Préface

L'**intelligence artificielle** (IA) est un domaine très vaste, et ce livre est lui-même volumineux. Nous avons tenté de couvrir la totalité de ce domaine, qui embrasse la logique, les probabilités et les mathématiques du continu, mais aussi la perception, le raisonnement, l'apprentissage et l'action, ainsi que l'équité, la confiance, le bien-être social et la sécurité, et une large gamme d'applications, allant des dispositifs microélectroniques jusqu'aux robots qui explorent des planètes, en passant par les services en ligne utilisés par des milliards d'utilisateurs.

Cet ouvrage est sous-titré « Une approche moderne », car nous considérons le domaine de l'IA d'un point de vue actuel. Nous présentons l'état des connaissances dans un cadre commun, en reformulant les travaux antérieurs à l'aide des idées et de la terminologie qui prévalent aujourd'hui. Nous nous excusons auprès des personnes dont les domaines spécifiques sont moins identifiables qu'ils ne l'auraient été avec une présentation plus conventionnelle.

Nouveautés de cette édition

Cette nouvelle édition reflète l'évolution du domaine de l'IA depuis la parution de la dernière édition en 2010 :

- Nous mettons davantage l'accent sur l'apprentissage automatique (*machine learning*) que sur l'ingénierie des connaissances créées manuellement, en raison de la disponibilité croissante de données, de ressources de calcul et d'algorithmes nouveaux.
- L'apprentissage profond (*deep learning*), les langages de programmation probabiliste et les systèmes multiagents sont traités plus longuement et font chacun l'objet d'un chapitre particulier.
- Les thèmes de la compréhension du langage naturel, de la robotique et de la vision par ordinateur ont été revus pour prendre en compte l'impact de l'apprentissage profond.
- Le chapitre sur la robotique traite désormais des robots en interaction avec les humains et des applications à la robotique de l'apprentissage par renforcement (*reinforcement learning*).
- Dans les éditions antérieures, nous définissions l'objectif de l'IA comme la création de systèmes tentant de maximiser l'utilité espérée, où l'information spécifique sur l'utilité (l'objectif à remplir) était fournie par les humains concepteurs du système. Nous ne supposons plus désormais que le but est fixé, ni connu du système d'IA ; au contraire, le système peut avoir à agir dans l'incertitude des véritables objectifs des humains pour le compte desquels il opère. Il doit apprendre ce qu'il faut maximiser et se comporter de manière adéquate, même s'il est incertain quant à l'objectif.
- L'impact de l'IA sur la société est plus longuement traité, y compris les problèmes fondamentaux d'éthique, d'équité, de confiance et de sécurité.
- Les exercices ne sont plus à la fin des chapitres, mais disponibles en ligne sur `aima.cs.berkeley.edu`, en anglais. Nous pourrons ainsi en proposer régulièrement de nouveaux, les mettre à jour et les améliorer, de façon à mieux servir les besoins des enseignants et refléter les progrès du domaine et des outils logiciels associés.
- Au total, 25 % du contenu de ce livre est complètement nouveau. Les 75 % restants ont été largement revus de manière à proposer une vision unifiée du domaine. 22 % des références de cette édition concernent des travaux postérieurs à 2010.

Présentation de l'ouvrage

La notion d'**agent intelligent** est le thème unificateur principal. Nous définissons l'IA comme l'étude des agents qui reçoivent des percepts de l'environnement et qui entreprennent des actions. Chaque agent de ce type implémente une fonction qui fait correspondre des séquences de percepts à des actions. Nous montrons les différentes manières de représenter ces fonctions sous la forme d'agents réactifs, de systèmes de planification en temps réel, de systèmes de prise de décision (rationnels) et de systèmes avec apprentissage profond. Nous présentons l'apprentissage à la fois comme une méthode de construction de systèmes compétents et comme une manière d'étendre la portée du concepteur à des environnements inconnus. La robotique et la vision sont traitées non pas comme deux problèmes distincts, mais comme des outils contribuant à des objectifs. Nous insistons sur l'importance de l'environnement des tâches dans la détermination de la conception d'agent appropriée.

Notre principal objectif est de transmettre les *idées* qui ont émergé au cours des soixante-dix dernières années de recherche en IA et des deux millénaires de travaux connexes qui les ont précédées. Nous avons essayé d'éviter toute formalisation excessive dans la présentation de ces idées tout en restant précis. Nous avons inclus des formules mathématiques et des algorithmes en pseudocode afin de rendre les idées clés plus concrètes ; les concepts mathématiques et les notations sont décrits à l'annexe A, le pseudocode est décrit à l'annexe B.

Cet ouvrage a essentiellement été conçu pour servir de support dans le cadre d'une formation de licence. Il se compose de 28 chapitres, chacun correspondant à environ une semaine de cours ; deux semestres sont donc nécessaires pour traiter l'ensemble des sujets abordés, même si un cours d'un semestre peut être envisagé sur la base de chapitres sélectionnés selon l'intérêt des étudiants ou de l'enseignant. Ce livre peut également être utilisé dans le cadre d'un master ou d'un doctorat (en ajoutant peut-être certaines des références majeures suggérées dans les notes bibliographiques), ou pour l'autoapprentissage, ou plus simplement comme ouvrage de référence.

La lecture de ce livre ne demande que des connaissances de base en informatique accessibles en premier cycle d'université (algorithmes, structures de données, complexité). Quelques bases en analyse et en algèbre linéaire sont souhaitables pour comprendre en détail certains sujets.

Ressources en ligne

Des ressources en ligne sont disponibles (en anglais) sur `pearsonhighered.com/cs-resources` ou sur le site web du livre, `aima.cs.berkeley.edu`. Vous y trouverez :

- des exercices, des projets de programmation et des projets de recherche. Ceux-ci ne se trouvent plus à la fin de chaque chapitre, mais uniquement en ligne. Dans cet ouvrage, nous faisons référence aux exercices en ligne de la manière suivante : « exercice 6.NARY » ;
- les instructions vous permettant de repérer les exercices par nom ou par thème ;
- les implémentations des algorithmes du livre en Python, Java et d'autres langages de programmation (actuellement hébergées sur `github.com/aimacode`) ;
- une liste de plus de 1 400 établissements ayant utilisé ce livre, proposant souvent des liens vers des supports de cours en ligne et des plans de cours ;
- du matériel éducatif et des liens supplémentaires pour les étudiants et les instructeurs ;
- des instructions sur la façon de signaler les erreurs présentes dans l'édition américaine, dans le cas probable où il en reste.

À propos de la couverture

La couverture représente la position finale de la sixième partie, décisive, de la rencontre de 1997 entre Garry Kasparov (jouant les noirs) et le programme DEEP BLUE, qui s'est soldée pour la première fois par la victoire de l'ordinateur sur l'homme au jeu d'échecs. Kasparov est représenté en haut. À sa droite se trouve une position critique de la seconde partie du match historique de go entre l'ancien champion du monde Lee Sedol et le programme ALPHAGOprogramme de go de la société DeepMind. Le 37e coup joué par ALPHAGO était une

insulte à des siècles d'orthodoxie du jeu et a été jugé en direct par des experts humains comme une erreur grossière, avant de s'avérer gagnant. En haut à gauche, on peut voir le robot humanoïde Atlas construit par Boston Dynamics. L'image d'une voiture sans conducteur analysant son environnement se trouve entre Ada Lovelace, la première personne de l'histoire à avoir programmé une machine, et Alan Turing, dont le travail fondateur a défini l'intelligence artificielle. En bas de l'échiquier se trouvent le robot Mars Exploration Rover et une statue d'Aristote, le pionnier de la logique ; son algorithme de planification proposé dans *De Motu Animalium* apparaît derrière le nom des auteurs. Nous avons placé derrière l'échiquier un exemple de programme probabiliste utilisé par l'ONU dans le cadre du Traité d'interdiction complète des essais nucléaires, qui identifie les explosions nucléaires parmi les signaux sismiques.

Remerciements

Ce livre a mobilisé un village planétaire. Plus de 600 personnes y ont apporté leur expertise et ont suggéré des améliorations. La liste complète se trouve sur le site `aima.cs.berkeley.edu/ack.html` ; nous remercions chacune d'entre elles. Nous ne pouvons mentionner ici qu'une poignée de contributeurs, d'une importance particulière. D'abord, les coauteurs :

- Judea Pearl (section 13.5. Réseaux causaux) ;
- Vikash Mansinghka (section 15.4. Modèles probabilistes sous forme de programmes) ;
- Michael Wooldridge (chapitre 18. Prise de décision multiagent) ;
- Ian Goodfellow (chapitre 21. Apprentissage profond) ;
- Jacob Devlin et Mei-Wing Chang (chapitre 24. Apprentissage profond en traitement du langage naturel) ;
- Jitendra Malik et David Forsyth (chapitre 25. Vision par ordinateur) ;
- Anca Dragan (chapitre 26. Robotique).

Ensuite, les collaborateurs cruciaux :

- Cynthia Yeung et Malika Cantor (gestion du projet) ;
- Julie Sussman et Tom Galloway (conseils sur l'écriture et révision) ;
- Omari Stephens (illustrations) ;
- Tracy Johnson (éditrice) ;
- Erin Ault et Rose Kernan (couverture et passage à la couleur) ;
- Nalin Chhibber, Sam Goto, Raymond de Lacaze, Ravi Mohan, Ciaran O'Reilly, Amit Patel, Dragomir Radiv, et Samagra Sharma (développement de code et tutorat en ligne) ;
- Google Summer of Code students (développement de code).

Stuart aimerait remercier sa femme, Loy Sheflott, pour sa patience infinie et sa sagesse illimitée. Il espère que Gordon, Lucy, George et Isaac liront bientôt cet ouvrage après lui avoir pardonné d'y avoir consacré autant de temps. Le cercle des étudiants de Russell a apporté une aide inestimable, comme toujours.

Peter aimerait remercier ses parents, Torsten et Gerda, pour lui avoir montré le chemin, ainsi que sa femme, Kris, ses enfants, Bella et Juliet, et ses amis, pour leurs encouragements et la compréhension dont ils ont fait preuve malgré les longues heures consacrées à l'écriture et les heures plus nombreuses encore dévolues à la réécriture.

Table des matières

VI Communiquer, percevoir et agir

VII Conclusions