



■ Jérôme EUZENAT : De la langue à la connaissance : approche expérimentale de l'évolution culturelle

LIG / Équipe mOeX | **Jérôme EUZENAT**
INRIA & Université Grenoble Alpes | ECCAI Fellow en 2014
<http://moex.inria.fr> | Jerome.Euzenat@inria.fr

Il est un mystère qui ne cesse de m'intriguer : Comment pouvons-nous communiquer, alors que nous n'avons manifestement pas la même chose dans la tête ?

Cette question peut se décliner de diverses manières : Que peut-on dire de la représentation de la même situation dans différents formalismes ? Comment un groupe de personnes travaillant ensemble parvient à converger vers une conception commune ? Quelles sont les relations entre différentes ontologies d'un même domaine ? Ces questions tournent autour de la représentation de la connaissance, sa sémantique et son évolution.

La représentation de la connaissance approche principalement ce problème de manière globale : les représentations doivent, sinon être consistantes, au moins offrir une stabilité globale indépendante des événements y ayant mené. Tout conflit nécessite une remise en cause destinée à éviter un optimum local. Ces travaux sont très précieux, mais ne permettent pas de prendre en compte une approche plus « individuelle » de la sémantique (on a souvent un modèle en tête que l'on ne caractérise pas syntaxiquement), ni la construction progressive de la connaissance « par frottement ». En informaticien que je suis toujours, j'ai longtemps cherché des méthodes structurelles pour aborder ce problème. C'est une discussion en 2012 qui m'a convaincu que « ce n'est pas comme ça que ça marche ». Oui, mais comment ?

« Experiments in cultural language evolution »

Experiments in cultural language evolution [4], coordonné par Luc Steels, est paru alors que je me posais ces questions. Cet ouvrage influence largement mon travail actuel.

Il résume l'activité de l'équipe dirigée par Luc Steels sur l'étude de l'évolution des langages en utilisant des méthodes de simulation multi-agents. Il observe comment des agents, jouant à des jeux de langage, font évoluer des macro-structures linguistiques, nommées stratégies langagières, qui peuvent recouvrir des phénomènes linguistiques très variés (par exemple, l'utilisation de préposition, de cas ou de l'ordre des mots pour exprimer la relation entre les composants et l'action). De telles stratégies ne déterminent pas une langue précise, mais des constructions que l'on peut y trouver. Le but n'est donc pas de reconstruire l'histoire d'une langue particulière, mais d'appréhender les principes suivant lesquels elles ont pu se développer. L'ouvrage montre, sur des cas précis et réels, comment des mécanismes de sélection permettent d'évoluer vers l'adoption de stratégies particulières.

Ce travail est inspiré par l'idée anthropologique d'évolution culturelle [3]. Mais alors que les travaux dans ce domaine développent souvent des macro-modèles de l'évolution (des systèmes d'équations dont les variables sont des groupes d'individus adoptant une pratique), Luc Steels développe des micro-mécanismes, implémentés dans chaque individu.



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

L'ouvrage déploie une méthodologie qui le traverse et en fait l'unité. Cette méthodologie est fondée sur quelques éléments simples : agent, situation, jeu, mesure de succès, observation de l'évolution de différentes variables au cours des tours de jeux.

Les expériences sont fondées sur des jeux de langage dans lesquels les interlocuteurs tentent de communiquer. Les jeux de langage impliquent une population d'agents, un environnement et un protocole de jeu. Un protocole typique, à chaque tour, sélectionne les agents qui jouent et leur assigne un rôle (enseignant ou apprenant par exemple). Il spécifie alors les actions de chaque agent, comme poser une question ou montrer quelque chose dans l'environnement. Le jeu définit aussi les critères de succès ou d'échec d'un tour (par exemple, avoir bougé dans la position indiquée). À la fin du jeu, les agents adaptent leur stratégie, soit en cas de succès en renforçant la stratégie mobilisée, soit en cas d'échec en la modifiant pour éviter la reproduction de cet échec. La population d'agents converge vers des stratégies langagières propres à assurer le succès au jeu considéré.

Trois types d'expériences sont proposés qui permettent de s'assurer de différentes propriétés d'une stratégie :

adéquation vérifiant que la stratégie permet de communiquer avec succès,

apprenabilité vérifiant qu'un enseignant peut transmettre la stratégie à un élève, et

formation vérifiant qu'un groupe d'agents, partant d'une situation plus ou moins aléatoire, peut développer cette stratégie.

Même si les chapitres sont signés par différents auteurs et traitent de phénomènes différents, les notations employées et leur structure est homogène. Tous les chapitres ont une structure similaire : l'introduction, qui peut être très détaillée, décrit le phénomène linguistique ou pragmatique considéré par les expériences.

Il est parfois explicitement connecté à des travaux en psychologie, biologie, sciences cognitives ou linguistique. Le dispositif expérimental est décrit, la plupart du temps en termes précis de jeux de langage. Finalement, les résultats expérimentaux sont produits et discutés. Les résultats montrent l'évolution d'une ou plusieurs mesures en fonction du nombre de tours joués dans une population. La mesure principale est le taux de succès ; les mesures secondaires étant souvent des mesures d'économie (parcimonie des ressources consommées ou produites), ce qui rend les résultats compréhensibles immédiatement. L'organisation des chapitres est progressive et montre l'impact de légères variations des conditions expérimentales. La plupart des chapitres construisent sur la base des chapitres précédents.

Le principal reproche que je ferais à ce livre est de ne pas évoquer d'expériences qui ne marchent pas. En effet, tout semble si facile !

L'étendue des travaux présentés est impressionnante à deux titres. D'une part, Luc Steels cherche à ancrer ses travaux dans l'expérience physique des agents. Ainsi, il réussit le tour de force de développer des expériences en utilisant une boucle complète où des robots interagissent physiquement entre eux et avec l'environnement. Ils combinent perception (vision, audition), raisonnement (apprentissage, représentation, décision) et action (mouvement, parole) dans les mêmes expériences. Bien que ce ne soit pas mon centre d'intérêt, je ne peux m'empêcher d'admirer le résultat. D'autre part, même si les dispositifs expérimentaux et les structures cognitives (grammaires, lexiques, représentation de la connaissance) diffèrent d'une expérience à l'autre, les mêmes principes sont appliqués avec succès à des phénomènes linguistiques très variés.

L'ouvrage touche de nombreuses sous-disciplines de l'IA : systèmes multi-agents, robotique, traitement du langage naturel, repré-



sentation de connaissance, etc. C'est une de ses forces, mais c'est la simulation de l'évolution culturelle qui a été ma source d'inspiration.

Vers une évolution culturelle de la connaissance

L'approche développée par Luc Steels et ses collègues est extrêmement fructueuse scientifiquement. Il est tentant de l'adapter à l'étude de l'évolution de la connaissance. Comment, en effet, peut-on imaginer que notre connaissance ne se transmet pas socialement mais s'acquiert uniquement par l'expérience ?

Aussi, ai-je donc décidé d'adapter l'approche développée dans ce livre à la connaissance dont disposent des agents. Cette connaissance se transmet culturellement d'agent à agent et permet de guider leur comportement. On peut appliquer à la connaissance le même procédé qu'au langage : les agents sélectionnent la connaissance qui leur est la plus utile. On peut aussi remonter l'affaire un cran plus loin : l'environnement dans lequel évoluent les agents exerce une pression plus forte sur ceux dont la connaissance est moins adaptée.

Cela conduit à considérer que la connaissance de ces agents est façonnée par deux principales sources de pression : l'environnement dans lequel ils évoluent et les agents avec lesquels ils interagissent. Ces deux sources peuvent éventuellement changer au cours du temps. À cette pression externe, répondent des pressions internes qui peuvent être la cohérence logique ou la limitation des moyens.

La question centrale est alors de comprendre comment la connaissance d'un groupe d'agents peut évoluer en fonction de changements dans leur environnement et de la rencontre de nouvelles populations d'agents.

À partir de telles hypothèses, on peut étudier des populations d'agents partageant leur connaissance par leur interaction, suivant des

modalités précises comme les jeux de langage. L'interaction peut impliquer l'échange direct de connaissance ou le fait d'agir conjointement. Suivant l'issue de leur interaction, succès ou échec, les agents vont appliquer des opérateurs d'adaptation pour modifier leur connaissance.

L'objectif n'est pas de concevoir des procédures permettant aux agents de converger vers la même représentation mais de caractériser les propriétés satisfaites par les représentations vers lesquelles les agents convergent. De telles propriétés peuvent être :

- Les agents convergent vers une même représentation ou des représentations logiquement équivalentes ;
- Les agents convergent vers des représentations différentes mais consistantes entre elles, ou vers des représentations plus proches les unes des autres ;
- Les populations d'agents disposant d'opérateurs permettant la préservation de représentations plus diverses résistent mieux aux changements de l'environnement.

En toute généralité, de telles questions s'appliquent aux êtres humains, possiblement aux animaux, autant qu'aux agents logiciels. Nous cherchons à les étudier dans un contexte informatique contrôlé.

Notre but est donc d'établir les propriétés globales satisfaites par la connaissance obtenue à l'échelle de populations d'agents utilisant des opérateurs d'adaptation locaux.

Ceci peut être obtenu expérimentalement, comme dans l'ouvrage de Steels, en exécutant des simulations et en observant les propriétés de la connaissance résultante.

J'ai développé des expériences de ce type en partant de ce sur quoi nous avons travaillé pendant plus d'une quinzaine d'années : l'alignement d'ontologies. Des agents peuvent, pour communiquer lors de jeux, utiliser des alignements entre leurs différentes ontologies. Lorsque la communication échoue, par



exemple, lorsque l'agent n'arrive pas à identifier la classe d'un objet de l'environnement, les agents peuvent corriger les alignements entre leurs ontologies. On montre que des opérateurs d'adaptation locaux très simples permettent de corriger les alignements [2]. On peut même faire en sorte que des agents partant de rien créent et sélectionnent avec succès les alignements [1].

Perspectives

L'étude de l'évolution de la connaissance est un sujet passionnant et largement ouvert. Les résultats obtenus avec l'évolution culturelle de la connaissance sont très prometteurs. Mais, si l'on est capable de mettre en œuvre des mécanismes qui effectivement fonctionnent, il est plus difficile de combiner différents mécanismes pour mettre en évidence des comportements plus sophistiqués. Ce n'est pas surprenant : la sélection, naturelle ou pas, est un dispositif de longue haleine qui ne se manifeste qu'en présence de pression sélective adaptée.

Cette approche nécessite de développer des méthodologies expérimentales qui permettent d'avoir confiance dans les résultats obtenus pour s'appuyer dessus. Il faut donc développer des expériences documentées, enregistrées, et facilement rejouables. Il faut stocker les données produites de manière à les comparer. Enfin, il est souhaitable de pouvoir facilement altérer une expérience pour pouvoir comparer les résultats de deux situations différentes. Si cela dépasse le cadre de l'ouvrage présenté, la crédibilité de l'approche en dépend.

Nous n'avons évoqué ci-dessus que l'aspect expérimental, directement lié à l'ouvrage. Mais il est possible d'envisager l'évolution de la connaissance suivant deux autres aspects complémentaires :

- Il est possible de formaliser les situations expérimentales et de déterminer théorique-

ment les propriétés satisfaites. Se pose alors la question du formalisme approprié (systèmes dynamiques, logiques dynamiques épistémiques, théorie des jeux).

- Il devrait être possible de confronter les résultats obtenus à des observations ou des modèles de sciences sociales. Ici aussi, le choix du bon cadre se pose.

Une difficulté supplémentaire est de décider de l'appartenance disciplinaire de ce type de travaux. L'espace des problèmes considérés est vraiment très large, et il est possible de se focaliser sur des aspects très différents. On peut les rattacher à l'intelligence artificielle, aux systèmes multi-agents, à la révision des croyances, à la simulation sociale, à la mémétique ou aux domaines d'application considérés (linguistique, robotique sociale, web sémantique).

Références

- [1] Jérôme Euzenat. Crafting ontology alignments from scratch through agent communication. In *Proc. 20th International conference on principles and practice of multi-agent systems (PRIMA), Nice (FR)*, pages 245–262, 2017.
- [2] Jérôme Euzenat. Interaction-based ontology alignment repair with expansion and relaxation. In *Proc. 26th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), Melbourne (VIC AU)*, pages 185–191, 2017.
- [3] Alex Mesoudi, Andrew Whiten, and Kevin Laland. Towards a unified science of cultural evolution. *Behavioral and brain sciences*, 29(4) :329–383, 2006.
- [4] Luc Steels, editor. *Experiments in cultural language evolution*. John Benjamins, Amsterdam (NL), 2012.