

## Apprentissage collectif et lexique

Julien Poudade, Patrick Paroubek

Limsi - CNRS, Batiment 508 Universite Paris XI, BP 133 - 91403 ORSAY

Cedex - France

poudade | pap@limsi.fr

### Résumé - Abstract

Cet article présente l'influence de la zone de travail que possède une entité logicielle pour lui permettre de prédire l'état futur de son environnement, sur la constitution d'un lexique partagé par les différents membres d'une population, dans le cadre d'une variante "du jeu de désignation" (*naming game*).

In this paper, we show the influence that the work area used by software entities to predict the future state of their environment, has on the establishment of a common lexicon shared by the members of a population involved in a variant of the naming game.

### Mots-clefs – Keywords

lexique, apprentissage automatique, système multi-agents  
lexicon, machine learning, multi-agent system

## 1 Introduction

Une nouvelle voie de recherche prometteuse est apparue ces dernières années, qui propose d'utiliser les principes évolutionnistes (Kirby S., 2003) et darwinistes (Edelman G. M., 1992) pour que des communautés de machines développent un langage. Dans cet ordre d'idées, nous nous sommes intéressés aux expériences de (Steels L., 1996) qui concernent un des éléments les plus simples mais aussi des plus essentiels, propre au langage : le lexique.

Notre but est d'étudier l'élaboration d'un modèle des mécanismes de compréhension du langage. Plus particulièrement, nous essayons de dégager les prérequis fonctionnels nécessaires pour que des entités logicielles puissent faire évoluer un langage à partir de leurs réceptions (perceptions) et effections (actions), produits de leurs interactions avec leur environnement, ceci en mode non-supervisé ou légèrement contraint, par exemple, avec une population mixte d'agents logiciels et humains (Steels L., Kaplan F., 1999).

Nos premiers résultats sont contenus dans le modèle prototype RÉFECT, qui intègre un nombre minimal de composants : une représentation du monde (mémoire à long terme) construite à partir d'associations réception-effection et une zone de travail pour prédire l'état futur de l'environnement. La méthode scientifique que nous nous proposons d'employer, consiste à essayer de décorrélérer l'effet des "objets" linguistiques comme le lexique, la syntaxe, la sémantique ou même la pragmatique, de celui des autres composants du modèle, afin de mesurer leur influence sur l'architecture et les performances de celui-ci.

Les expériences de (Steels L., McIntyre A., 1999), vont nous permettre une première validation de notre modèle actuel, et de mesurer l'influence de la zone de travail sur une entité lors d'un processus "simple" de constitution de lexique à travers une population<sup>1</sup>. Nous montrons plus particulièrement que la taille de la zone de travail influence très fortement la taille de la représentation et donc la taille du lexique, ainsi que son ambiguïté. Cette preuve est illustrée par une présentation des résultats expérimentaux que nous avons obtenus lors de sessions du jeu de désignation avec des populations d'entités logicielles ayant des tailles de zone de travail allant de un à plusieurs dizaines.

## **2 La compréhension de texte**

La notion de compréhension de texte est intimement liée à la notion de représentation des connaissances mais aussi à la notion de comparaison, ou de recouvrement entre la représentation du "savoir" des individus et le contenu du texte. Ainsi des auteurs comme (Kintsch W., 1994) ont montré que dans le cadre d'une tâche de compréhension de texte, il existe une corrélation entre le "degré" de connaissance de l'individu effectuant cette tâche et le document (en terme de structure, de cohérence). D'autres auteurs comme (Graesser A., 2002) considèrent la compréhension comme la capacité à effectuer des inférences, interpréter, paraphraser, traduire, expliquer, ou encore résumer. Dans (Labasse B., 1999), toujours fondé sur les théories de Kintsch, apparaît un nouvel acteur dans la compréhension de texte : la perception. Ce processus y est décrit comme une fonction primordiale dans la compréhension, puisque celui-ci permet les accès au lexique, la vérification de la cohérence et de la cohésion d'un texte.

Des modèles de compréhension "calculables" ont été introduits notamment par (Sabah G., 1990), ainsi que par (Popescu-Belis A., 1999) et (Gruselle J.-P., 1997). Ce dernier, en plus de considérer le percept et les représentations internes d'un individu, propose des outils informatiques pour modéliser ses représentations, par le biais notamment de graphes à propagation, et une définition exploitable du percept comme entrée du système en analogie avec la perception que peut avoir un être humain des propos échangés autour de lui : des suites de mots. Dans notre modèle, nous nous proposons de ne pas décorrélérer le langage du processus cognitif. Il est donc très fortement lié (c'est à dire qu'il influence/modifie resp. est influencé/modifié) à la mémorisation (structure et contenu), ainsi qu'aux systèmes sensori-moteurs des individus. Nous faisons l'hypothèse que les individus possèdent un lexique, mais en aucun cas la sémantique associée. Ils devront donc l'apprendre en interagissant avec leur environnement (incluant les autres agents).

Nous supposons qu'une entité se compose d'un ensemble d'effecteurs et de senseurs, d'une représentation construite avec des associations réception-effection regroupées en composantes, sur la base de critères de similarité, nous avons besoins pour que cette entité puisse fonction-

---

<sup>1</sup>La population est constituée d'entités dont la représentation du monde est leur lexique.

ner de manière un tant soit peu intelligente (c'est à dire en effectuant des prédictions sur son environnement), d'une fonction de validation/sélection pour les connaissances que nous appellerons : l'attente. Cette fonction servira à projeter la réception courante représentative de l'état du monde à un instant donné tel que perçu par l'entité, sur la représentation du monde que l'entité maintient en mémoire, à valider les connaissances ainsi sélectionnée et à déduire la prochaine effecton requise pour gérer la situation courante.

### 3 Nos expériences

Les expérimentations suivantes sont basées sur "jeu de désignation" adapté à partir de celui défini par son créateur (Steels L., 1997). Ce jeu implique 2 agents : un locuteur qui identifie un objet en utilisant un mot, un interlocuteur qui valide/invalidé le mot pour l'objet sélectionné (le jeu est une réussite si le l'interlocuteur valide le mot). A l'issu du jeu chaque participant met à jour ses relations (associations objet-mot) afin d'obtenir plus de réussite pour les jeux futurs. Nous considérons un système non bruité. Ainsi les probabilités  $p_c$  et  $p_a$  décrites par (Steels L., McIntyre A., 1999), correspondant respectivement à la probabilité de création d'un mot et à la probabilité d'absorption d'un mot, seront toutes deux égales à 1. Ce choix s'explique par notre volonté de montrer l'influence de la zone de travail sur les représentations d'un agent.

#### 3.1 Cas d'une zone de travail de taille 1

Considérons tout d'abord une zone de travail de taille 1, c'est à dire que l'interlocuteur impliqué dans un jeu de désignation n'élira qu'un seul mot correspondant au sujet du jeu. Les paramètres du système sont :  $N_a = 20$ ,  $N_o = 20$ ,  $g = 19$  (nombre de syllabes), pour une taille de mot maximale de 4 syllabes. Le résultat typique d'une simulation après 3000 jeux est montré figure 1.

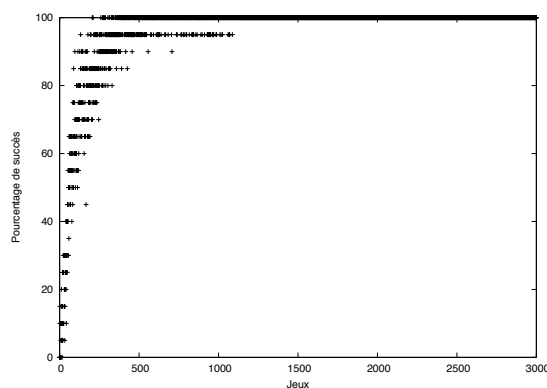


Figure 1: Comportement d'un système fermé avec 20 agents et 20 objets. Le pourcentage de réussite du jeu de désignation est indiqué sur l'axe des ordonnées. Une forte augmentation du nombre de réussites est observable jusqu'au jeu 350.

Cette figure montre une rapide augmentation du nombre de réussites des jeux de désignation, et ainsi l'augmentation rapide du lexique partagé par les agents. La taille moyenne du lexique sur la population est de 90, c'est à dire qu'il est composé de 90 relations distinctes, ce qui est bien plus de relations qu'il n'en faut pour traiter des 20 objets.

En extrayant de la représentation des agents les relations en fonction des objets, nous observons que peu d'objets n'ont qu'un seul mot en relation. La plupart des objets ont plusieurs mots associés, ce qui traduit l'existence de synonymie. Regardons  $S_a$  la synonymie moyenne dans le lexique d'un agent (nombre moyen de mots du lexique associé à chaque objet) : pour le cas de l'agent 10  $S_a = 8.58$ . En extrayant cette fois les relations en fonction des mots, nous observons qu'un même mot peut décrire plusieurs objets. Cela met en exergue l'existence du phénomène d'homonymie. De la même manière que précédemment, nous pouvons regarder  $H_a$  l'homonymie moyenne dans le lexique d'un agent (nombre moyen de mots ayant plus d'un référent) : pour le cas de l'agent 10  $H_a = 0.007$ . Cette faible valeur s'explique aisément, la probabilité que 2 mots décrivent au moins 2 référents est très faible et dépend de leur processus de création : du nombre de syllabes et de la longueur des mots. Dans l'expérience courante les agents ont 19 syllabes à leur disposition pour former des mots de taille maximale 4, ce qui donne  $\sum_{i=1}^4 19^i = 137560$  mots possibles. On comprend donc la faible probabilité de tirer 2 mêmes mots pour 2 référents différents. Ces deux observations sont en accord avec les expérimentations de (Steels L., McIntyre A., 1999), où nous trouvons une mesure de synonymie moyenne de 8.58, il mesure une synonymie moyenne de 3.40; et où nous mesurons une valeur d'homonymie très faible, lui l'estime nulle en vertu des lois de probabilité.

Nous constatons que la taille moyenne du lexique sur la population est deux fois supérieure à celle mesurée par (Steels L., McIntyre A., 1999) et qu'il en va de même pour  $S_a$ , ces résultats s'expliquent par le choix de la méthode de classification, arbre de décision pour le méthode de Steels, simple calcul de distance et zone de travail pour notre modèle. Assurés que nos hypothèses nous mettent dans les critères de convergence et de stabilité mesurés par (Steels L., McIntyre A., 1999), nous pouvons maintenant nous intéresser à montrer l'influence de la taille de la zone de travail.

### 3.2 Etude de la variation de la taille de la zone de travail

La zone de travail est une zone de validation/invalidation d'hypothèses concurrentes. Ainsi l'interlocuteur, plutôt que d'élire un mot unique correspondant au sujet du jeu, va sélectionner  $k$  mots de façon à remplir au maximum sa zone de travail.

La figure 2 montre la variation de la taille moyenne de la représentation des agents (mémoire associative où sont présentes toutes les associations objet-mot). Deux phénomènes sont observables :

1. Une rapide diminution de la taille de la représentation. Cette diminution est observable quelques soient les paramètres du système. Ainsi pour  $N_a = 50$ ,  $N_o = 50$ . Lorsque les agents ont une taille de zone de travail égale à 1, le nombre d'associations est de 375. Alors que si nous augmentons la taille de la zone de travail à 5, le nombre d'associations passe à 60 ;
2. Après un certain seuil, la taille de la représentation est quasi-constante.

La première observation s'explique aisément comme suit. La zone de travail a pour fonction de parcourir l'espace des cas possibles<sup>2</sup>. Ce parcours permet de ne pas éliminer les cas potentiellement viables. Et donc de limiter le remplissage de la représentation, puisqu'en effet la

<sup>2</sup>Par cas possibles, nous entendons mots candidats en relation avec l'objet sujet du jeu de désignation

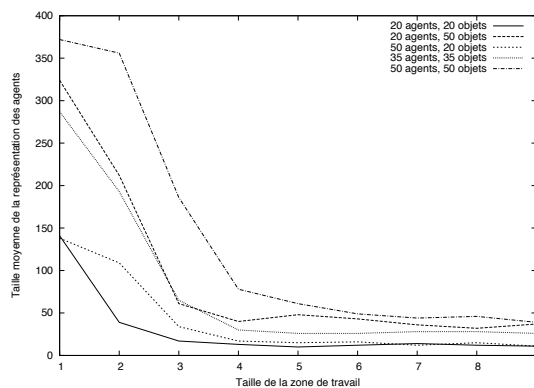


Figure 2: Evolution de la taille moyenne de la représentation des agents de la population. Une forte décroissance est observable très rapidement.

probabilité de rencontrer un mot déjà énoncé au cours d'un jeu de désignation sera d'autant plus augmentée que la taille de la zone de travail sera grande. La seconde observation, indique qu'à partir d'une certaine taille de zone de travail, la taille de la représentation devient constante.

La figure 3 montre l'évolution de la fréquence de remplissage de la zone de travail, sur la population, au cours des jeux de désignation, en fonction de la taille de cette zone de travail. Ces mesures renforcent les résultats précédents : il existe une valeur à partir de laquelle l'augmentation de la taille de la zone de travail n'est plus significative. Cette expérimentation montre qu'à partir d'une certaine taille de la zone de travail il n'existe plus suffisamment de mots en association avec l'objet sujet du jeu de désignation pour la remplir.

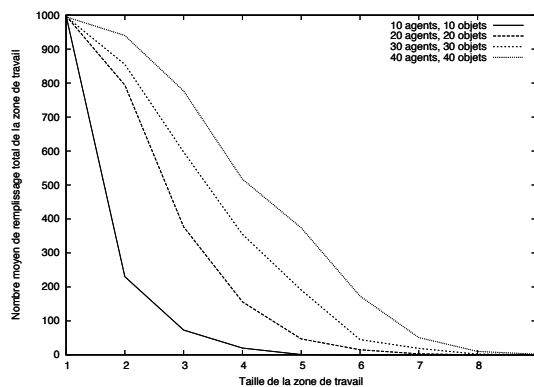


Figure 3: Evolution de la fréquence de remplissage de la zone de travail.

Cette série d'expérimentations, montre tout d'abord l'équivalence de notre jeu de désignation avec celui de (Steels L., McIntyre A., 1999) sur la propagation du lexique. Mais elles montrent aussi l'importance de la zone de travail sur la taille moyenne de la représentation d'un agent.

## 4 Conclusion

Dans notre élaboration d'un modèle des mécanismes de compréhension du langage, c'est à dire d'explicitation des prérequis fonctionnels nécessaires pour que des entités logicielles puissent faire évoluer un langage à partir de leurs réceptions (perceptions) et effections (actions), nous

avons développé un modèle prototype RÉFECT d'entité logicielle, qui intègre parmi ses composants une zone de travail, lui permettant de construire des hypothèses sur l'état futur de son environnement. Les expériences de (Steels L., McIntyre A., 1999) nous ont permis une première validation de notre modèle actuel et de mesurer l'influence de la zone de travail sur une entité lors d'un processus "simple" de constitution de lexique à travers une population. Dans le jeu de désignation, nous avons montré qu'il existait à nombre d'objets et d'agents constants, une taille de la zone de travail à partir de laquelle la taille de la représentation des entités devient constante et minimale, et donc que le lexique partagé par les entités devient lui aussi constant et minimal. La valeur moyenne de synonymie que l'on mesure alors devient donc quasiment nulle.

Une des prochaines étapes de nos recherches sera de traiter de la sémantique en ancrant le lexique dans le réel, ce qui implique de ne plus traiter l'action comme un performatif (Searle J.R., 1972) du langage mais comme un moyen d'appréhender les items du monde.

## Références

- GRAESSER A. (2002), The psychology of science text comprehension.
- GRUSELLE J.-P. (1997), Le rôle du mot dans la formation des concepts : un modèle informatique et son implantation, *Ph.D. thesis, Computer Science*, Paris-XI University, July 1997.
- EDELMAN G. M. (1992), *Biologie de la conscience*, Paris, Odile Jacob.
- KINTSCH W. (1994), Text comprehension, memory, and learning, *American Psychologist*, Vol. 49, pp. 294-303.
- KIRBY S. (2003), Proceedings of the Language Evolution and Computation Workshop, 15th European Summer School in Logic Language and Information (ESSLI), Vienna, August 2003.
- LABASSE B. (1999), Perception et compréhension de l'écrit, *La chose imprimée*, pp 458-462, Paris, Retz.
- POPESCU-BELIS A. (1999), Modélisation multi-agent des échanges langagiers : application au problème de la référence et à son évaluation, *Ph.D. thesis, Computer Science*, Paris-XI University, July 1999.
- SABAH G. (1990), CAMEL : A computational model of the naturel language understanding using a parallel implementation, Actes de *ECAI*, pp. 563-565, Stockholm.
- SEARLE J.R. (1972), *Les actes de langage*, Paris, Hermann.
- STEELS L. (1997), Self-organizing Vocabularies, Actes de *V Alife Conference*, Nara Japan, Langton, C. (ed.).
- STEELS L. (1996), Emergent Adaptive Lexicons, Actes de *the Forth International Conference on Simulation of Adaptive Behavior, SAB'96, Complex Adaptive Systems*, pp. 562-567 Cambridge, MA: The MIT Press.
- STEELS L., MCINTYRE A. (1999), Spatially Distributed Naming Games, *Advances in Complex Systems*, vol. 1, nr. 4, pp. 301-323 Paris, Hermes Science Publications.
- STEELS L., KAPLAN F. (1999), Amorçage d'une sémantique lexicale dans une population d'agents autonomes, ancrés et situés. In: Amsili, P. (ed) 6e conférence annuelle sur le traitement automatique des langues naturelles, TALN'99, pp. 393-398.
- SUTTON, BARTO (1999), *Reinforcement Learning*, MIT press.