

Apprentissage automatique pour construire un automate à partir de ses traces

Sujet : Reconstruire un système dynamique à partir de ses traces d'exécution est un sujet très ancien. En théorie des systèmes (linéaires), on parle de *system identification*, et le sujet est largement couvert essentiellement par les communautés automatique et traitement du signal. Dans un point de vue informatique, le problème consiste à retrouver un automate à partir de ses traces d'exécution. Le problème a été initialement étudié par Dana Angluin, qui a proposé le célèbre algorithme L-star. Celui-ci suppose un oracle auquel on peut demander de nouvelles traces ou bien soumettre un modèle : si le modèle soumis ne produit pas le même langage que l'automate à deviner, l'oracle produit alors un mot contre-exemple. L'identification de systèmes dynamiques est aussi abordée par la communauté automatique continue. Il s'agit alors de retrouver (ou de découvrir) des lois d'évolution du système, sous forme d'équations différentielles. De nouvelles techniques de machine learning ont été développées dans ce but. On parle d'*equation discovery*.

L'objectif de ce projet est d'explorer l'intérêt des nouvelles techniques de *machine learning* pour aborder le problème de Dana Angluin, c'est à dire identifier (ou approximer) un automate à partir de ses traces. Plusieurs directions de recherche pourront être envisagées, selon les goûts et compétences de l'étudiant. Un premier sujet pourrait être l'utilisation d'auto-encodeurs variationnels pour comprimer un ensemble de traces vers un petit domaine de représentation (*feature space*), sur lequel identifier la dynamique du système caché. Approche suivie par exemple en *equation discovery* par S. Brunton *et al.* Un sous-sujet pourrait être l'apprentissage d'un langage par réseau de neurones récurrents. Il s'agirait alors de produire une sortie binaire décidant si oui ou non le mot proposé est dans le langage de l'automate à deviner. Une troisième direction pourra explorer l'intérêt des modèles génératifs pour produire de nouveaux mots à partir d'une base d'exemples, que l'on pourra vérifier à l'aide de l'automate caché. On pourra par exemple tenter d'adapter aux traces d'un automate les techniques à base de *transformers* (type GPT3), dont on connaît le succès en traitement de la langue naturelle.

Sur l'un des axes proposés, on souhaite que le candidat soit en mesure de poser formellement le problème d'apprentissage pour la structure de réseau de neurones choisie, comprenne en profondeur les algorithmes nécessaires, soit en mesure de les implémenter ou d'adapter des codes existants, et enfin mette en oeuvre un plan d'expérience pour les tester. Le compromis entre travail expérimental et développements théoriques s'adaptera aux centres d'intérêts du candidat.

Le stage s'effectuera à Rennes, dans les locaux de l'INRIA. L'hébergement en résidence universitaire est possible sur le campus. Une gratification sera attribuée au candidat, laquelle permet de couvrir les dépenses de logement.

Bibliographie :

- Dana Angluin's L* algorithm : "Learning Regular Sets from Queries and Counter-Examples," 1987, doi :10.1016/0890-5401(87)90052-6
- Diederik Kingma, Max Welling, "An introduction to variational autoencoders," arXiv :1906.02691
- Equation Discovery, by Steven Brunton : <https://www.youtube.com/watch?v=KmQkDgu-Qp0>

Contact : Eric Fabre, eric.fabre@inria.fr, +33 (0)2 99 84 73 26