

LES PROBABILITÉS POUR CONTRÔLER LES TECHNOLOGIES INCONTRÔLABLES

Publié le 28 avril 2020



par Laetitia Theunis

Un système dynamique évolue, par définition, au cours du temps. C'est le cas d'un réseau électrique, du trafic aérien ou d'un véhicule autonome. A cause de la complexité de l'informatique embarquée, on ne parvient pas à contrôler ces systèmes de façon optimale. Le Pr [Raphaël Jungers](#), chercheur [FNRS](#) en mathématiques appliquées à l'[UCLouvain](#), se donne 5 ans pour mettre sur pied un module probabiliste permettant d'assurer la qualité et surtout la sécurité de ces systèmes. Pour relever ce défi, il vient de recevoir une bourse ERC Consolidator de 1,5 million d'euros.

L'informatisation des solutions technologiques

Le siècle dernier était celui de l'apogée des systèmes mécaniques. Le moteur thermique, régi par les lois de la mécanique et des transports de forces entre divers composants, en est un exemple. Mais au tournant du XXI^e siècle, les systèmes dynamiques se sont rapidement développés. Et ce, dû aux progrès de l'informatique embarquée.

« Les véhicules modernes, et en particulier ceux dits autonomes, ne sont plus régis simplement par des principes mécaniques. Ils ne sont plus contrôlés par la quantité d'essence injectée dans leurs pistons et en tournant le volant. Il y a des composants électroniques à tous les niveaux qui interagissent avec la dynamique du système », explique Pr Jungers. « C'est le cas dans énormément d'applications technologiques cruciales à notre quotidien et à notre développement économique. »

Un humain est moins prévisible que la physique

Prenons un autre exemple, celui des « smartgrids ». Avant, gérer un réseau électrique était relativement simple. Lorsque l'opérateur central constatait une chute de la fréquence d'oscillation du voltage dans le réseau et donc une baisse de puissance, il augmentait la productivité des centrales électriques.

« Mais aujourd'hui, les gens qui prennent ce genre de décision sont démultipliés. Les citoyens, via leurs panneaux solaires, sont eux-mêmes producteurs d'électricité. On est dans une situation où la physique n'est plus la seule à imposer les règles du système. En effet, en plus des nombreux composants informatiques décentralisés, la boucle compte également de nombreux êtres humains. Or, un être humain est moins prévisible que la physique. On n'est pas toujours certain de la manière dont il va réagir », poursuit le chercheur de l'[institut ICTEAM](#), dédié aux TICs, à l'électronique et aux mathématiques appliquées.



Les stats plutôt que les maths

« On doit donc modéliser le système d'une manière complètement différente. C'est-à-dire en faisant la part belle à la stochastique, à l'aléatoire », insiste-t-il.

La complexité entourant les nouvelles technologies rend-elle impossibles la modélisation et l'analyse des systèmes modernes à l'aide de formules mathématiques ? « En théorie, oui. Des théorèmes démontrent que les nouveaux systèmes dynamiques, contrairement aux précédents, sont impossibles à contrôler. En particulier, avec des formules mathématiques. »

Pr Raphaël
Jungers ©
UCLouvain

Actuellement, pour se prémunir de cette impossibilité de contrôler les systèmes modernes, et afin de pouvoir en garantir la sécurité et leur bon fonctionnement, les ingénieurs en diminuent volontairement les performances...

La gestion du trafic aérien est sous-optimisée

Pour rendre cette notion plus concrète, prenons l'exemple de la gestion du trafic aérien. L'aléatoire est partout. Que ce soit la météo, le passager qui arrive en retard, le steward qui tombe malade, etc.

« Ces événements imprévisibles perturbant les prédictions sur les trajectoires des avions sont inter-reliés entre eux. C'est souvent le même avion qui fait plusieurs trajets. S'il prend du retard à un moment, non seulement ses futurs trajets vont être retardés, mais d'autres avions vont devoir attendre qu'il atterrisse avant de décoller ou inversement », explique Pr Jungers.

Pour pallier ce problème, tout en garantissant l'absence de collision ou de gêne entre avions en vol, les ingénieurs prennent des marges de sécurité énormes. « En négligeant les phénomènes stochastiques, on assiste donc à une grande perte d'optimalité. »

Exploitation du big data

Les capteurs étant omniprésents dans les systèmes dynamiques actuels, les données sont excessivement nombreuses. Bien plus que dans les systèmes classiques.

« Mon projet part du principe qu'en théorie du contrôle de systèmes dynamiques, énormément de données sont disponibles. Il faut trouver le moyen d'exploiter ce big data. Les formules mathématiques classiques ayant démontré leur limite, plutôt que de se baser sur l'analyse et la description d'un système dynamique pour trouver comment le contrôler, on peut se baser sur le big data, donc sur une connaissance imparfaite mais abondante de ce système », explique le mathématicien.

« Il s'agit donc d'intégrer les phénomènes aléatoires et de réaliser un modèle sur base des techniques probabilistes. »

Contrôler un système sur base des données collectées ...

Cette approche révolutionnaire vient d'être soutenue par une [bourse européenne ERC Consolidator](#) de 1,5 million d'euros. « Un de mes objectifs est de développer d'ici 5 ans un module informatique qui contrôle les systèmes dynamiques avec ces idées nouvelles. Il ne s'agira plus d'une analyse du système dynamique tel qu'on la faisait classiquement (analyse des équations, des preuves de stabilité), mais de faire du contrôle formel », reprend Raphaël Jungers.

« On ne va donc pas s'intéresser aux équations, mais on va décrire le système de manière agnostique, sans connaître les formules qui le décrivent. Et ce, soit parce qu'elles ne sont pas disponibles ou bien parce qu'il n'y a pas de sens de supposer que des formules décrivent le système. Prenons l'exemple des dynamiques d'opinions : il n'y a peut-être pas de lois de la nature qui décrit comment elles vont progresser et se transmettre sur les réseaux sociaux. »

... sans supposer l'existence d'un modèle régissant son comportement de manière déterministe

« Dans 5 ans, nous aurons développé un module informatique où, sans connaître les comportements fondamentaux d'un système, un ingénieur pourra « uploader » n'importe quelle connaissance (observations, relevés de capteurs) qu'il a de ce système. Après avoir décrit son objectif de contrôle, le module calculera de manière automatique un contrôleur optimal. »

« Cette méthode aura l'avantage d'être applicable à un grand nombre de systèmes. Elle sera utilisable par des ingénieurs dans l'industrie qui pourront aller sur notre plate-forme et directement obtenir une solution. Cette stratégie sera peut-être imparfaite, mais viendra avec des garanties de sécurité et de performance. Cela va avoir un gros impact sur le contrôle des systèmes dynamiques », conclut Pr Raphaël Jungers.

Tenté de relever le défi ? Pr Raphaël Jungers cherche à étoffer son équipe ([ici](#) et [ici](#)).