

LE JEU DE GO ET L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Le jeu de Go est un jeu très ancien

Le jeu de Go est un jeu d'origine chinoise vieux de trois à quatre mille ans qui est très populaire au Japon, en Chine et en Corée où il existe des joueurs professionnels. Il ne s'est développé que récemment aux Etats-Unis et en Europe où il n'existe que de forts amateurs. Il se joue à deux avec des pierres noires et blanches sur un damier de 19 lignes et 19 colonnes appelé le goban. Le but du jeu est de dominer plus d'intersections que son adversaire en connectant ses propres pierres et en capturant les pierres adverses. Cet article pose la problématique de l'informatisation du jeu de Go en faisant un état de l'art et en montrant les affinités de la programmation de ce jeu avec l'intelligence artificielle.

La combinatoire du Go est plus grande que celle du jeu d'Echecs

Il a d'abord été difficile d'évaluer théoriquement la complexité algorithmique du jeu de Go. En 1983, J.M. Robson a prouvé que le problème consistant à décider si un joueur peut forcer la victoire à partir d'une configuration donnée était un problème complet en temps exponentiel. Il existe d'autres résultats théoriques sur la complexité algorithmique de ce jeu qui tendent tous à dire que le problème est encore plus complexe que ce que l'on pensait a priori!

Pour se fixer les idées, on peut comparer pratiquement la combinatoire du jeu de Go avec celle du jeu d'Echecs. Le nombre de coups possibles dans une position typique avoisine en moyenne 300 au Go contre 40 aux Echecs, le nombre de coups joués dans une partie typique avoisine 250 au Go contre 100 aux Echecs et enfin la taille très approximative de l'arbre des possibilités du jeu de Go est environ de 10^{600} alors que celui du jeu d'Echecs n'est seulement (!) que de 10^{150} environ.

Le meilleur programme de Go a seulement le niveau de débutant en club

Le précurseur de la programmation du jeu de Go fut l'américain A. Zobrist qui implémenta un modèle d'organisation visuelle basé sur des champs de potentiel en 1970. Dans les années 70, B. Wilcox et W. Reitman développèrent le programme "Interim.2" basé sur la reconnaissance des formes. Depuis cette période, des articles de recherche sur le sujet paraissent dans les revues internationales d'informatique et d'intelligence artificielle. En 1987, une revue, Computer Go, s'est spécialisée dans ce domaine.

Depuis quelques années, plusieurs tournois d'ordinateurs sont organisés. Le tournoi le plus prestigieux est organisé par l'industriel taïwanais M. Ing au mois de novembre de chaque année. M. Ing a promis un million de dollars au programme qui battra un joueur professionnel dans une partie à égalité avant l'an 2000. Evidemment, le risque est faible car en 1990, "Goliath", le programme hollandais de Mark Boon qui s'est imposé dans le tournoi des ordinateurs, a perdu une partie à 15 pierres de handicap contre un professionnel choisi par M. Ing... Le niveau de "Goliath" est celui d'un joueur de club débutant.

La machine résoud des sous-problèmes posés par le jeu de Go

Au début des années 60, E. Thorp et O. Walden ont effectué des simulations sur ordinateur pour analyser le jeu. Ils ont trouvé des stratégies applicables sur des petits gobans.

En 1976, D. Benson a proposé un formalisme dans lequel il a démontré des théorèmes très simples sur les problèmes de vie et mort (tsumegos). D'autres chercheurs ont développé des systèmes résolvant des tsumegos du niveau des meilleurs amateurs.

Un résultat très intéressant est paru en 1991 en mathématiques appliquées. E. Berlekamp a appliqué la théorie des jeux sommables et indépendants au petit yose (la toute fin de partie de Go). Lorsque la partie devient décomposable en jeux indépendants, la théorie proposée permet de trouver la séquence optimale jusqu'à la fin de la partie. Certaines de ces séquences ne sont pas toujours trouvées par des joueurs humains professionnels!

A chaque fois, les résultats obtenus, même s'ils ouvrent des horizons nouveaux, ne s'appliquent qu'à des sous-problèmes bien définis et limités du jeu de Go (un problème local, le petit yose, etc...) mais en aucun cas à sa globalité.

Pourquoi l'homme qui est inférieur à la machine quand il s'agit de combinatoire, est-il incomparablement plus fort qu'elle quand il s'agit de jouer au Go ?

Nous allons essayer de fournir un élément de réponse en effectuant des rapprochements entre ce jeu et le monde réel.

Le jeu de Go possède des similitudes avec le monde réel

L'espace réel dans lequel nous vivons est constitué d'une infinité de points dans trois dimensions. En chaque point, nous percevons diverses composantes (des couleurs, des odeurs, des sons, etc...) qui varient dans l'infinité du temps et nous y effectuons de multiples actions.

Le goban sur lequel le joueur de Go joue ne possède qu'un nombre fini d'intersections sur deux dimensions. Chaque intersection est blanche, noire ou vide et varie un nombre fini de fois au cours de la partie. Les deux seules actions possibles sont la pose d'une pierre et la capture d'une chaîne de pierres.

Le jeu de Go est un jeu d'occupation de l'espace par deux joueurs, Blanc et Noir qui luttent à la vie et à la mort, de la même manière que les espèces vivantes combattent pour préserver leur espace vital dans le monde réel.

L'être humain s'est habitué à faire face aux situations rencontrées dans le monde réel. Pendant des dizaines de milliers d'années, il y a acquis des capacités de perception, de décision, d'adaptation et de communication grâce au langage pour y vivre. Le joueur de Go (qui a la chance d'être un humain!) profite de la richesse de ses capacités et les applique dans les parties de Go, bien piètres simplifications du monde réel.

Le joueur humain perçoit rapidement les informations sur le goban

Le Go est un jeu essentiellement visuel. L'oeil d'un joueur de Go se balade sans cesse sur le goban en quête d'informations. Du premier coup d'oeil, un joueur perçoit des formes de pierres, des surfaces, des territoires, des frontières, des zones d'influence, des "bonnes et des mauvaises formes", des équilibres de pierres, l'harmonie globale du jeu, des zones "patatoïdes" etc... Ce travail quasiment inconscient permet au joueur de Go de faire des regroupements d'intersections en classes d'équivalence et donc de réduire le nombre de coups envisagés.

La rapidité de perception de tous ces concepts est sans doute l'atout principal du joueur de Go humain par rapport à la machine. De nombreux algorithmes ont été proposés pour essayer de calculer les zones d'influence et les territoires potentiels induits par des configurations de pierres, mais il faut reconnaître que jusqu'à présent les résultats sont bien en dessous de ce que l'humain un peu exercé perçoit du premier coup d'oeil.

Ceci n'est pas spécifique du jeu de Go. Une des grandes surprises des chercheurs en intelligence artificielle a été de mesurer la difficulté de réaliser des logiciels de reconnaissance automatique de formes. Alors qu'il s'agit d'une capacité qui semble élémentaire pour le système cognitif humain, qui s'exerce en grande partie inconsciemment et dans des temps extrêmement brefs, la reconnaissance de formes met en oeuvre des mécanismes d'une complexité impressionnante qui dépasse largement ce que nous savons faire avec nos machines.

Dans le domaine des sciences cognitives, des expériences sur des joueurs de Go ont été faites en 1976 par J. Reitman. En observant temporellement la façon de reproduire des gobans vus préalablement par des joueurs débutants ou experts, on voulait essayer de déduire comment le joueur de Go stockait et réutilisait ses connaissances visuelles. Les conclusions furent similaires à celles faites aux Echecs par W.Chase et H.Simon: les experts et les débutants utilisent une capacité mémoire comparable mais les premiers mémorisent une information plus spécialisée que les seconds.

Le joueur humain sait décider d'une stratégie

Grâce aux informations qu'il a perçues le joueur de Go sent très rapidement ce qu'il faudrait faire pour mener sa partie. Il donne un sens à la partie. Par contre, les programmes de Go ont beaucoup de mal à faire ce genre de chose.

La difficulté est due au fait que l'existence et l'état des informations utilisées pour élaborer une stratégie sont floues. Par exemple, s'il est intuitif de dire qu'un groupe de pierres existe, il est souvent très difficile ou impossible de dire où il commence et où il finit! De même l'interprétation d'une information est difficile. Par exemple, au milieu de la partie il n'est que rarement certain qu'un groupe de pierres soit complètement mort ou complètement vivant. En général, il est entre les deux... Il n'est mort ou vivant que sous des conditions sur son voisinage. Un joueur peut décider de laisser vivre un groupe de pierres adverses pour en tirer des avantages sur le voisinage de ce groupe: influence extérieure, initiative, etc... Au contraire, il peut décider de tuer le même groupe de pierres adverses avec les contreparties que cela suppose alentour. C'est donc en partie la stratégie ou le sens global du joueur de Go qui sont utilisés pour effectuer l'interprétation des informations. Evidemment la réciproque est vraie: la stratégie utilise aussi une description du goban comprenant en particulier l'existence et l'état des groupes...

C'est ce cercle vicieux qui rend l'analyse du jeu de Go plus difficile pour une machine que pour un homme.

Le joueur humain sait s'adapter aux situations nouvelles

Une fois les stratégies possibles identifiées, une autre difficulté est de rester flexible en fonction des décisions de l'adversaire. Le joueur doit faire preuve de grande souplesse. Il doit admettre que ce qu'il possédait d'une certaine manière appartient maintenant à l'adversaire d'une autre manière encore, si celui-ci l'a décidé. Il sait qu'il va obtenir des contreparties ailleurs. Le bon joueur est celui qui sait remettre en cause son appréciation du jeu.

L'apprentissage du Go passe par de nombreuses parties jouées avec des personnes différentes afin de rencontrer le maximum de situations nouvelles. A la fin d'une partie il est très important de la commenter pour expliquer son point de vue et sa stratégie et comprendre le point de vue et la stratégie de son adversaire. La multiplicité des points de vues est un atout essentiel au Go. D'une partie sur l'autre, on peut donc progresser ne serait-ce qu'en utilisant de nouvelles façons de voir le jeu, en augmentant ses propres connaissances.

Les techniques d'acquisition de connaissances par une machine ne sont pas encore suffisamment développées pour qu'une machine puisse s'adapter aux situations nouvelles rencontrées dans une partie de Go avec des performances comparables à celles de l'homme. Cependant, le formalisme simple que propose le jeu de Go avec ses pierres noires et blanches suggère tout de même que ce jeu puisse être un support adapté à la recherche sur l'acquisition de connaissances par des machines.

Une partie de Go est un dialogue entre deux joueurs

"Go" en chinois se dit "Wei-chi". Ce qui signifie "dialogue manuel".

Il est effectivement tentant de comparer une partie de Go à un dialogue où les deux joueurs s'expriment dans un langage dont le support serait le goban. Les atomes ou lettres seraient les pierres. Les syllabes seraient les chaînes de pierres. Les mots seraient les formes, les groupes de pierres ou les zones d'influence des pierres. Les phrases seraient les situations locales du goban et le texte serait la globalité du goban.

La syntaxe de ce langage si elle existait permettrait de connaître la nature des groupes de pierres, des zones d'influence, en fonction de leur voisinage dans des cas les plus simples.

La sémantique du langage est connue grâce au raisonnement fait sur les concepts abstraits perçus par le joueur. Souvent, la syntaxe seule du langage du Go ne permet pas de conclure quant à l'état d'une situation. Par contre, l'état d'une situation locale ou la sémantique d'un coup ne peuvent être connus que grâce au contexte global. Il existe un aller et retour incessant entre les situations locales et globales. On ne peut pas comprendre l'une sans l'autre. Ce type de difficulté ressemble à celles rencontrées dans le domaine des langues naturelles et on comprend mieux pourquoi les machines butent encore sur le jeu de Go.

Il est d'ailleurs intéressant de faire une analogie entre l'apprentissage du jeu de Go et celui d'une langue étrangère: il est toujours possible d'atteindre le niveau de compréhension qui permet de parler correctement mais atteindre le niveau de maîtrise grâce auquel on peut faire oeuvre créatrice réclame un talent loin d'être donné à tout le monde.

La programmation du jeu de Go est un défi pour l'intelligence artificielle

Parce que jouer au Go requiert des facultés de perception, de décision, d'adaptation et d'utilisation de langage, le joueur humain qui vit dans le monde réel, possède un avantage inestimable sur la machine, incapable actuellement d'utiliser son avantage calculatoire dans ce jeu. La programmation du jeu de Go passe donc par une analyse du fonctionnement cognitif de l'homme et du joueur de Go. On pourra alors représenter les connaissances humaines de façon à les utiliser efficacement grâce aux possibilités calculatoires des machines. Ce travail s'inscrit dans le cadre de la recherche en intelligence artificielle qui trouve dans la programmation du jeu de Go un terrain de recherche idéal et un défi difficile.

Bruno Bouzy et Bernard Victorri