classique, où il faut découvrir un mot en proposant des lettres et en faisant un minimum d'erreurs. Le « Mot mystère » demande à l'apprenant de sélectionner toutes les lettres commençant un mot contenant le son [a], en diagonale ou à la verticale. Seul le mot abeille est présent dans la grille.

Passons maintenant à la grammaire. L'exerciseur de grammaire se présente comme ci-dessous :

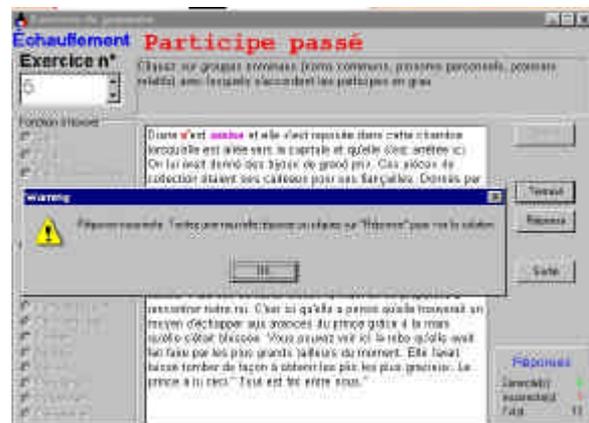


L'exerciseur de grammaire fonctionne avec les balises couleur fournies avec l'analyse de FIPS. Pour l'heure, comme l'analyse n'est pas assez fiable, il a fallu que l'exerciseur utilise des textes déjà balisés et revus par un humain pour éviter les mauvaises analyses. Mais on pourrait tout à fait imaginer une analyse dynamique des phrases. L'apprenant peut trouver trois types d'exercices différents.

- 1) un exercice très simple où l'apprenant est chargé de retrouver des éléments lexicaux, comme les noms, les verbes, les pronoms etc. En cliquant sur les mots de la phrase, on fait changer leur couleur. Puis en cliquant sur le bouton «Evaluation », on évalue le score. Avec « Réponse », on obtient la solution du problème.
- 2) Un exercice de repérage des fonctions syntaxiques. Dans ce cas, l'exerciseur met en évidence le verbe de la phrase et l'apprenant doit repérer le ou les syntagmes correspondant à la fonction. Pour repérer les syntagmes, il faut cliquer sur le premier et le dernier mot du syntagme. Il a fallu se baser sur les verbes pour repérer les fonctions syntaxiques, car certaines phrases possèdent des fonctions sur plusieurs niveaux. En effet, une phrase peut contenir des subordinées. Si l'exercice est de repérer le sujet, il faut préciser de quel verbe il s'agit. Examinons la phrase «La fille que tu as vue hier a mangé tout le pain » : les verbes sont en gras, le sujet de la phrase principale est souligné, et celui de la subordinée relative est en double souligné.



- 3) Un exercice de lien entre un mot et l'antécédent auquel il s'accorde. Pour l'instant, ce type d'exercice a été développé pour l'accord du participe et pour l'anaphore ou cataphore du pronom. Les antécédents, anaphores ou cataphores sont pour l'instant marqués à l'aide d'un indice inséré à la main dans la balise. FIPS serait pour l'instant incapable de repérer ce genre d'information.



5.4 Module de l'élève

Il n'y a pas de module de l'élève dans SAFRAN. Il serait possible d'enregistrer le nom de l'apprenant et de conserver son score et le cheminement à travers le tutoriel. Toutefois, comme le module pédagogique ne procède à aucun calcul pour diriger l'apprenant, ceci n'aurait d'intérêt que pour le suivi par l'enseignant humain. Pour le Web, on pourrait mettre en œuvre les techniques de suivi de l'élève abordées à la section 2.9.4.

5.5 Evaluation

SAFRAN n'a jamais fait l'objet d'un test par des utilisateurs réels. Il ne faut pas oublier qu'il s'agit d'un prototype de recherche destiné à tester l'application d'outils génériques de traitement du langage au domaine spécifique de l'apprentissage des langues. L'hypothèse de départ que les outils proposés sont des aides précieuses à l'apprentissage n'a pas pu être vérifiée. Nous n'avons pas de réaction d'enseignants non plus. Tout au plus, l'outil de développement 5.3.2) a été jugé efficace par un étudiant chargé de rédiger un tutoriel sur les participes passés.

Sans avis d'utilisateurs réels, on peut cependant faire quelques remarques. Comme nous l'avons constaté, il n'y a pas de module de l'élève (5.4). Les quelques suggestions minimales faites dans ce paragraphe permettraient au moins un léger suivi de l'apprenant. En outre, pour la version PC, on pourrait utiliser un historique pour marquer les liens déjà suivis par l'apprenant.

Deuxième remarque importante: le tutoriel n'explote pas beaucoup les possibilités offertes par les hypertextes. En effet, les différentes unités sont assez linéaires, et il n'y a que peu de renvois. Il serait judicieux d'ajouter un certain nombre de renvois à des notions liées. Ainsi, l'apprenant qui ne comprend pas un terme pourrait aller consulter quelques pages et revenir ensuite reprendre le cours grâce à l'historique. L'utilisation d'un glossaire de termes serait également utile.

Enfin, l'accent devra être mis sur les activités pédagogiques. Tout d'abord, comme nous l'avons souligné au paragraphe 5.1.1, il n'y a pas de correction d'erreurs. Une correction d'erreurs (Vandevanter 1998) sera développée, mais pas dans le cadre de SAFRAN. Le tutoriel manque de liens avec des activités pour entraîner les notions présentées dans le cours.

A l'inverse, les exercices ne sont pas vraiment en lien avec les notions du tutoriel, mis à part les exercices de grammaire. Un exercice de pendu n'a pas un grand intérêt pédagogique pour des apprenants de haut niveau. Des exercices liant analyse, synthèse voire reconnaissance de la parole, liés à un but précis, seraient sans doute d'un grand intérêt. Les quelques activités proposées ne vont pas suffisamment loin. Pour mieux analyser l'impact des outils de TALN sur l'apprentissage des langues, la piste mérite en tous cas d'être explorée.

6 CONCLUSION

Suite aux grands progrès de l'informatique depuis les vingt dernières années et suite à la progression fulgurante du réseau Internet, nous avons fait un tour d'horizon des techniques d'EAO et des questions théoriques qui y sont attachées.

Nous avons particulièrement traité les outils utilisant l'Intelligence Artificielle (EIAO) et l'application du traitement du langage à l'apprentissage des langues. De nombreuses réalisations ont été tentées, d'autres propositions intéressantes ont été avancées.

Toutefois, une étude de quelques logiciels d'EIAO a montré le fait même des équipes avec de très gros moyens n'arrivaient pas à réaliser des outils pleinement intelligents. Il faut dire que la discipline n'en est qu'à ses débuts. Les recherches effectuées dans le domaine de l'enseignement apportent de bonnes idées et des résultats intéressants.

Malheureusement, ces modèles ne sont pas encore validés par une évaluation digne de ce nom. De nombreuses applications sont possibles. Mais elles restent à l'état expérimental et peu de logiciels sont réellement dans le commerce.

De manière générale, il est nécessaire d'évaluer les logiciels pédagogiquement. Il faut intégrer tous les points de vue, de l'apprenant à l'enseignant, en passant par l'animateur de centre de ressources ou le technicien. Le point de vue central doit être : « Quel est le bénéfice de tel outil d'EIAO pour les apprenants », par rapport à une approche plus classique sans intelligence artificielle, et surtout avec des formes plus classiques d'enseignement.

Par avance, on est tenté d'affirmer de manière péremptoire que les outils de TALN peuvent apporter énormément. Les quelques échos d'utilisateurs-testeurs réels des systèmes militaires *BRIDGE* et *MILT* montrent que les personnes qui sont familières avec des logiciels d'EAO apprécient beaucoup les nouvelles fonctions amenées par le traitement du langage, après avoir subi les affres de la reconnaissance de formes (pattern matching). Reste à améliorer la fiabilité des analyses et la robustesse nécessaire face aux mauvais traitements que les apprenants font subir à la langue.

Quelques pistes d'amélioration des logiciels et d'utilisation novatrice des outils d'EIAO ont été présentées ici. Quelques unes sont réalisables à court terme. D'autres paraissent encore irréalisables dans un avenir proche.

De manière générale, de grandes perspectives sont ouvertes avec le développement des nouveaux outils de communication. Reste au domaine de l'ingénierie de la langue de progresser et de s'intégrer aux techniques de l'apprentissage du futur!

TUTORIELS SUR LE WEB

Nous avons déjà abondamment parlé des diverses techniques utilisées sur le Web et de différents outils disponibles au paragraphe 2.9. Deux exemples plus particuliers ont été traités aux paragraphes 2.9.5.4 et 2.9.5.5. Ce très court chapitre se bornera à donner quelques indications pour trouver des outils d'enseignement de langues en particulier. Le lecteur intéressé trouvera les adresses des sites cités en fin d'ouvrage.

Le Web est en croissance très rapide et l'on y trouve une pléthore de cours de langue. Il existe une série de notes de cours sur Internet, qui ne peuvent pas vraiment être qualifiés d'enseignement assisté par ordinateur. Le Web sert alors uniquement de support à large diffusion pour des photocopiés déjà existants. D'autres cours, comme nous allons le voir, proposent de véritables activités et offrent un enseignement de qualité.

Il serait vain de parler ici de sites qui sont susceptibles de varier et de changer d'adresse. On se bornera donc à suggérer quelques sites qui offrent des listes de liens.

Le site Babel (2000) traite de la traduction automatique pour un jeune public et donne quelques pointeurs sur des cours de langue. Les sites Agora (1997) et Edutech (1999) proposent des pointeurs en Suisse dans le domaine de l'éducation. Thot (s.d.) est un magazine hebdomadaire consacré à l'enseignement sur le Web, aux autres ressources éducatives, aux techniques de diffusion sur Internet et aux grandes questions sur l'éducation. Education Index (2000) est également un bon point de départ pour trouver tant les coordonnées de diverses institutions éducatives américaines que des cours sur Internet. Enfin, signalons que le site Yahoo (2000) dispose d'une section pointant sur les cours de langue, tant dans le site principal américain que sur Yahoo France.

Toutefois, signalons trois sites particulièrement développés. Le site de la BBC (2000) offre toute une série de didacticiels multimédias. L'éditeur allemand Klett (s. d.) offre une grammaire interactive à l'intention des apprenants allemands du français. Enfin, Bonjour de France (s. d.) présente des équivalences sonores et des textes destinés à des apprenants du français.

Terminons par une remarque générale: les temps de chargement de ces tutoriels et didacticiels sont généralement trop longs. On perd beaucoup de temps à attendre le téléchargement. Il est nécessaire de s'équiper de « plug-ins » ou de supporter le temps de chargement d'applets Java. Le Web n'offre donc pas encore des conditions optimales pour l'apprentissage d'une langue par ordinateur.

LIENS

Tous les sites ci-dessous ont été visités en février 2000.

ActiveWorlds (1999) : URL <<http://www.activeworlds.com/>>

Agora (1997) : URL <<http://agora.unige.ch/welcome.php>>

Ariadne (1999) : URL <<http://ariadne.unil.ch/>>

Babel (2000) : URL <http://tecfa.unige.ch/prog/pangea/ressources_general/babel/>

BBC (2000) : <<http://www.bbc.co.uk/education/languages/french/>>

Bonjour de France (s. d.) <<http://www.bonjourdefrance.com/>>.

Campus virtuel Tecfa (2000) : URL <<http://tecfa.unige.ch/campus/infospace/index.php>>

Education Index (2000) : URL <<http://www.educationindex.com/>>

Edutech (1999) : URL <<http://www.edutech.ch/>>

Klett (s. d.) : <http://www.klett-verlag.de/lehrer/grammaire_interactive/gid1demo/>

SAFRAN (s. d.) : URL <<http://latl.unige.ch/safran/>>

TeamWave (2000) : URL <<http://www.teamwave.com/>>

Thot (s.d.) : URL <<http://thot.cursus.edu/>>

WebCT (2000) : URL <<http://www.webct.com>>

Yahoo (2000) : URL <<http://www.yahoo.com>> et <<http://www.yahoo.fr/>>

BIBLIOGRAPHIE

- Aist, Gregory (1999). « Speech Recognition in Computer-Assisted Language Learning ». In Keith Cameron (Ed.). « Computer-Assisted Language Learning (CALL): Media, Design and Application ». Lisse (The Netherlands): Swets & Zeitlinger. pp. 165-181.
- Aitsiselmi, Farid (1999). « Second language acquisition through email interaction ». ReCALL 11, 2. pp. 4-11.
- Barson, John (1999). « Dealing with Double Evolution: Action-Based Learning Approaches and Instrumental Technology ». In Debski, Robert & Levy, Mike (Eds.). « WORLD CALL : Global Perspectives on Computer-Assisted Language Learning ». Lisse (The Netherlands) : Swets & Zeitlinger. pp. 11-32.
- Cazade, Alain (1999). « De l'usage des courbes sonores et autres supports graphiques pour aider l'apprenant en langues ». ALSIC 2, 2. pp. 3-31
- Charnet, Chantal & Panckhurst (1998). « Le correcteur grammatical : un auxiliaire efficace pour l'enseignant ? Quelques éléments de réflexion ». ALSIC, 1, 2. pp. 103-114.
- Chomsky, Noam (1980). « On Binding ». Linguistic Inquiry, 11, 1.
- Chomsky, Noam (1991) . « Théorie du Gouvernement et du Liage, les Conférences de Pise ». (Traduction par Pierre Pica de « Lectures on Government and Binding » (1981). Dordrecht). Paris: Seuil, Travaux Linguistiques.
- Chomsky, Noam (1987). « La nouvelle syntaxe ». (traduction par Leila Picabia de « Some concepts and Consequences of the Theory of Government and Binding » (1992), Boston). Paris: Seuil, Travaux linguistiques.
- Demaizière, Françoise & Dubuisson Colette (1992) . « De l'EAO aux NTF : utiliser l'ordinateur pour la formation ». Paris : Ophrys.
- DeSmedt, William H. (1995). « Herr Kommissar : An ICALL Conversation Simulator for Intermediate German ». In Holland, V. Melissa, Kaplan Jonathan D. & Sams Michelle (Eds.). « Intelligent Language Tutor : theory shaping technology ». Hove, UK : Erlbaum.
- Dillenbourg, Pierre (1989). « The Design of a Self-Improving Tutor: Proto-TEG ». Instructional Science, 18, 3. pp. 193-216.
- Dillenbourg, Pierre (1993). « Multimédia et Formation : toujours les mêmes erreurs ». CBT Forum 2/93.

- Dillenbourg, Pierre (1994). « Evolution épistémologique en EIAO ». *Sciences et techniques éducatives*, 1, 1. pp. 39-52.
- Dillenbourg, Pierre (1995a). « The role of artificial intelligence techniques in training software ». *CBT Forum* 1/95. pp. 6-10.
- Dillenbourg Pierre & Schneider Daniel (1995). « Mediating the mechanisms which make collaborative learning sometimes effective ». *International Journal of Educational Telecommunications*, 1 (2-3). pp. 131-146.
- Dillenbourg, Pierre, Baker M., Blaye A. & O'Malley C. (1996). « The evolution of Research on Collaborative Learning ». In Reimann, Peter & Spada, Hans (Eds.). « Learning in Humans and Machines : Towards an interdisciplinary learning science ». Oxford ; Tarrytown NY : Elsevier Science Pergamon.
- Dokter, Duco & Nerbonne, John (1999). « A Session with Glosser-RUG ». In Jager, Sake, Nerbonne, John & Van Essen Arthur (Eds.). « Language Teaching and Language Technology ». Lisse (The Netherlands): Swets and Zeitlinger. pp. 88-94.
- Donaldson, Randall P. & Kötter, Markus (1999). « Language Learning in Cyberspace: Teleporting the Classroom into the Target Culture ». *Callico* 16, 4. pp. 531-557.
- Etchegoyhen, Thierry & Wehrle, Thomas (1998). « Overview of GBGen : A Large Scale Domain Independent Syntactic Generator ». *Proceedings of the 9th International Workshop on Natural Language Generation*. Niagara Falls.
- Felshin, Sue (1995). « The Athena Language Learning Project NLP System: A Multilingual System for Conversation-Based Language Learning ». In Holland, V. Melissa, Kaplan Jonathan D. & Sams Michelle (Eds.). « Intelligent Language Tutor: theory shaping technology ». Hove, UK : Erlbaum.
- Fuchs, Catherine, Danlos, Laurence, Lacheret-Dujour, Anne, Luzzati, Daniel & Victorri, Bernard (1993). « Linguistique et Traitements Automatiques des Langues ». Baume-les-Dames : Hachette Université
- Gaudinat, Arnaud & Goldman, Jean-Philippe (1998). « Le système de synthèse FIPSVox : syntaxe, phonétisation et prosodie ». *Acte des XXII^e Journées d'Étude sur la Parole*. Martigny. pp. 139-142.
- Gaudinat, Arnaud & Wehrli, Eric (1997). « Analyse syntaxique et synthèse de la parole : le projet FIPSVox ». *TAL*, 38-1. pp. 121-134.

- Hamburger, Henri, Schoelles, Michael & Reeder, Florence. (1999). «More Intelligent CALL ». In Keith Cameron (Ed.). « Computer-Assisted Language Learning (CALL): Media, Design and Application ». Lisse (The Netherlands): Swets & Zeitlinger. pp. 183-202.
- Hamel, Marie-Josée, Nkwenti-Azeh, Blaise & Zahner C. (1996). « The Conceptual Dictionary in CALL ». In Proceedings of the EuroCALL95 conference, selected papers. pp. 509-518. Valence.
- Hamel, Marie-Josée & Vandeventer, Anne (1998). « FIPSGram : un analyseur syntaxique dans un contexte d'ELAO ». In « Le traitement automatique du langage et les applications industrielles – Accent sur l'enseignement de la langue ». TAL + AI 98. Vol I. Moncton (Canada). pp. 1824
- Hamel, Marie-Josée & Wehrli, Eric (1997). « Outils de TALN en EIAO: le projet SAFRAN ». 1^{ères} Journées Scientifiques et Techniques 1997 FRANCIL de l'AUPELF-UREF. Avignon.
- Holland, V. Melissa, Kaplan Jonathan D. & Sams Michelle (Eds.) (1995). « Intelligent Language Tutor : theory shaping technology ». Hove, UK : Erlbaum.
- Holliday, Lloyd (1999). « The Grammar of Second Language Learners of English EMAIL Messages ». In Jager, Sake, Nerbonne, John & Van Essen Arthur (Eds.). « Language Teaching and Language Technology ». Lisse (The Netherlands) : Swets and Zeitlinger. pp. 136-145.
- Hu, Quian, Hopkins, Jeff & Phiney, Marianne (1999). « Native English Writing Assistant - A CALL Product for English Reading and Writing ». In Jager, Sake, Nerbonne, John & Van Essen Arthur (Eds.). « Language Teaching and Language Technology ». Lisse (The Netherlands): Swets and Zeitlinger. pp. 95-100.
- Jacobs, Gabriel & Rodgers, Catherine (1999). « Treacherous Allies: Foreign Language Grammar Checkers ». Callico 16, 4. pp. 509-529.
- Kaplan, Jonathan D. & Holland, V. Melissa (1995). « Application of Learning Principles to the Design of a Second Language Tutor ». In Holland, V. Melissa, Kaplan Jonathan D. & Sams Michelle (Eds.). « Intelligent Language Tutor: theory shaping technology ». Hove, UK : Erlbaum.
- Kaplan, Jonathan D., Sabol, Mark A., Wisher Robert A. & Seidel Robert J. (1998). « The Military Language Tutor (MILT) Program: An Advanced Authoring System ». CALL, 11, 3. pp. 267-287.
- Kempen, Gerard (1999) : « Visual Grammar: Multimedia for Grammar and Spelling Instruction in Primary Education ». In Keith Cameron (Ed.). « Computer-Assisted Language Learning (CALL): Media, Design and Application ». Lisse (The Netherlands): Swets & Zeitlinger. pp. 223-238.
- Kötter, Markus, Shield, Lesley & Stevens, Anne (1999). « Real-time audio and email for fluency: promoting distance language learners' aural and oral skills via the Internet ». ReCALL 11, 2. pp. 55-60.

- Laenzlinger, Christopher & Wehrli, Eric (1991). « FIPS : un analyseur interactif pour le français ». *TA Informations*, 32-2. pp. 35-49.
- Lamy, Marie-Noelle & Goodfellow, Robin (1998). « "Conversations réflexives" dans la classe de langues virtuelle par conférence asynchrone ». *Alsic* 1, 2. pp. 81-101.
- Levin, Lori S. & Evans, David A. (1995). « ALICE-chan : A Case Study in ICALL Theory and Practice ». In Holland, V. Melissa, Kaplan Jonathan D. & Sams Michelle (Eds.). « Intelligent Language Tutor : theory shaping technology ». Hove, UK : Erlbaum.
- Mangenot François (1998). « Classification des apports d'Internet à l'apprentissage des langues ». *Alsic* 1, 2. pp. 133-146.
- Mendelsohn, Patrick & Jermann, Patrick (1997). « Les technologies de l'information appliquées à la formation : rapport de tendances ». Programme National de recherche 33. Bern, Aarau : Direction du Programme national PNR 33 en collaboration avec le Centre suisse de coordination pour la recherche en éducation (CSRE).
- Menzel, Wolfgang & Schröder, Ingo (1999). « Error Diagnosis for Language Learning Systems ». In Schulze, Mathias, Hamel, Marie-Josée & Thompson, June (Eds.). « Language Processing in CALL ». Proceedings of a one-day conference « Natural Language Processing in Computer-Assisted Language Learning » held at UMIST, Manchester, UK, 9 May 1998, organised by The Centre for Computational Linguistics, UMIST, in association with EUROCALL. A special RECALL publication. pp. 20-30.
- Murphy, Maureen, Krüger, Anja & Grieszl, Andrea (1999): « RECALL : Providing an Individualized CALL Environment ». In Jager, Sake, Nerbonne, John & Van Essen Arthur (Eds.). « Language Teaching and Language Technology ». Lisse (The Netherlands) : Swets and Zeitlinger. pp. 62-73.
- Paramskas, D. M. (1999). « The Shape of Computer-Mediated Communication ». In Keith Cameron (Ed.). « Computer-Assisted Language Learning (CALL) : Media, Design and Application ». Lisse (The Netherlands) : Swets & Zeitlinger. pp. 13-34.
- Parsons, Jenny (1995). Conference Report : « Educational Technology in Language Learning » 6. Coventry UK, 6-7 december 1995. *Recall* 8, 1. pp. 31-33.
- Reeder, Florence, Hamburger, Henry, Michael Schoelles (1999). « Real Talk: Authentic Dialogue Practice ». In Debski, Robert & Levy, Mike (Eds.). « WORLDCALL : Global Perspectives on Computer-Assisted Language Learning ». Lisse (The Netherlands) : Swets & Zeitlinger. pp. 319-337.

- Rypa, Marikka & Feuermann, Ken (1995). « CALLE : An Exploratory Environment for Foreign Language Learning ». In Holland, V. Melissa, Kaplan, Jonathan D. & Sams Michelle (Eds.). « Intelligent Language Tutor: theory shaping technology ». Hove, UK : Erlbaum.
- Sams, Michelle (1995). « Advanced Technologies for Language Learning: The BRIDGE Project Within the ARI Language Tutor Program ». In Holland, V. Melissa, Kaplan, Jonathan D. & Sams Michelle (Eds.). « Intelligent Language Tutor : theory shaping technology ». Hove, UK : Erlbaum.
- Sanders, Ruth H. & Sanders, Alton F. (1995). « History of an AI Spy Game : Spion ». In Holland, V. Melissa, Kaplan, Jonathan D. & Sams Michelle (Eds.). « Intelligent Language Tutor: theory shaping technology ». Hove, UK : Erlbaum.
- Shield, Lesley & Weininger, Markus (1999). « Collaboration in a Virtual World: Groupwork and the Distance Language Learner ». In Debski, Robert & Levy, Mike (Eds.). « WORLDCALL : Global Perspectives on Computer-Assisted Language Learning ». Lisse (The Netherlands) : Swets & Zeitlinger. pp. 99-116.
- Tschichold, Cornelia (1999a). « Grammar Checking for CALL : Strategies for Improving Foreign Language Grammar Checker ». In Keith Cameron (Ed.). « Computer-Assisted Language Learning (CALL) : Media, Design and Application ». Lisse (The Netherlands) : Swets & Zeitlinger. pp. 203-221.
- Tschichold, Cornelia (1999b). « Intelligent Grammar Checking for CALL », In Schulze, Mathias, Hamel, Marie-Josée & Thompson, June (Eds.). « Language Processing in CALL ». Proceedings of a one-day conference « Natural Language Processing in Computer-Assisted Language Learning » held at UMIST, Manchester, UK, 9 May 1998, organised by The Centre for Computational Linguistics, UMIST, in association with EUROCALL. A special ReCALL publication. pp. 5-11.
- Vandeventer, Anne (1998). « An Automatic System for Error Diagnosis in CALL ». In « Le traitement automatique du langage et les applications industrielles: accent sur l'enseignement de la langue ». TAL + AI 98. Vol I. Moncton (Canada). pp. 77-83.
- Vandeventer, Anne & Hamel, Marie-Josée (2000). « Reusing a syntactic generator for CALL purposes ». To appear in RECALL 12, 1.
- Wachowicz, Krystina & Scott Brian (1999). « Software That Listen: It's not a Question of Whether, It's a Question of How ». CALLICO 16, 3. pp. 251-275.
- Wehrli, Eric (1992). « The IPS System ». Proceedings of COLING-92. Nantes.
- Wehrli, Eric (1997). « L'analyse syntaxique des langues naturelles : problèmes et méthodes », Paris: Masson.

Witt, Silke & Young, Steeve (1999). « Computer-Assisted Pronunciation Teaching Based on Automatic Speech Recognition ». In Jager, Sake, Nerbonne, John & Van Essen Arthur (Eds.). «Language Teaching and Language Technology». Lisse (The Netherlands) : Swets and Zeitlinger. pp. 25-35.

Winograd, Terry (1972), « Understanding Natural Language». Edinburgh: University Press.

Woodin, Jane (1997). « Email tandem learning and the communicative curriculum». ReCALL 9, 1. pp. 22-33.

TABLE DES MATIERES :

REMERCIEMENTS.....	1
1 INTRODUCTION	1
2 ETAT DE L'ART EN EAO	1
2.1 DOMAINES D'UTILISATION ET UTILITÉ DE L'EAO	1
2.2 TAXONOMIE DE L'EAO	1
2.3 THÉORIES PÉDAGOGIQUES.....	1
2.4 LA COLLABORATION.....	1
2.5 PRINCIPES DE CONCEPTION D'UN DIDACTICIEL	1
2.6 SYSTÈMES HYPERTEXTES	1
2.7 EXERCICES	1
2.8 MICROMONDES	1
2.9 LE RÉSEAU INTERNET.....	1
2.9.1 <i>Internet comme ressource éducative.....</i>	<i>1</i>
2.9.2 <i>Avantages et inconvénients du code HTML.....</i>	<i>1</i>
2.9.3 <i>Communication accrue: E-mail, conférences, forums.....</i>	<i>2</i>
2.9.4 <i>Internet interactif.....</i>	<i>2</i>
2.9.5 <i>Outils d'enseignement sur Internet.....</i>	<i>2</i>
2.10 L'EAO: UN DOMAINE DU FUTUR	2
3 INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, TRAITEMENT DU LANGAGE ET EAO.....	2
3.1 INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET EAO.....	2
3.2 ANALYSE MORPHOLOGIQUE.....	2
3.3 ANALYSE SYNTAXIQUE	2
3.4 CORRECTION GRAMMATICALE.....	2
3.5 SYNTHÈSE DE LA PAROLE	2
3.6 RECONNAISSANCE DE LA PAROLE.....	2
3.7 TRADUCTION AUTOMATIQUE	2
3.8 GÉNÉRATION.....	2
3.9 BILAN ET PERSPECTIVES DE L'EIAO	2
4 QUELQUES EXEMPLES D'EIAO	2
4.1 MODULES D'ANALYSE ET DE SÉMANTIQUE	2
4.2 ENVIRONNEMENT, ACTIVITÉS ET AIDES À L'APPRENTISSAGE.....	2
4.3 UN DOMAINE ENCORE BALBUTIANT.....	2
5 LE PROJET SAFRAN	2
5.1 MODULE EXPERT	2

5.1.1	<i>L'analyseur</i>	2
5.1.2	<i>Le synthétiseur</i>	2
5.2	MODULE D'INTERFACE.....	2
5.3	MODULE PÉDAGOGIQUE.....	2
5.3.1	<i>Aides à l'apprentissage</i>	2
5.3.2	<i>Outil de développement</i>	2
5.3.3	<i>Exercices</i>	2
5.4	MODULE DE L'ÉLÈVE.....	2
5.5	EVALUATION.....	2
6	CONCLUSION	2
	TUTORIELS SUR LE WEB	2
	LIENS	2
	BIBLIOGRAPHIE	2