



ODILE PAPINI, VINCENT RISCH

Introduction (FR)

Volume 5, n° 2-3 (2024), p. 1-16.

<https://doi.org/10.5802/roia.69fr>

© Les auteurs, 2024.



Cet article est diffusé sous la licence
CREATIVE COMMONS ATTRIBUTION 4.0 INTERNATIONAL LICENSE.
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



*La Revue Ouverte d'Intelligence Artificielle est membre du
Centre Mersenne pour l'édition scientifique ouverte*
www.centre-mersenne.org
e-ISSN : 2967-9672

Introduction (FR)

Odile Papini^a, Vincent Risch^a

^a Aix-Marseille Université Laboratoire d'Informatique et Systèmes, CNRS, UMR7020
Marseille

E-mail : odile.papini@univ-amu.fr, vincent.risch@lis-lab.fr.

Alain Colmerauer nous a quittés le 12 mai 2017. Pionnier de l'intelligence artificielle, il restera dans l'histoire de l'informatique comme le créateur du langage de programmation Prolog. Mathématicien et informaticien, chercheur infatigable et visionnaire, il a perçu très tôt l'intérêt d'inverser la relation de subordination de la programmation à la logique pour créer la Programmation Logique. En 1969, à l'Université de Montréal, il développe le formalisme des « Systèmes-Q » pour le traitement des langues naturelles ; c'est le début de l'aventure Prolog dont le premier interpréteur voit le jour en 1971 à Marseille. Cette première réussite académique, très remarquée, amène sur Prolog et son inventeur les projecteurs de nombreuses universités et le logiciel est diffusé dans le monde entier. Prolog II introduit la Programmation Logique avec Contraintes. Prolog III et la dernière étape, Prolog IV, généralisent aux domaines discrets et continus la technique de résolution de contraintes par réduction et propagation d'intervalles. Cette dernière évolution, en partie inachevée, met un terme à la lignée des Prolog marseillais, l'œuvre de sa vie. Très représentative du scientifique et de l'homme qu'il était, elle éclaire sa volonté constante d'apporter autant de rigueur à la théorie qu'à la mise en œuvre applicative.

Quatre ans après sa disparition, une journée d'hommage⁽¹⁾ a été organisée en son honneur le 8 octobre 2021 sur le campus de Luminy d'Aix Marseille Université. Cet évènement a été l'occasion d'évoquer sa contribution scientifique majeure avec l'idée de montrer un lien toujours profond et vivant entre ses travaux et des pistes de recherche d'actualité⁽²⁾, dans un contexte rendu particulièrement actif en raison de l'essor récent des techniques numériques d'Intelligence Artificielle.

Les associations *Prolog Héritage* et *Association for Logic Programming (ALP)* ont déclaré l'année 2022 *Année Prolog* à l'occasion du 50^e anniversaire de la naissance de Prolog. Un symposium⁽³⁾ a été organisé le 10 novembre 2022 à l'Université Paris Cité avec la création d'un prix Alain Colmerauer décerné par un jury international.

⁽¹⁾<https://alain-colmerauer.lis-lab.fr>.

⁽²⁾Lien vers les vidéos des présentations :

<https://amupod.univ-amu.fr/videos/?tag=alain%20colmerauer>.

⁽³⁾<https://prologyear.logicprogramming.org/PrologDay.html>.

La revue ROIA a décidé de prolonger et d'élargir ces hommages sous la forme d'un numéro spécial dont nous avons accepté avec plaisir d'être les éditeurs invités et pour lequel un appel à contributions a été lancé en octobre 2022.

UN APERÇU DES RECHERCHES EN INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DANS LES ANNÉES 1960

L'Intelligence Artificielle (IA) est née suite à un programme de rencontres pendant l'été 1956 à Dartmouth College (Hanover, New Hampshire, USA) à l'initiative de deux jeunes chercheurs John McCarthy et Marvin Minsky, qui dans des registres différents vont fortement marquer le développement de la discipline, John McCarthy défendant une vision purement logique de la représentation des connaissances, et Marvin Minsky travaillant sur les neurones formels et les perceptrons.

En 1956 Newell et Simon (en collaboration avec J. Cliff Shaw), proposent un premier programme d'ordinateur capable de démontrer des théorèmes en logique, avant de bientôt présenter un « résolveur de problème général » (General Problem Solver), basé sur l'évaluation de la différence entre la situation à laquelle le résolveur est arrivé et le but qu'il a à atteindre.

L'IA s'intéresse dès ses débuts au développement de programmes capables de jouer aux échecs. Les premiers programmes, notamment ceux de Arthur Samuel et Alex Bernstein, apparaissent au début des années 1960, et au fil des décennies arrivent à battre des joueurs de niveaux de plus en plus élevés, comme déjà MacHack celui de Richard Greenblatt à la fin des années 1960.

Parmi les travaux variés qui marquent les débuts de l'IA, mentionnons encore le programme de Thomas G. Evans capable, comme dans un test d'intelligence, de trouver par analogie la quatrième figure géométrique complétant une série de trois (ce qui nécessitait aussi une représentation conceptuelle des figures), ou les systèmes exploitant des contraintes en les propageant, comme dans l'approche de David Waltz (1975) pour reconnaître dans une image les lignes correspondant aux arêtes de solides et leurs positions relatives, approche qui devait s'étendre par la suite à beaucoup d'autres domaines où la représentation par contraintes s'impose naturellement.

Le traitement de textes ou de dialogues en langage naturel, tant sur le plan de leur compréhension que celui de leur production automatique, a préoccupé également l'IA très tôt. Le système ELIZA (de Joseph Weizenbaum) en repérant des expressions clés dans des phrases et en reconstruisant à partir d'elles des phrases toutes faites, était capable dès 1965, de simuler un dialogue en langage naturel en trompant un moment des interlocuteurs humains qui croyaient avoir affaire à un interlocuteur humain ! Pourtant ELIZA ne construisait aucune représentation des phrases du dialogue et donc n'en détenait aucune compréhension.

Pour écrire plus facilement de tels programmes, des langages de programmation tournés vers le traitement symbolique de l'information sont nécessaires. Spécifié en 1958 par John Mc Carthy, inspiré du λ -calcul d'Alonzo Church, le langage LISP (pour

List Processing), langage de programmation fonctionnelle, devient un langage de référence de l'IA.

L'intelligence artificielle s'est tout d'abord largement développée aux États-Unis avant d'intéresser les chercheurs en Europe à partir de la fin des années 1960 [13]. En France, à part les pionniers de la cybernétique Louis Couffignal et Paul Braffort, les premières équipes françaises qui se réclament explicitement de l'intelligence artificielle en France sont créées à peu près en même temps au tout début des années 1970 à Paris et à Marseille sous les impulsions respectives de Jacques Pitrat [15] et Alain Colmerauer.

ALAIN COLMERAUER PIONNIER DE LA PROGRAMMATION LOGIQUE ET DE LA PROGRAMMATION PAR CONTRAINTES

Les premiers travaux de recherche d'Alain Colmerauer ont porté sur l'analyse syntaxique des langages de programmation dans le cadre de sa thèse de doctorat d'état soutenue en 1967 à Grenoble. Il s'est ensuite intéressé à des langages à la syntaxe plus complexe que les langages de programmation, les langages naturels. De 1967 à 1970 assistant professeur à l'université de Montréal, en coopération scientifique, il développe ses premiers travaux en intelligence artificielle dans le cadre du projet *Traduction Automatique de l'Université de Montréal* (TAUM) dont il a été nommé responsable. TAUM représente l'un des premiers prototypes industriels de traduction entre français et anglais. Il conçoit dans le même temps un formalisme, « les systèmes Q »⁽⁴⁾, basé sur la manipulation d'arbres qui, implanté, est appliqué à la traduction automatique de bulletins météorologiques de l'anglais au français [7].

De retour en France en 1970 comme Maître de Conférences à l'Université Aix Marseille II, il va abandonner la traduction automatique et s'intéresser à la déduction à partir de textes. Pour cela, il se penche sur les travaux en cours en démonstration automatique et plus particulièrement sur le Principe de Résolution qu'Alan Robinson a développé en 1965. Il invite à Marseille Robert Kowalski qui développe à Edimbourg des travaux sur la « SL-résolution », extension et raffinement de la méthode de Robinson. Ces échanges fructueux vont conduire à une approche qui utilise un fragment de la logique des prédicats et s'appuie sur la « SL-résolution » qui va servir de base comme premier modèle théorique de Prolog⁽⁵⁾. Au départ cependant, le but d'Alain Colmerauer est plutôt de concevoir un système de communication en langage naturel qui puisse être interrogé [11], mais à partir de là, l'équipe qu'il forme avec ses doctorants sur le campus de Luminy composée au départ de Philippe Roussel, Robert Pasero, Marc Bergman et Jean Trudel va mettre au point un langage de programmation de conception radicalement nouvelle : Prolog (pour PROgrammation LOGique). À vrai dire plus qu'un langage, Prolog représentera un paradigme permettant de penser la programmation d'une façon totalement différente, et se révéler une vraie révolution en Intelligence Artificielle [12].

⁽⁴⁾Q pour Québec.

⁽⁵⁾cf. l'article de Robert Kowalski dans le présent volume.

Dans le milieu des années 1970 Alain Colmerauer poursuit également ses travaux sur le traitement des langues naturelles, en particulier sur la sémantique du français, puis sur l'application de ses travaux à l'interrogation de bases de données [4].

Dès 1976, les travaux d'implantation de Prolog sur micro-ordinateurs d'abord sur un Exorciser, puis sur un Apple II, vont permettre de produire une nouvelle spécification de Prolog. Alain Colmerauer y remplace la notion d'unification par celle de la résolution d'équations dans un domaine donné. Cette approche lui permet d'introduire des arbres infinis ainsi que des diséquations permettant de tester que deux objets sont différents sans avoir recours à l'opération de coupure. Ces travaux vont donner naissance au langage Prolog II [5] dont l'implémentation sur un apple II doté d'une mémoire de 64k représente une prouesse technique, et pour lequel Alain Colmerauer, Henry Kanoui et Michel van Caneghem obtiennent la pomme d'or d'Apple en 1982.

Le détachement d'Alain Colmerauer au Centre Mondial d'Informatique à Paris au début des années 1980 va lui permettre de démarrer des recherches sur de nouvelles extensions des mécanismes de base de Prolog. Constatant que les égalités et non-égalités entre termes sont une forme particulière de contraintes, la possibilité d'associer au noyau Prolog un solveur de contraintes numériques va conduire au langage Prolog III et permettre ainsi l'avènement de la Programmation par Contraintes. Du milieu à la fin des années 1980 Alain Colmerauer se consacre au développement du langage Prolog III dont une version commercialisable est opérationnelle au début 1990⁽⁶⁾ [6].

L'idée d'une généralisation à des langages de contraintes arbitraires commence à s'imposer et poursuivant ses réflexions sur la programmation par contraintes, il lui apparaît clairement qu'une contrainte s'exprime sous forme d'une conjonction de contraintes élémentaires et de façon plus générale sous la forme d'une formule du premier ordre impliquant des opérations et des relations sur un domaine donné. Il va alors s'intéresser à des contraintes de plus en plus complexes qui vont conduire au langage Prolog IV, opérationnel en 1996. Prolog IV permet de traiter une grande variété de contraintes, en particulier sur les listes, les arbres, les intervalles, et les nombres réels [1].

Dans le but de résoudre la question de la complexité induite par la conjonction de contraintes atomiques, Alain Colmerauer s'intéresse à la fin des années 1990 à la résolution de contraintes par réduction d'intervalles [2], puis au début des années 2000 à la résolution de contraintes générales, c'est à dire de formules du premier ordre non restreintes, dans la théorie des arbres [8]. Par ailleurs, son intérêt se porte sur la complexité des programmes universels dans la deuxième moitié des années 2000 [9, 10]. Ayant été particulièrement soucieux tout au long de sa vie d'une interaction entre recherche théorique et applications, Alain Colmerauer orientera ses derniers travaux vers des questions fondamentales de calculabilité, en proposant un nouveau cadre formel permettant l'évaluation des complexités de plusieurs programmes universels sur différentes machines.

⁽⁶⁾<https://www.softwarepreservation.org/projects/prolog/>.

Parallèlement à ses activités de recherche, Alain Colmerauer est également un pionnier de l'enseignement de l'informatique à Marseille. Malgré une proposition à l'université de Stanford, Alain Colmerauer choisit de rejoindre le Centre Universitaire Marseille Luminy au début des années 1970. Il y développera avec son équipe un enseignement étroitement lié à la recherche, induit concrètement par la mise en place d'un DEA d'informatique préalablement à celle d'une maîtrise puis d'une licence, en sens inverse des usages académiques ayant habituellement cours au sein des autres universités françaises. Ce lien avec la recherche suscitera de nombreuses vocations, les étudiants ainsi formés contribuant eux-mêmes avec talent au rayonnement de la Programmation Logique et de la Programmation par Contraintes. Alain Colmerauer encadrera directement une cinquantaine de thèses⁽⁷⁾.

UN RÉCIT DES DÉBUTS ET DE L'ÉVOLUTION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE EN FRANCE

Ce volume, tout à la fois recueil de témoignages personnels et d'articles scientifiques reliés au travail d'Alain Colmerauer, constitue une originalité par rapport à d'autres hommages scientifiques publiés auparavant. Nous espérons ainsi mettre en lumière la fécondité des idées d'Alain Colmerauer, qui trouvent un écho tenace dans des préoccupations récentes, et se prolongent au coeur des développements de plusieurs paradigmes fondamentaux en IA.

ORGANISATION DES CONTRIBUTIONS À CE VOLUME

Nous avons choisi de regrouper les textes en quatre parties, comme suit :

- (1) Prolog et la Programmation Logique
- (2) Programmation par Contraintes
- (3) Devenir de la Programmation Logique
- (4) Intelligence Artificielle à Marseille et témoignages

1^{RE} PARTIE : PROLOG ET LA PROGRAMMATION LOGIQUE

Cette première partie regroupe quatre contributions qui situent les enjeux scientifiques et industriels de la Programmation Logique à sa naissance. La première contribution, due à Robert Kowalski, évoque le contexte scientifique de l'émergence de Prolog. La seconde contribution, due à Jean Rohmer, examine le contexte industriel dans lequel Prolog a été utilisé avec succès. Les deux contributions suivantes, respectivement dues à Christian Boitet et à Véronica Dahl, évoquent différents aspects de l'intérêt que présente Prolog comme outil théorique et pratique pour le traitement des langues naturelles.

Robert Kowalski est professeur émérite à l'Imperial College à Londres. Logicien et informaticien, ses premiers travaux de recherche ont porté sur la démonstration automatique de théorèmes, et en particulier sur la SL-résolution. Invité à Marseille par Alain

⁽⁷⁾cf. annexe.

Colmerauer en 1971, puis en 1972 leur fructueuse collaboration a donné naissance à la Programmation Logique. Son article évoque les débuts de la recherche en Intelligence Artificielle en Europe, en particulier les travaux reposant sur une approche déclarative de la Représentation des Connaissances et de la résolution de problèmes qui ont précédé l'émergence de Prolog. Il rappelle ensuite les échanges et la complémentarité de leurs contributions qui ont donné le jour à la Programmation Logique.

Jean Rohmer est ingénieur et président de l'institut Fredrik Bull ; il a dirigé les activités de recherche, de développement et de commercialisation en Intelligence Artificielle du Groupe Bull. Ses travaux de recherche ont porté sur les machines parallèles, la gestion des bases de données et la Programmation Logique. Il a pris connaissance des travaux d'Alain Colmerauer au début des années 1980 lorsque l'industrie française s'est intéressée à Prolog suite au choix de ce langage pour les ordinateurs dits de 5^e génération. Son article examine le contexte dans lequel Prolog est né et a évolué d'un point de vue industriel, économique et géopolitique.

Christian Boitet est professeur émérite à l'Université Grenoble Alpes ; il développe ses activités de recherche dans le domaine du Traitement Automatique du Langage au sein du Laboratoire Informatique de Grenoble (LIG). Il a découvert les travaux d'Alain Colmerauer sur les systèmes Q lors de son DEA en 1970 au laboratoire CNRS CETA de Grenoble, puis dans le cadre du projet TAUM. Il évoque dans son article les apports des systèmes Q à la traduction automatique.

Veronica Dahl est professeure émérite à l'Université Simon Fraser à Vancouver (Canada); ses travaux de recherche portent sur la Programmation Logique, la linguistique computationnelle, les bases de données déductives, la bioinformatique. Elle a découvert l'Intelligence Artificielle dans les cours de DEA d'Alain Colmerauer et a soutenu sa thèse sous sa direction à l'Université d'Aix Marseille II en 1977. Son article résume les recherches qui, depuis le développement de Prolog, ont construit les bases théoriques et les outils permettant le traitement de la langue naturelle par logique, les applications informatiques qui en découlent, et les met en regard des approches actuelles en Traitement Automatique des Langues.

2^e PARTIE : PROGRAMMATION PAR CONTRAINTES

Cette deuxième partie regroupe trois contributions consacrées à la Programmation par Contraintes dont Alain Colmerauer est l'un des pionniers. La première contribution, due à Olivier Bartheze et Guy-Alain Narboni, présente l'utilisation de Prolog III pour résoudre un problème historique de Programmation par Contraintes. Le fonctionnement de Prolog II, Prolog III, Prolog IV repose sur la résolution de contraintes sous forme d'équations et de diséquations dans l'algèbre des arbres finis ou infinis et la deuxième contribution, due à Thi Bich Hanh Dao, porte sur l'expressivité de contraintes plus générales dans cette algèbre. La troisième contribution, due à Pascal Van Hentenryck, présente un historique du développement de la Programmation par Contraintes qui met en lumière l'apport essentiel d'Alain Colmerauer.

Olivier Bartheye est maître de conférences à l'École de l'Air de Salon de Provence ; ses travaux de recherche en Intelligence Artificielle portent sur la mise en œuvre des machines décisionnelles dans les environnements critiques et les situations de crise. Il a découvert l'Intelligence Artificielle dans les cours de DEA d'Alain Colmerauer et a ensuite soutenu sa thèse sous sa direction en 1994 à l'Université d'Aix-Marseille II. Guy-Alain Narboni est ingénieur, directeur de la société Implex à Marseille et président de l'association *Prolog Héritage*. Il a découvert l'Intelligence Artificielle à la fin de ses études à Polytechnique dans l'école d'application des Ponts dans le cadre des cours de DEA donnés par Jean-Louis Laurière, puis au Turing Institute en Écosse. Il a collaboré avec Alain Colmerauer lorsqu'il a rejoint la société *Prologia* comme directeur scientifique. Leur article a pour objet d'illustrer la puissance de la programmation par contraintes au travers d'un problème concret, le remplissage d'un rectangle par des carrés de tailles distinctes, et la présentation de la solution élégante qu'en a proposé Alain Colmerauer en Prolog III.

Thi Bich Hanh Dao est Maîtresse de Conférences à l'université d'Orléans, ses activités de recherche portent sur la Programmation par Contraintes, la fouille de données et l'intégration entre ces deux domaines au sein du Laboratoire d'Informatique Fondamentale d'Orléans(LIFO). Elle a soutenu sa thèse sous la direction d'Alain Colmerauer en 2000 à l'Université d'Aix-Marseille II. Son article porte sur les contraintes du premier ordre dans l'algèbre des arbres finis ou infinis.

Pascal Van Hentenryck est titulaire de la chaire A. Russell Chandler III et professeur à Georgia Institute of Technology à Atlanta, États-Unis. Il est crédité d'avancées pionnières dans la Programmation par Contraintes et l'optimisation stochastique, en associant théorie et pratique pour résoudre des problèmes du monde réel dans divers domaines. Il a rencontré Alain Colmerauer pour la première fois lors de la conférence de Programmation Logique en 1990. Alain Colmerauer l'a ensuite invité, à plusieurs reprises à Marseille, en particulier pour une année sabbatique en 1994. Son article retrace les débuts de la Programmation par Contraintes en mettant en évidence le rôle central qu'y a joué Alain Colmerauer.

3^e PARTIE : DEVENIR DE LA PROGRAMMATION LOGIQUE

Cette troisième partie regroupe deux contributions qui portent sur des évolutions de la Programmation Logique. La première contribution, due à Henri Prade, pointe les liens entre Programmation Logique et Représentation des Connaissances, ouvrant la voie à une sémantique plus articulée avec la Représentation des Connaissances pour la Programmation Logique. La deuxième contribution due Belaid Benhamou, Vincent Risch, et Éric Würbel, présente l'évolution du traitement de la négation en Programmation Logique, à partir de l'incorporation du mécanisme de *cut* dans Prolog, dans le cadre d'une sémantique purement déclarative permettant une implantation effective d'un raisonnement de type non-monotone.

Henri Prade est directeur de recherche émérite au CNRS à l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT) et travaille depuis plusieurs décennies sur la

représentation de l'information et le raisonnement en présence d'incertitude, d'incohérence ou d'information manquante, contribuant notamment à développer la théorie des possibilités, un maillon manquant entre logique et probabilités, ainsi qu'à proposer une nouvelle approche du raisonnement analogique. Son article met en évidence quelques points de rencontre entre les travaux en Programmation Logique tournée vers le contrôle et la mise en œuvre de la logique classique, et les études en Représentation des Connaissances visant à augmenter l'expressivité de la logique classique, les deux courants de recherche opérant un dépassement de la logique classique.

Belaid Benhamou est professeur, Vincent Risch et Éric Würbel sont Maîtres de Conférences, tous trois à Aix Marseille Université et membres du Laboratoire Informatique et Systèmes (LIS). Ils ont suivi les cours de DEA d'Alain Colmerauer, et ont soutenu leur thèse respectivement à l'Université d'Aix Marseille I en 1993, à l'Université d'Aix Marseille II en 1993 et à l'Université d'Aix Marseille I en 2000. Ils développent leurs activités de recherche dans les domaines de la Représentation des Connaissances, de la logique, du raisonnement et de l'algorithmique de l'IA. Leur article présente l'évolution de la Programmation Logique au travers de la problématique liée à l'introduction de la négation en Prolog, conduisant à un nouveau paradigme de la Programmation Logique succédant à Prolog et appelé « Answer Set Programming » (ASP).

4^E PARTIE : INTELLIGENCE ARTIFICIELLE À MARSEILLE ET TÉMOIGNAGES

Cette dernière partie regroupe cinq contributions. La première, dûe à Odile Papini donne quelques repères historiques sur le développement de l'Intelligence Artificielle à Marseille. Les quatre contributions suivantes, respectivement dûes à Marc Bergman, Henry Kanoui, Jean Trudel, et Colette Colmerauer, sont des témoignages de collègues qui évoquent le souvenir d'Alain Colmerauer dans le contexte universitaire qu'ils ont partagé avec lui. La quatrième et dernière contribution, est aussi un témoignage plus intime écrit par Colette Colmerauer.

Odile Papini est professeure émérite à Aix Marseille Université, elle a découvert l'Intelligence Artificielle au GIA en 1987 suite à son recrutement comme Maîtresse de Conférences à l'Université d'Aix Marseille II. Elle a développé ses travaux dans le domaine de la Représentation des Connaissances et du raisonnement, en particulier sur le changement de croyances dans le cadre de la logique classique, et à partir des années 2000 dans le cadre du formalisme ASP. Son article présente quelques repères historiques sur les débuts du développement de la recherche, de l'enseignement et du transfert technologique en IA à Marseille suite à l'arrivée d'Alain Colmerauer.

Marc Bergman a été l'un des premiers enseignants en informatique à Marseille. Il a accueilli Alain Colmerauer en 1970 à Marseille sur le campus de Luminy. Il a développé des travaux de recherche en Intelligence Artificielle sur la démonstration automatique suite à la thèse qu'il a soutenu en 1973 sous la direction d'Alain Colmerauer. Il a dirigé le département *Formation* de l'Institut International de Robotique et d'Intelligence Artificielle à Marseille (IIRIAM), créé en 1984. Il évoque dans son témoignage l'arrivée d'Alain Colmerauer à Marseille et les débuts du GIA.

Henry Kanoui a découvert l'Intelligence Artificielle dans les cours d'Alain Colmerauer lors de son DEA en 1971–1972. Il a ensuite soutenu sa thèse en 1973 sous la direction d'Alain Colmerauer, et a développé son activité de recherche sur le développement de Prolog. Il a participé à l'aventure du Centre Mondial avant de diriger la société *Prologia* à ses débuts. Il a ensuite rejoint l'Institut International de Robotique et d'Intelligence Artificielle à Marseille (IIRIAM) dont il a dirigé le département *Recherche* avant de retourner en 1997 comme professeur à Aix Marseille Université au sein de l'ESIL qu'il a dirigée de 2008 à 2012. Dans son témoignage il évoque les années passées avec Alain Colmerauer au Centre Mondial.

Jean Trudel a découvert l'Intelligence Artificielle dans les cours de maîtrise qu'il a suivi avec Martin Davis. Il a ensuite suivi les cours d'Alain Colmerauer dans le cadre de son doctorat à l'Université de Montréal. En 1971 il a obtenu une bourse de recherche d'Hydro-Quebec pour rejoindre l'équipe marseillaise dirigée par Alain Colmerauer. Son témoignage relate son séjour à Marseille.

Colette Colmerauer est linguiste, Maîtresse de Conférences à l'Université d'Aix-Marseille II et l'épouse d'Alain Colmerauer. Interlocutrice de référence sur les questions linguistiques, elle l'a accompagné durant toute sa carrière. Son témoignage relate les conditions de leur arrivée à Marseille.

ÉPILOGUE

L'étendue et l'originalité des contributions d'Alain Colmerauer au paradigme naissant de l'IA symbolique en cette fin de vingtième siècle sont remarquables : d'une part en raison de la variété des problèmes théoriques qu'il a abordés et pour lesquels il a proposé des solutions formelles particulièrement élégantes, d'autre part en raison de son souci constant d'une mise en application concrète de ces solutions. On peut, pour la part formelle, mentionner : systèmes-Q, unification, grammaires de métamorphoses, machine Prolog, algèbre des arbres, cadre de représentation et de traitement des contraintes, complexité des programmes universels... La part des applications concrètes couvre directement : TAUM, l'implantation des versions successives de Prolog, leur mise en production par le biais de la société *Prologia* créée à cette effet... et indirectement de nombreuses applications fondées sur l'utilisation de Prolog réalisées à l'échelle industrielle en France et à l'étranger. Ce dialogue permanent entre théorie et pratique, relativement inhabituel dans le paysage académique français, s'est révélé fructueux à plus d'un titre, non-seulement par le fait que ces deux axes se sont enrichis mutuellement au sein même des travaux que menait Alain Colmerauer dans le cadre d'une vision profondément cohérente de sa discipline, mais au delà par le fait qu'ils ont pu donner naissance à de nouveaux paradigmes d'étude dont se sont saisis d'autres chercheurs.

Il est aussi frappant de constater à quel point les préoccupations qui ont déterminé l'orientation des travaux menés par Alain Colmerauer se retrouvent au cœur de la révolution scientifique qui a cours en Intelligence Artificielle ces dernières années. Des réalisations récentes connues du grand public, traducteurs tels que DeepL ou modèles

de langages parmi lesquels ChatGPT, réalisées dans le cadre des approches numériques de l'IA autour des algorithmes d'apprentissage, recouvrent les préoccupations qui ont guidé la constitution de TAUM aussi bien que la réalisation de Prolog. Ces approches qui se distinguent par la portée générale du traitement qu'elles sont capables d'opérer sur le langage, semblent pourtant ne pas pouvoir faire l'économie d'une alliance avec les méthodes symboliques dès lors que se pose la question d'une représentation du raisonnement. Dans cette direction, les jalons posés par Alain Colmerauer indiquent un horizon qui reste à parcourir.

C'est en l'occurrence l'objet de ce numéro spécial de ROIA que de tenter de montrer comment la pensée scientifique d'Alain Colmerauer a profondément irrigué bien des questions contemporaines abordées par l'IA. Nous espérons que cette introduction donnera envie aux lectrices et lecteurs de lire les articles de ce numéro spécial d'hommage et leur permettra de se remémorer ou de découvrir l'apport essentiel d'Alain Colmerauer aux approches symboliques de l'IA⁽⁸⁾.

REMERCIEMENTS

Nous remercions chaleureusement les relecteurs qui ont apporté leur contribution à l'amélioration de ce volume : Colette Colmerauer, Stéphane Grandcolas, Jacques Le Maître, Jean-Luc Massat, Robert Pasero, Camilla Schwind, Éric Würbel, Claude Sabatier, Yann Vaxes.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] F. BENHAMOU, P. BOUVIER, A. COLMERAUER, H. GARETTA, B. GILETTA, J. L. MASSAT, G. A. NARBONI, S. N'DONG, R. PASERO, J. F. PIQUE, TOURAÏVANE, M. VAN CANEGHEM & E. VÉTILLARD, *Le manuel de Prolog IV*, PrologIA, Marseille, 1996.
- [2] N. BLEUZEN-GUERNALEC & A. COLMERAUER, « Optimal Narrowing of a Block of Sortings in Optimal Time », *Constraints An Int. J.* **5** (2000), n° 1/2, p. 85-118.
- [3] A. COLMERAUER, Site personnel, <http://alain.colmerauer.free.fr>.
- [4] ———, « An Interesting Subset of Natural Language », in *Logic Programming* (K. L. Clark & S. A. Tarnlund, eds.), Academic Press, 1982, p. 45-66.
- [5] ———, « Prolog in 10 Figures », *Comm. ACM* **28** (1985), n° 12, p. 1296-1310.
- [6] ———, « An Introduction to Prolog III », *Commun. ACM* **33** (1990), n° 7, p. 69-90.
- [7] ———, « Les systèmes Q ou un formalisme pour analyser et synthétiser des phrases sur ordinateur », *TAL* **33** (1992), p. 105-148.
- [8] ———, « Expressiveness and Complexity of Full First-Order Constraints in the Algebra of Trees », in *Artificial Intelligence, Automated Reasoning, and Symbolic Computation, Joint International * Conferences, AISC 2002 and Calculemus 2002, Marseille, France, July 1-5, 2002, Proceedings* (J. Calmet, B. Benhamou, O. Caprotti, L. Henocque & V. Sorge, eds.), Lecture Notes in Computer Science, vol. 2385, Springer, 2002, p. 2-3.

⁽⁸⁾En témoignage aussi les contributions présentées lors du symposium sur les 50 ans de Prolog organisé par l'Association for Logic Programming (ALP, <https://logicprogramming.org/>) et *Prolog Héritage* (<http://prolog-heritage.org/>) en novembre 2022. La lectrice, le lecteur pourra également visionner le documentaire « Alain Colmerauer : l'aventure Prolog » (https://www.youtube.com/watch?v=74Ig_QKndvE).

- [9] ———, « On the Complexity of Universal Programs », in *Machines, Computations, and Universality, 4th International Conference, MCU 2004, Saint Petersburg, Russia, September 21-24, 2004, Revised Selected Papers* (M. Margenstern, éd.), Lecture Notes in Computer Science, vol. 3354, Springer, 2004, p. 18-35.
- [10] ———, « Back to the Complexity of Universal Programs », in *Principles and Practice of Constraint Programming, 14th International Conference, CP 2008, Sydney, Australia, September 14-18, 2008. Proceedings* (P. J. Stuckey, éd.), Lecture Notes in Computer Science, vol. 5202, Springer, 2008, p. 1-20.
- [11] A. COLMERAUER, H. KANOUI, R. PASERO & P. ROUSSEL, « Un système de communication en français », Rapport préliminaire de fin de contrat iria, GIA, Faculté des Sciences de Luminy, Université Aix-Marseille II, France, Octobre 1972, <http://alain.colmerauer.free.fr/>.
- [12] A. COLMERAUER & P. ROUSSEL, « The Birth of Prolog », in *History of Programming Languages Conference (HOPL-II)* (J. A. N. Lee & J. E. Sammet, éd.s.), ACM, 1993, Preprints, Cambridge, Massachusetts, USA, April 20-23, 1993, p. 37-52.
- [13] N. J. NILSSON, *The quest for artificial intelligence : a history of ideas and achievements*, Cambridge University Press, 2010.
- [14] V. RISCH, « Hommage à Alain Colmerauer », *Bulletin de l'AFIA* 97 (2019), p. 4, https://afia.asso.fr/wp-content/uploads/2019/05/97_jui17.pdf.
- [15] « Numéro Spécial en hommage à Jacques Pitrat », *Revue Ouverte d'Intelligence Artificielle* 3 (2022), n° 1-2, p. 1-18.

**ANNEXE A. LISTE DES 52 THÈSES SOUTENUES SOUS LA DIRECTION
D'ALAIN COLMERAUER À L'UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE**

- (1) Ph. Roussel. Définition et traitement de l'égalité formelle en démonstration automatique, thèse de 3^e cycle, mai 1972.
- (2) R. Pasero. Représentation du français en logique du premier ordre en vue de dialoguer avec un ordinateur, thèse de 3^e cycle, mai 1973
- (3) H. Kanoui. Application de la démonstration automatique aux manipulations algébriques et à l'intégration formelle sur ordinateur, thèse de 3^e cycle, octobre 1973.
- (4) M. Bergman. Résolution par la démonstration automatique de quelques problèmes en intégration symbolique sur calculateur, thèse de 3^e cycle, octobre 1973.
- (5) M. Joubert. Un système de résolution de problèmes à tendance naturelle, thèse de 3^e cycle, février 1974.
- (6) J. Gispert. Étude de l'optimisation et réalisation d'un éditeur de textes paginés, thèse de 3^e cycle, juin 1975.
- (7) G. Battani. Mise en œuvre des contraintes phonologiques, syntaxiques et sémantiques dans un système de compréhension automatique de la parole, thèse de 3^e cycle, juin 1975.
- (8) H. Meloni. Mise en œuvre des contraintes phonologiques, syntaxiques et sémantiques dans un système de compréhension automatique de la parole, thèse de 3^e cycle, juin 1975.
- (9) J. Guizol. Synthèse du français à partir d'une représentation en logique du premier ordre, thèse de 3^e cycle, octobre 1975.
- (10) V. Dahl. Un système déductif d'interrogation de banques de données en espagnol, thèse de 3^e cycle, novembre 1977.

- (11) M. Rodriguez. Un système patient d'Aide à la conception JOB, thèse de 3^e cycle, octobre 1978. (En grande partie dirigée par Ph. Roussel.)
- (12) Ph. Donz. Une méthode de transformation et d'optimisation de programmes Prolog. définition et implémentation, thèse de 3^e cycle, juin 1979.
- (13) P. Sabatier. Dialogues en Français avec un ordinateur, thèse de 3^e cycle, juin 1980. (En grande partie dirigée par R. Pasero.)
- (14) Ch. Giraud. Logique et conception assistée par ordinateur, thèse de 3^e cycle, mai 1980.
- (15) L. Périchaud. Consultation en français d'une banque de données sur fichier et mise en place du système Prolog nécessaire, thèse de 3^e cycle, avril 1981.
- (16) J. F. Pique. Sur un modèle logique du langage naturel et son utilisation pour l'interrogation des banques de données, thèse de 3^e cycle, décembre 1981.
- (17) P. Siegel. La saturation au secours de la NonMonotonie, thèse de 3^e cycle, mai 1981.
- (18) G. Bossu. La saturation au secours de la NonMonotonie, thèse de 3^e cycle, mai 1981.
- (19) H. Méloni. Étude et réalisation d'un système de reconnaissance automatique de la parole continue, thèse d'État, février 1982.
- (20) J. P. Parcy. Un système expert en diagnostic sur réacteurs à neutrons rapides, thèse de 3^e cycle, septembre 1982.
- (21) M. Hileyan. Modélisation des fins de parties d'échecs, thèse de 3^e cycle, septembre 1982.
- (22) M. Van Caneghem. L'Anatomie de Prolog II, thèse d'État, octobre 1984.
- (23) H. Garetta. Un compilateur Modula II écrit en Prolog, thèse de doctorat, juin 1985.
- (24) S. Himbault. Un système expert en diagnostic de panne pour un réacteur nucléaire à neutrons rapides, thèse de doctorat, octobre 1985.
- (25) C. Sedogbo. De la grammaire en chaîne du français à un système de questions-réponses, thèse d'État, juin 1987.
- (26) P. Siegel. Représentation et utilisation de la connaissance en calcul propositionnel, thèse d'état, juillet 1987.
- (27) R. Picca. Implantation de Concurrent Prolog, thèse de doctorat, décembre 1987.
- (28) H. Bellone. Concurrent Prolog : étude et utilisation, thèse de doctorat, décembre 1987.
- (29) A. Vergara-Bracquemond. Exther, un système de diagnostic en échanges thermiques convectifs, thèse de doctorat, janvier 1988.
- (30) C. Sabatier. Acquisition et interrogation de connaissances en langue naturelle, thèse de doctorat, avril 1988.
- (31) S. Grandcolas. Résolution d'équations sur les arbres et les listes, thèse de doctorat, mai 1989.
- (32) L. Hénocque. Un système logique pour le traitement du discours, thèse de doctorat, mai 1989.
- (33) J.L. Imbert. Simplification des systèmes de contraintes numériques linéaires, thèse de doctorat, mai 1989.

- (34) M. Rolbert, Résolution de formes pronominales dans l'interface d'interrogation d'une base de données, thèse de doctorat, mai 1989.
- (35) F. Benhamou, Le traitement des contraintes booléennes dans Prolog III, thèse de doctorat, novembre 1988.
- (36) J.M. Boï, Le traitement des contraintes booléennes dans Prolog III, thèse de doctorat, novembre 1988.
- (37) S. Coupet, Deux arguments pour les arbres infinis en Prolog, thèse de doctorat, novembre 1988.
- (38) L. Oxusoff, Évaluation sémantique en calcul propositionnel, thèse de doctorat, janvier 1989.
- (39) A. Rauzy, Évaluation sémantique en calcul propositionnel, thèse de doctorat, janvier 1989.
- (40) Touraïvane, La récupération de mémoire dans les machines non déterministes, thèse de doctorat, novembre 1988.
- (41) J.J. Zotian. Prolog en informatique de gestion, thèse de doctorat, mai 1988.
- (42) Alfonso San Miguel Aguire. How to use symmetries in boolean constraint solving, thèse de doctorat, juin 1992.
- (43) Jean Luc Massat. Algorithmes énumératifs et résolutions de contraintes booléennes dans un langage de programmation logique avec contraintes, thèse de doctorat, mars 1993.
- (44) Jean-Louis Imbert. Les contraintes linéaires sur les nombres réels dans la cadre de la programmation en logique avec contraintes, habilitation, février 1993.
- (45) Olivier Bartheye. Calcul de plans d'actions : des méthodes déductives vers les méthodes algébriques, thèse de doctorat, 1994.
- (46) Jaam Jihad. Une étude sur les nombres de Ramsey classiques et multiples, binaires et ternaires, thèse de doctorat, février 1994.
- (47) Jianyang Zhou. Calcul de plus petits produits cartésien d'intervalles, application au problème d'ordonnement d'atelier, thèse de doctorat, mars 1997.
- (48) Christophe Aillaud. Résolution de contraintes par analyse de parties convexes dans R, thèse de doctorat, juillet 1997.
- (49) Ian Gambini. Quant aux carrés carrelés, thèse de doctorat, 1999.
- (50) Thi Bich Hanh Dao. Résolution de contraintes du premier ordre dans la théorie des rabres finbis ou infinis, thèse de doctorat, 2000.
- (51) Bruno Giletta. Placements des pentaminos par résolution de contraintes, thèse de doctorat, 2000.
- (52) Khalil Djelloul, Théories complètes autour des arbres, (Complete theories around trees), thèse de doctorat, juin 2006.

ANNEXE B. QUELQUES SOUVENIRS DE MOMENTS PRIVILÉGIÉS

Le projet TAUM



L'aventure Prolog



Introduction (FR)

avec John Mc Carthy



avec Udi Shapiro



Prolog langage des ordinateurs de 5^e génération



