

Désassemblons le numérique

#Episode3 : Des machines curieuses pour des humains curieux

Bonjour à tous et bienvenue dans ce nouvel épisode de Désassemblons le numérique. Aujourd'hui, nous accueillons Clément Moulin-Frier, chercheur au sein de l'équipe-projet *Flowers* du Centre Inria de l'université de Bordeaux, qui va nous parler de machines curieuses pour des humains curieux. Bonjour Clément.

Clément Moulin-Frier : Bonjour.

Merci de nous accompagner dans ce nouvel épisode. Est-ce que tu peux nous expliquer ce que tes collègues et toi faites au sein de l'équipe-projet *Flowers* ?

CMF Chez *Flowers*, on vise à développer les fondations d'une nouvelle approche de l'intelligence artificielle basée sur la modélisation de l'apprentissage et du développement cognitif chez l'enfant, en particulier les mécanismes de curiosité. Nous nous intéressons aussi à des problématiques de sciences cognitives, par exemple sur les mécanismes d'apprentissage chez l'humain ou sur l'évolution de des comportements sociaux, par exemple l'évolution du langage.

La curiosité, je pense que tout le monde voit ce que c'est. Mais comment est-ce qu'elle peut rentrer en ligne de compte dans l'intelligence artificielle ?

CMF Un de nos postulats de base chez *Flowers*, c'est que les humains sont intrinsèquement curieux, et en particulier que les enfants passent beaucoup de temps à explorer spontanément leur environnement. Par exemple, si on prend un bébé qui commence à se déplacer tout seul, qui est dans une pièce où il n'y a pas d'autres humains pour interagir, on pourrait penser qu'il a plutôt intérêt à ne pas prendre de risque et juste attendre que ses parents viennent et le nourrissent. Et pourtant, nous avons tous déjà vu un bébé à l'œuvre, ce n'est pas du tout ce qu'il fait : au contraire, il va plutôt aller explorer son corps, il va essayer d'attraper, de jeter un peu tout ce qui l'entoure, voire de faire des choses dangereuses comme mettre les doigts dans la prise. Et il ne va pas faire ça parce que ce sont des tâches qui lui sont imposées de l'extérieur, il n'y a pas un adulte qui lui demande de faire tout cela –bien au contraire souvent-, il est plutôt poussé par différentes formes de ce que les psychologues appellent la motivation intrinsèque et c'est ce que l'on appelle, dans un langage de tous les jours : la curiosité.

Mais alors, quel est l'intérêt d'un enfant de faire tout cela si cela ne lui rapporte rien, surtout si c'est parfois dangereux ?

CMF C'est une question très intéressante. Comme les biologistes disent parfois : rien en biologie n'a de sens, à part à la lumière de la théorie de l'évolution. Une question fascinante est donc celle des origines évolutives de la curiosité. En quoi ces comportements curieux, qui nous incitent plutôt à prendre des risques, peuvent avoir fourni un avantage évolutif à l'espèce humaine ? C'est en fait une des questions centrales que nous abordons dans l'action exploratoire ORIGINS financé par Inria. Une hypothèse est que la curiosité a évolué comme une solution pour s'adapter rapidement dans des environnements très changeants, tels que ceux dans lesquels a évolué la lignée humaine à ses débuts. En étant curieux, on est en effet poussé par une motivation intrinsèque à continuellement acquérir de nouvelles compétences, même si celles-ci n'ont pas forcément d'avantage d'un point de vue biologique. Certaines de ces compétences pourront se révéler très bénéfiques dans le futur en cas de changement d'environnement - et c'est là tout l'intérêt évolutif des comportements curieux - alors que d'autres comportements ne fourniront pas d'avantage particulier mais alimenteront toutefois notre répertoire culturel.

Par exemple, un enfant curieux va inventer et poursuivre ses propres buts, sans que ces buts n'aient forcément d'utilité concrète. Mais en faisant cela il va apprendre à résoudre pleins de problèmes nouveaux, et va apprendre des modèles internes du monde complexe qui l'entoure.

Mais alors, quel est l'intérêt de concevoir des machines curieuses ?

Il y a un quelques équipes de recherche dans le monde, dont *Flowers*, qui travaillent depuis déjà une vingtaine d'année à la modélisation de ces capacités d'apprentissage par la curiosité et à l'étude de la manière dont elles peuvent être transférées en intelligence artificielle. Nous pensons que la curiosité est un élément central de l'intelligence humaine, et donc qu'elle est également centrale pour concevoir des machines capables d'apprendre de nouveaux comportements de façon complètement autonome. Et puis cet effort de modélisation nous permet aussi de mieux comprendre les mécanismes de la curiosité et de l'apprentissage chez les humains.

Oui mais concrètement, c'est quoi une machine curieuse ?

Pour nous chez *Flowers*, une machine curieuse, c'est essentiellement une machine capable d'inventer ses propres buts et de chercher à les atteindre. On va parler d'agents « autotéliques » du grec « *autos* » qui veut dire « soi » et de « *telos* » qui veut dire « finalité, but ». Et ça c'est assez différent des algorithmes traditionnels en IA, qui vont plutôt s'intéresser à la façon dont une machine (par exemple un ordinateur), va pouvoir apprendre à réaliser à la perfection un but prédéfini par un concepteur humain : par exemple apprendre à jouer à un jeu vidéo, ou bien à jouer aux échecs. Mais pour un agent autotélique, c'est-à-dire une machine curieuse, ce n'est plus un humain qui va lui fournir un but à atteindre. À la place, ça va être la machine elle-même qui va se les générer, à la manière d'un enfant qui se fixe ses propres buts sans qu'un adulte ne lui impose. Ainsi, l'objectif d'un agent autotélique ça ne va pas être d'apprendre parfaitement comment réaliser un but prédéfini, mais plutôt d'apprendre de

façon autonome comment réaliser une grande diversité de buts différents en les sélectionnant lui-même.

Mais du coup, comment le robot va pouvoir choisir lui-même des buts intéressants ?

CMF Il y a une hypothèse centrale dans les travaux de notre équipe qu'on appelle « L'hypothèse du progrès en apprentissage » où la stratégie optimale pour choisir ses propres buts ça va être de focaliser sur ceux pour lesquels on observe un progrès en apprentissage maximal. Pour tester cette hypothèse, il va nous falloir deux choses.

Premièrement, il faut concevoir des environnements qui vont être capables d'offrir à une machine un large espace de buts variés. Chez *Flowers*, nous avons proposé ce qu'on appelle des terrains de jeu robotiques, qui peuvent être physique (avec de vrais robots) ou simulés dans un ordinateur. Dans ces terrains de jeu, le robot va pouvoir par exemple assembler des objets pour construire des outils, et utiliser ces outils pour accéder à d'autres parties de l'environnement. Pour ceux qui le connaissent jeu vidéo Minecraft, c'est assez similaire : il n'y a pas d'objectif particulier dans ces environnements, mais par contre ils offrent un vaste ensemble d'opportunités d'apprentissage : par exemple le robot va pouvoir se fixer une grande diversité de buts, comme par exemple déplacer un objet, ou créer un outil en assemblant deux objets, ou d'utiliser un outil pour par exemple ouvrir une porte, qui va permettre d'ouvrir encore plus de possibilités.

Deuxièmement, une fois que l'on a conçu un environnement suffisamment complexe, il va falloir développer des algorithmes d'apprentissage pour le robot. Les algorithmes d'apprentissage par la curiosité que l'on développe à *Flowers* vont permettre au robot de se fixer lui-même ses propres buts, d'abord un peu au hasard et puis petit à petit, il va se focaliser sur ceux où il observe un progrès en apprentissage maximal. Ceci va permettre de structurer son apprentissage de façon totalement autonome, en focalisant d'abord sur des buts simples sur lesquels il peut progresser rapidement (par exemple déplacer des objets), puis petit à petit vers de buts plus compliqués (par exemple utiliser des outils). A l'aide d'une interface, nous de notre côté, en tant que scientifiques, nous pouvons tracker les comportements du robot et son apprentissage au cours du temps. Et c'est comme cela que l'on va pouvoir démontrer que le robot va être capable d'apprendre tous les buts possibles dans un temps raisonnable dans cet environnement ; ce qui n'aurait pas forcément été possible dans une approche d'apprentissage classique où l'on aurait fixé à l'avance un but prédéfini au robot.

Est-ce que tu peux nous donner un exemple concret de la modélisation de l'apprentissage transposée chez l'humain ?

CMF Ce qu'on vient de voir avec le robot juste avant, c'est intéressant parce que c'est assez analogue à la situation d'un étudiant qui devrait réviser différentes matières pour des examens à venir ; et donc une question importante que doit se poser cet étudiant chaque jour c'est « sur quelle matière est-ce que je dois passer le plus de temps à réviser aujourd'hui, afin d'obtenir la meilleure note moyenne à mes examens ». Dans ce cas, la meilleure stratégie est de se focaliser chaque jour sur la matière dans laquelle l'étudiant peut faire le plus de progrès. On voit donc que cette stratégie centrée sur le progrès en apprentissage est pertinente à la fois en intelligence artificielle ou en robotique, mais aussi pour l'apprentissage humain. C'est pour cela

que l'équipe *Flowers* travaille aussi beaucoup sur les technologies pour l'éducation, on pourra peut-être en parler plus en détail une prochaine fois.

Merci beaucoup Clément pour ces échanges passionnants autour de robots curieux pour des humains curieux ! J'espère que nous aurons l'occasion de re-échanger ensemble dans un nouvel épisode de Désassemblons le numérique, ou peut être avec une autre personne de ton équipe, autour de ce progrès en apprentissage en technologies de l'éducation ! A très bientôt.