

## Robert Kowalski: Une courte histoire de ma vie et de mon travail, avril 2002 - révisé juin 2015<sup>1</sup>

### Jours d'école

Je suis né à Bridgeport, Connecticut, États-Unis, le 15 mai 1941. Je suis allé à Saint Michael, une école primaire catholique de Bridgeport, rattachée à une paroisse polonaise, mais je n'ai pas beaucoup appris le polonais. Mes parents parlaient polonais alors qu'ils ne voulaient pas que nous, les enfants, comprenions. J'étais un bon élève, mais pas exceptionnel. Il y avait 60 enfants dans ma classe, 17 filles et 43 garçons.

Je suis allé à Fairfield Prep, un lycée jésuite réservé aux garçons. Il fallait beaucoup de temps pour se rendre à l'école, impliquant une demi-heure de marche et deux bus dans chaque sens. Au cours de ma deuxième année, mon professeur de latin, le père Walsh, a formé quatre d'entre nous à participer à des concours de traduction à vue en latin. La tâche consistait à traduire un texte latin inédit en anglais sans dictionnaire.

La compétence requise pour cette tâche était la capacité de deviner la traduction anglaise la plus cohérente du texte latin, limitée par notre connaissance limitée du latin et du sujet du texte. De nombreuses années plus tard, j'ai appris que la technique requise consistant à générer des hypothèses pour résoudre des problèmes soumis à des contraintes s'appelle "l'abduction". Notre équipe a remporté le premier prix en Nouvelle-Angleterre.

J'ai aussi commencé à avoir une vie intellectuelle en dehors de l'école. J'ai commencé à lire le "Guide de philosophie" de Freud, Ruth Benedict et Joad. J'ai trouvé ces livres très passionnants, mais ils ont miné mon éducation catholique. Je croyais toujours qu'il devait y avoir une seule vérité et je voulais découvrir laquelle. Je voulais aussi m'éloigner de chez moi et être libre d'aller et venir à ma guise.

### Université de Chicago et Université de Bridgeport

Pour ces raisons, j'ai été attiré par l'Université de Chicago et, intellectuellement, je n'ai pas été déçu. Parmi les autres grandes idées auxquelles j'ai été exposé dès ma première année, j'ai été initié à la logique mathématique; et il me semblait que cela pourrait ouvrir la voie à la vérité.

J'ai obtenu des "A" dans toutes mes matières, à l'exception des compétences rédactionnelles en anglais, dans lesquelles j'ai obtenu un "D". Je ne comprenais pas ce qui n'allait pas dans mon écriture, mais j'étais déterminé à l'améliorer. J'ai pensé que si je pouvais comprendre et résoudre les problèmes liés à mon écriture, alors je réussirais encore mieux dans les autres matières.

---

<sup>1</sup>Transcription et traduction de l'anglais par Google traduction ; corrections, Denise Vella-Chemla, février 2024. Robert Kowalski était un des initiateurs du projet européen Equator, dont le sujet était de construire un environnement informatique permettant d'effectuer un raisonnement qualitatif temporel. Du côté français du projet, il y avait la société Syseca, dans laquelle j'étais ingénieure conceptrice. Cette autobiographie de "Bob" Kowalski, comme il se faisait appeler, illustre tout son humour (so british !) et son humilité. Je le remercie ici de l'avoir partagée avec tous, sur la toile, sur sa page, ici : <https://www.doc.ic.ac.uk/~rak/>.

Au début de ma deuxième année, j'ai commencé à trouver la vie sociale à l'Université de Chicago très difficile. Pour aggraver les choses, j'ai été submergé par la lecture assignée de "*Decline*" de Gibbon et de "*Chute de l'Empire romain*". Lire sur les obstacles apparemment sans fin que les troupes romaines devaient transporter dans leurs batailles a été la goutte d'eau qui a fait déborder le vase. J'ai quitté Chicago en novembre de ma deuxième année.

J'ai passé le reste de cette année universitaire à essayer de me retrouver. Je me suis inscrit à une expédition pour trouver de l'or au Honduras, pour ensuite abandonner le voyage quelque part dans l'Ohio. J'ai travaillé pendant six mois dans une usine chimique en tant qu'inspecteur du contrôle qualité.

L'année universitaire suivante, je me suis inscrit à l'Université de Bridgeport et j'ai fait la navette, avec mes frères, Bill et Dan, depuis le domicile de mes parents à Milford. L'Université de Bridgeport était facile après Chicago. J'ai décidé de me spécialiser en mathématiques.

Au début, je ne pouvais pas obtenir de bourse. Je subvenais donc à mes besoins en travaillant le soir à la Peoples Savings Bank, traitant les enregistrements papier des transactions bancaires de la journée. J'ai découvert comment réduire de moitié le temps de travail, principalement en effectuant plusieurs tâches en parallèle. Mais comme j'étais payé à l'heure, j'ai alors eu le problème plus difficile d'empêcher que mon salaire ne soit également réduit de moitié.

Lorsque je me suis présenté au bureau des bourses pour plaider ma cause en faveur de l'obtention d'une bourse, j'ai été refusé parce que je ne participais pas à la vie extrascolaire de l'Université. Le fait que j'étais occupé à travailler pour financer mes études n'a pas été jugé pertinent. On m'a dit que la seule solution était d'adhérer à un club étudiant. Mais comme je n'avais ni l'intérêt ni le temps de rejoindre l'un des clubs existants, j'ai fait une annonce dans le journal étudiant pour annoncer la création d'un nouveau club pour les personnes qui ne voulaient appartenir à aucun club. Peu de temps après, j'ai reçu une bourse qui m'a permis de quitter mon emploi chez Peoples Savings et de travailler à temps plein en tant qu'étudiant.

Sur le plan académique, après avoir obtenu ma bourse, la meilleure chose à propos de l'Université de Bridgeport était qu'elle me laissait suffisamment de temps pour étudier de manière indépendante. J'ai surtout étudié la logique. Mon titre préféré était "*The Meaning of Meaning*" de C.K. Ogden et I.A. Richards. J'ai également travaillé sur mes problèmes d'anglais et j'ai commencé à améliorer considérablement mon style d'écriture.

J'ai passé l'examen d'études supérieures en mathématiques et j'ai obtenu des résultats supérieurs à ceux de tous les étudiants précédents de l'Université de Bridgeport. La comparaison n'est pas tout à fait juste, car j'avais passé l'examen un an plus tôt et certaines questions étaient pratiquement les mêmes. Mais cela a eu l'effet escompté. J'ai gagné les bourses Woodrow Wilson et la National Science Foundation pour mes études supérieures. Ils ont publié ma photo dans le Bridgeport Post.

## **Stanford et Université de Varsovie**

Je suis allé à Stanford pour obtenir un doctorat en mathématiques, mais mon véritable intérêt était

la logique. Je cherchais toujours la vérité et j'étais sûr que la logique serait la clé pour la trouver. Mon meilleur cours était la théorie des ensembles axiomatiques avec Dana Scott. Il nous a donné beaucoup de théorèmes à prouver comme devoirs. Au début, mes notes n'étaient pas très impressionnantes. Mais Dana Scott a corrigé lui-même les cours et a écrit de nombreux commentaires. Mes notes se sont ainsi considérablement améliorées.

Jon Barwise faisait partie des autres étudiants entrant à Stanford en tant que doctorant cette année-là, en 1963. Nous étions amis, mais aussi concurrents. Il a découvert que Stanford avait un programme d'échange avec l'Université de Varsovie, réputée pour ses travaux en logique mathématique. Nous avons tous deux postulé pour le programme. Je suis entré, mais lui ne l'a pas fait, car il a été jugé trop jeune.

Le programme d'échange a débuté par un cours intensif de polonais à la fin de l'été. Je n'ai reçu aucun crédit formel pour les cours que j'ai suivis à l'Université de Varsovie, mais je n'ai eu aucun examen à passer et j'ai pu me concentrer exclusivement sur les cours de logique. J'ai suivi des cours avec Helena Rasiowa, Andrzej Grzegorzczak et Andrzej Mostowski.

J'ai consacré une grande partie de mon temps à des activités parascolaires. J'ai rencontré et rendu visite à mes parents polonais, notamment à mes grands-parents, qui vivaient près de la frontière soviétique. J'ai également rencontré ma future épouse, Danusia, étudiante au département de mathématiques de l'université. Après seulement quelques mois, nous nous sommes mariés, en février 1965.

Avant d'aller en Pologne, je n'avais aucun intérêt pour la politique ou l'actualité. Mais j'avais été élevé pendant la guerre froide et les jésuites étaient farouchement anticommunistes. Je m'attendais à ce que la Pologne soit totalement dépourvue de liberté, et j'ai été surpris que ce ne soit pas si grave. Cependant, je n'ai pas pleinement compris à quel point la situation avait été pire peu après la guerre, ni à quel point elle l'était dans de nombreux autres pays du bloc soviétique. Je suis devenu beaucoup plus intéressé et mieux informé sur ces sujets après ma retraite.

Quand je suis revenu à Stanford au début de l'année universitaire suivante, j'avais du mal à me convaincre que l'étude des variables complexes et de la théorie de la récursion mènerait à la vérité, et j'étais bouleversé par la guerre qui se développait au Vietnam. Je suis devenu l'un des organisateurs du mouvement de protestation et j'ai trouvé ma place en inventant des idées et en convainquant d'autres personnes de les mettre en pratique. J'ai eu l'idée de larguer des tracts anti-guerre depuis les avions. Mon colocataire, Ray Tiernan, un ami d'enfance de Bridgeport, a organisé la campagne de bombardements.

Ray et moi avons tous deux participé aux premières missions de bombardement. Nous avons pratiqué à Stanford et dans d'autres endroits de la région de San Francisco. Notre première tentative a failli se terminer par un désastre, lorsque les tracts se sont coincés dans la queue de l'avion.

Notre objectif était de bombarder le match de football du Rose Bowl à Los Angeles. Ray et moi avons élaboré un plan pour dissimuler le numéro d'immatriculation sur le côté de l'avion, en le recouvrant d'un faux numéro, que nous arracherions lors de notre escapade en plein combat.

Malheureusement, lorsque nous avons atterri pour couvrir le numéro au Mohave Desert, avant le match, un pneu de l'avion a crevé et il était trop tard pour arriver à temps au Rose Bowl. Nous avons plutôt bombardé Disney Land.

Finalement, Ray a été arrêté lors de notre dernière mission, alors qu'il était monté sans moi.

## **Porto Rico et Édimbourg**

J'ai quitté Stanford au milieu de l'année universitaire. Heureusement, j'avais suivi suffisamment de cours pour repartir avec un Master. J'ai postulé pour enseigner les mathématiques dans diverses universités, principalement en dehors des États-Unis. J'ai finalement accepté un poste de professeur adjoint et Président par intérim du Département de mathématiques et de physique de l'Université interaméricaine de San Juan, à Porto Rico.

J'étais enthousiasmé par la perspective de vivre et de travailler à Porto Rico et j'ai étudié autant d'espagnol que possible avant de partir. Je n'ai pas de souvenirs très précis de l'année où j'ai travaillé à Porto Rico, mais cela m'a convaincu que je devais recommencer et terminer mon doctorat si je voulais que mes collègues me prennent aussi au sérieux que je le souhaitais. J'ai postulé dans plusieurs universités en Grande-Bretagne. Finalement, j'ai accepté l'offre d'une bourse de Bernard Meltzer, responsable de l'Unité de Métamathématiques à l'Université de Edinbourg.

Entre-temps, ma première fille, Dania, est née. J'ai quitté Porto Rico, connaissant moins l'espagnol qu'au début, parce que tout le monde voulait pratiquer son anglais.

Nous avons utilisé nos économies de Porto Rico pour acheter une voiture lorsque nous sommes arrivés en Angleterre, et nous l'avons conduite jusqu'à Édimbourg, après un détour par la Pologne et l'Italie, pour arriver en octobre 1967. Je me souviens d'être arrivé à la porte de l'Unité de Métamathématiques, et en voyant le panneau : "Département d'informatique", mon cœur se serra. Je détestais les ordinateurs, mais j'ai décidé de tenir le coup, d'obtenir mon doctorat le plus rapidement possible, et de reprendre ma recherche de la vérité.

Bernard Meltzer travaillait sur l'automatisation des preuves mathématiques. Même si je n'étais pas convaincu de la valeur de ce sujet de recherche, j'étais déterminé à ne pas abandonner un nouveau doctorat. J'ai eu de la chance. Alan Robinson, l'inventeur de la résolution, était à Édimbourg pour une année sabbatique.

Il venait de terminer un article sur les arbres sémantiques appliqués à la démonstration de théorèmes avec égalité. Pat Hayes, un autre nouveau doctorant, et moi avons étudié l'article d'Alan en détail. Quelques mois plus tard, nous avons tous deux rédigé notre premier article de recherche, sur les arbres sémantiques.

J'ai terminé mon doctorat en un peu plus de deux ans ; et, avec une deuxième fille, Tania, née à Édimbourg, j'étais libre de commencer une nouvelle vie. J'ai décidé de chercher un emploi universitaire au Royaume-Uni. Mais cela n'a pas été aussi facile que je l'espérais. J'ai finalement été interviewé pour deux emplois - l'un comme boursier au Lycée Pembroke de l'Université d'Oxford,

l'autre comme Chargé de cours au Département de mathématiques de l'Université Essex de Londres.

Je savais que je n'allais pas me voir offrir la bourse du Lycée Pembroke lorsque le maître du Collège m'a présenté à l'un des boursiers sous le nom de "M. Kowalski de l'Université de Bridgeport". Je n'ai pas non plus obtenu l'autre travail. J'ai dû me contenter d'une bourse postdoctorale dans l'unité de Métamathématiques à Édimbourg. Ma troisième fille, Janina, est née la même année.

Ce qu'il y avait de mieux dans cette bourse, c'est que j'ai eu tout le temps nécessaire pour explorer mes véritables intérêts. À cette époque, ils travaillaient principalement en philosophie des sciences et en épistémologie. Je me souviens d'avoir lu et d'avoir été influencé par "*Preuves et réfutations*" de Lakatos, "*Fait, fiction et prévision*" de Nelson Goodman et "*Deux dogmes de l'empirisme*" de Quine. Je ne l'ai pas pleinement apprécié à l'époque, mais rétrospectivement, j'ai eu la chance que Bernard m'encourage à explorer ces intérêts plus larges.

Lakatos a documenté la façon dont l'histoire du théorème d'Euler pouvait être considérée comme un cycle répété de théorèmes conjecturés, de tentatives de preuves, de contre-exemples et de conjectures révisées. Ma lecture de Lakatos a renforcé mes propres réflexions sur la recherche sur la preuve automatisée de théorèmes. Cela m'a encouragé dans l'idée qu'il est à la fois plus difficile et plus important d'identifier si un théorème vaut la peine d'être prouvé que de prouver un théorème, que cela en vaille la peine ou non. L'inconvénient est qu'il est facile de formuler une affirmation sur un théorème supposé, qui ne peut pas être justifié par la suite.

D'autres développements attiraient l'attention dans le monde de la logique et de l'intelligence artificielle. Des attaques contre la Logique étaient lancées depuis le MIT, en considérant les représentations déclaratives comme mauvaises, et les représentations procédurales comme bonnes. Face à ces attaques, de nombreux chercheurs travaillant sur la logique de la démonstration des théorèmes se sont tournés vers d'autres domaines. Mais je ne pouvais pas accepter l'idée selon laquelle la Logique était morte.

J'avais travaillé sur une forme de résolution, appelée résolution SL, avec Donald Kuehner, qui avait été l'un de mes professeurs de mathématiques à l'Université de Bridgeport. (Lors d'une visite à Donald, je l'ai convaincu de venir à Édimbourg pour faire son doctorat. Comme moi, il a prospéré dans l'environnement britannique du doctorat.)

La résolution SL utilise la logique de manière orientée vers les objectifs. Nous l'avons souligné à la fin de notre article, et j'ai entrepris de convaincre mes collègues que l'approche orientée vers les objectifs de la résolution SL concilie la logique avec l'approche procédurale préconisée au MIT.

À l'été 1971, je reçois une invitation d'Alain Colmerauer à lui rendre visite à Marseille. Il travaillait sur la compréhension du langage naturel, en utilisant la logique pour représenter le sens des phrases et en utilisant la résolution pour obtenir des réponses aux questions. Il était intéressé par mes travaux sur la démonstration de théorèmes et sur la résolution SL en particulier. Ma famille et moi sommes restés avec lui et sa famille pendant plusieurs jours dans leur petit appartement. Nous avons travaillé tard dans la nuit, découvrant comment utiliser la logique pour représenter les grammaires, et comment utiliser les démonstrateurs de théorèmes pour l'analyse. Nous avons vu que

certains prouveurs de théorèmes, comme l’hyper-résolution, se comportaient comme des analyseurs ascendants et d’autres, comme la résolution SL, se comportaient comme des analyseurs descendants.

Alain m’a invité à lui rendre visite à nouveau pour une période plus longue de deux mois l’été suivant en 1972. C’est lors de cette deuxième visite que la programmation logique, comme on l’entend communément, est née.

J’ai essayé de documenter du mieux que je pouvais nos diverses contributions à cette idée dans un article publié dans *CACM*, 1988, et plus récemment dans *History of Logic Programming*, publié en 2014. En résumé, cependant, il est probablement juste de dire que mes propres contributions étaient principalement philosophiques et celles d’Alain étaient plus pratiques. En particulier, les travaux d’Alain ont conduit au cours du même été 1972 à la conception et à la mise en œuvre du langage de programmation logique *Prolog*.

C’étaient des jours grisants. Il était évident pour nous que nous avions une bonne idée. De retour à Édimbourg, j’ai eu la chance de recruter un certain nombre de convertis à la cause, David H.D. Warren et Maarten van Emden étant les plus éminents des premières recrues. Initialement, Bob Boyer<sup>2</sup> et J. Moore<sup>3</sup> ont également été attirés par l’idée, ce qui a conduit à leurs travaux ultérieurs sur la preuve des propriétés des programmes écrits en *Lisp*.

Édimbourg était à cette époque un centre de recherche de renommée mondiale en intelligence artificielle, et j’ai profité de l’occasion pour discuter d’idées avec d’autres chercheurs, dont Alan Bundy, Rod Burstall, Michael Gordon, Donald Michie, Robin Milner et Gordon Plotkin, qui travaillaient à Édimbourg à cette époque, et avec des visiteurs tels qu’Aaron Sloman et Danny Bobrow.

Nous avons également eu des visiteurs particulièrement attirés par l’idée de la programmation logique. Parmi eux, Luis Pereira de Lisbonne, Sten Ake Tarnlund de Stockholm, Peter Szeredi de Budapest et Maurice Bruynooghe de Louvain. J’ai beaucoup voyagé en Europe, donnant des conférences sur la nouvelle cause.

Avant de quitter Edimbourg et avant de terminer mon travail sur la preuve automatisée de théorèmes, j’ai développé la procédure de preuve des graphes de connexion. Ironiquement, la procédure de preuve était si efficace que même jusqu’à présent, il n’y a eu aucune preuve de son exhaustivité et seulement des contre-exemples à certains cas limites (mon expérience est que si une procédure de preuve est inefficace, alors un théorème aura de nombreuses preuves redondantes. Par conséquent, moins il y a de redondances, plus il peut être difficile de prouver qu’il n’existe aucune preuve. En d’autres termes, plus la procédure de preuve est efficace, plus il peut être difficile d’en prouver l’exhaustivité).

L’historique des tentatives pour prouver l’exhaustivité de la procédure de preuve du graphe de connexion a renforcé ma conviction qu’identifier des théorèmes est plus important que de les prouver.

---

<sup>2</sup>Robert S. Boyer ?

<sup>3</sup>J. Strother Moore ?

## Imperial College

En 1973 ou 1974, j'ai été invité à postuler pour devenir lecteur au Département d'Informatique et de Contrôle de l'Imperial College de Londres. Un Lectorat britannique est l'équivalent approximatif d'un poste de Professeur associé titulaire dans une université américaine, avec la particularité supplémentaire d'être principalement destiné à la recherche. C'était une opportunité presque unique de faire avancer ma carrière, et cela avait l'attrait supplémentaire d'être à Londres, l'un des endroits les plus cosmopolites et les plus désirables où vivre au monde. J'ai sauté sur l'occasion.

Il a fallu environ un an pour confirmer ma nomination, en partie parce qu'il y avait un autre candidat fort, et en partie parce que des doutes ont été soulevés quant à mon aptitude à occuper le poste. J'ai commencé en janvier 1975 et j'ai été chargé d'enseigner un cours sur les langages formels et la théorie des automates dès mon arrivée. Je ne connaissais presque rien du sujet et ne m'y intéressais que peu. Heureusement, Keith Clark, qui travaillait alors comme Maître de conférences au Queen Mary College de Londres, était un fervent converti à la programmation logique et il m'a conseillé pour le cours. Je me suis débrouillé, mais ce fut une introduction malheureuse au Département.

Cependant, j'ai rapidement pu réorienter mon enseignement vers les domaines de la Logique, de la Programmation logique et de l'Intelligence artificielle, qui étaient au cœur de mes intérêts. J'ai dû tricher un peu au début, par exemple en posant aux étudiants le problème de l'écriture d'un interpréteur *Prolog* en *Cobol*, comme exercice de programmation dans le cours de langages de programmation comparés.

Mes premières années à l'Imperial College ont été consacrées à l'apprentissage de suffisamment de bases de l'informatique pour pouvoir enseigner, à l'écriture de mon livre "*Logic for Problem Solving*" et à la promotion de la Programmation logique en général. Dans ce dernier domaine, j'ai eu particulièrement la chance de recruter Chris Hogger et d'aider à faire entrer Keith Clark au sein du Département. J'ai également organisé le premier atelier de Programmation logique, à l'Imperial College, en 1976.

Le livre a été un travail très dur et cela a semblé prendre une éternité. Pour aggraver les choses, à cette époque, je ne tapais pas et je devais compter entièrement sur les autres pour tout taper. La version finale était une copie prête à photographier, produite sur une imprimante en ligne, en utilisant une ancienne technologie de traitement de texte. Quand j'ai fini, je savais qu'il me faudrait beaucoup de temps avant d'écrire un autre livre.

J'ai visité l'Université de Syracuse pour un trimestre universitaire et j'ai collaboré avec Ken Bowen sur la fusion de la Programmation logique au niveau objet et au niveau méta. Notre objectif était de combiner les deux niveaux pour des applications pratiques sans introduire d'incohérences. Malheureusement, les résultats n'ont pas été concluants. J'ai continué à travailler sur l'application de la Logique amalgamée à la représentation des connaissances jusqu'au début des années 1990.

En 1978, j'ai commencé un cours de logique pour des enfants de 12 ans au collège de mes filles. Nous avons résolu des problèmes de logique en *Prolog* sur l'ordinateur du Département, en utilisant une connexion téléphonique payante. La connexion était perdue chaque fois que nos pièces étaient

épuisées.

Une fois que nous avons démontré la faisabilité de l'enseignement de la logique aux enfants, j'ai réussi à obtenir le soutien du Conseil de la recherche scientifique pour développer **microProlog**, une implémentation de **Prolog** par microprocesseur, destinée à être utilisée dans les écoles. Le projet a employé Frank McCabe pour réaliser la mise en œuvre et Richard Ennals pour développer et tester le matériel pédagogique.

La pire chose dans mon travail à cette époque était peut-être le fait que les cours de Master duraient tout l'été et me privaient de la possibilité de m'éloigner de mes engagements habituels. Auparavant, tant lorsque j'étais étudiant que lorsque j'étais chercheur postdoctoral à Édimbourg, je comptais sur de telles opportunités pour vider mon esprit des détails et explorer des horizons intellectuels plus larges.

### **Le programme Alvey**

Puis tout a changé. En 1981, le MITI au Japon a annoncé le projet de cinquième génération, dont l'objectif déclaré était de dépasser IBM dans dix ans. Les gouvernements britannique, français et allemand furent invités à participer, et la Programmation logique devait jouer un rôle dominant. À l'époque, notre groupe de l'Imperial College était le principal Centre international de Programmation logique, et c'était le choix évident comme centre britannique pour collaborer ou concurrencer le Japon.

Le gouvernement britannique a répondu en formant un comité présidé par John Alvey, directeur de la recherche chez British Telecom. La communauté universitaire, dirigée par le Conseil de recherche scientifique, a formé ses propres comités pour conseiller le comité Alvey. J'ai été enrôlé, avec beaucoup d'autres, pour aider à rédiger des recommandations pour la réponse britannique. Même si je n'étais pas encore Professeur titulaire, j'étais l'universitaire le plus expérimenté de Grande-Bretagne à défendre le cas de la programmation logique.

C'était le chaos. Les universitaires se disputaient avec leurs collègues universitaires, les industriels se disputaient à la fois avec les universitaires et avec d'autres industriels - le tout sous la présidence de la Fonction publique britannique. Nous voulions tous avoir une part de l'action. Certains d'entre nous sont allés plus loin, affirmant que nous devrions suivre l'exemple du projet de cinquième génération et nous concentrer sur la Programmation logique au détriment d'autres domaines. Ce fut une grosse erreur.

Ma position au sein du Département s'est détériorée à mesure que j'entrais en conflit avec mes collègues universitaires, qui voulaient que le gouvernement se concentre sur l'ingénierie logicielle traditionnelle et les méthodes formelles. Ce n'était pas beaucoup mieux au niveau national, où la Programmation logique était considérée comme un nouveau venu (et certains diraient un intrus) sur la scène informatique. En fin de compte, au moment où le comité Alvey a formulé ses recommandations, pratiquement tous les domaines de l'informatique et de l'électronique connexe ont fait l'objet d'une attention particulière, à l'exception de la Programmation logique, qui a juste été mentionnée.



Le gouvernement britannique décida de décliner l'invitation japonaise et de faire cavalier seul. Le "Programme Alvey" a été créé et finalement, après de nombreux débats, la Programmation logique a été identifiée, ainsi que tous les autres domaines, comme méritant une promotion spéciale. Vers 1985, grâce au programme Alvey et avec l'aide de Keith Clark, le groupe de Programmation logique de l'Imperial College compte désormais environ 50 personnes, dont des doctorants, des assistants de recherche, des universitaires et du personnel de soutien. Ceux-ci ont été soutenus par treize subventions de recherche distinctes sur trois ans. La charge administrative et de gestion était énorme. Pour ma récompense - ou ma consolation - j'ai été promu Professeur en 1982.

Ma position au sein du Département et celle du groupe de programmation logique étaient tendues. Nous voulions nous établir comme une entité distincte et le Département voulait nous garder à notre place. À l'automne 1987, j'ai pris un congé de six mois pour m'évader.

## Recherche

De 1981 à 1987, ma vie professionnelle a été dominée par la politique académique. Ce n'était pas un domaine d'activité vers lequel j'étais naturellement attiré, mais un domaine vers lequel j'étais poussé par les événements qui m'entouraient. Inévitablement, la politique a interféré avec mes recherches.

Heureusement, j'ai pu continuer à contribuer à la recherche en travaillant avec des doctorants. J'ai travaillé avec Marek Sergot sur l'application de la programmation logique au raisonnement juridique, et avec plusieurs autres membres du groupe, dont une nouvelle doctorante Fariba Sadri, nous avons étudié la formalisation de la loi sur la nationalité britannique en tant que programme logique. Dans l'atmosphère de l'ère Alvey, même cela a suscité une controverse : certains de nos critiques nous ont accusés de racisme, car on pensait que le travail avait dû être soutenu par le gouvernement britannique pour promouvoir sa politique raciste. J'ai fini par écrire au Guardian, un journal national, pour essayer de blanchir nos noms.

Marek et moi avons également travaillé sur la représentation du raisonnement temporel, en développant le Calcul des événements, dans l'esprit du Calcul de situation de McCarthy et Hayes, mais en nous concentrant sur la manière dont les événements déclenchent et terminent des états de faits locaux. Ce travail est devenu un fil conducteur majeur d'un projet de recherche de la Communauté européenne, qui explorait, entre autres applications, une application à la gestion des flux de trafic aérien. Murray Shanahan a développé davantage le calcul des événements et l'a présenté dans son livre sur le problème du cadre.

Fariba et moi avons travaillé sur la vérification de l'intégrité des bases de données déductives. Nous avons développé une procédure de preuve qui utilise le raisonnement direct, déclenché par une mise à jour, pour vérifier qu'une base de données qui satisfaisait les contraintes d'intégrité avant la mise à jour continue de satisfaire les contraintes d'intégrité après la mise à jour.

Nous avons également étudié la relation entre les contraintes d'intégrité dans les bases de données et les règles et exceptions dans le raisonnement par défaut.

J'avais espéré, pendant mon congé de six mois, travailler sur un deuxième livre, que j'intitulais provisoirement "*Logique pour la représentation des connaissances*". Au lieu de cela, j'ai principalement travaillé avec un autre doctorant, Kave Eshghi, sur la Programmation logique abductive. Nous avons adapté la procédure de preuve pour la vérification d'intégrité au problème de vérifier que les hypothèses abductives, générées par des programmes logiques, satisfont aux contraintes d'intégrité. Nous avons appliqué la procédure de preuve pour donner une interprétation abductive de la négation comme échec, comme une forme de raisonnement par défaut, en Programmation logique.

Alors que mon congé touchait à sa fin, j'ai reçu une invitation de Bruxelles pour discuter de la possibilité de contribuer à l'organisation d'un projet impliquant les principaux groupes académiques de la Communauté européenne travaillant sur la programmation logique. Le projet qui en a résulté, Compulog, a employé Fariba comme remplaçante universitaire pour effectuer mes travaux à l'Imperial College, de sorte que pendant la période 1989-91, je puisse travailler à temps plein comme chercheur et coordonnateur du projet. J'ai poursuivi les recherches que j'avais commencées plus tôt, mais avec plus de concentration qu'auparavant.

Peu de temps après le début du projet Compulog, les laboratoires de recherche Fujitsu, qui étaient l'un des principaux partenaires du projet japonais de cinquième génération, ont contacté l'Imperial College avec une proposition visant à soutenir la recherche sur la Programmation logique dans notre groupe. À la suite des discussions qui ont suivi, Fujitsu a soutenu un projet de cinq ans axé sur la Programmation logique abductive, au cours de la période 1990-95.

Au début, le projet Fujitsu soutenait Francesca Toni, en tant que doctorante. Mais lorsque la première subvention de trois ans pour le projet Compulog a pris fin, j'ai été transféré au projet Fujitsu et j'ai prolongé mon congé de mon travail universitaire.

Durant la première partie de cette période, j'ai travaillé principalement sur la Programmation en logique abductive avec Francesca Toni et Tony Kakas. Tout en essayant de donner une explication intuitive de la sémantique d'admissibilité de Dung pour la Programmation logique, nous avons formulé une interprétation de la sémantique en termes d'arguments se défendant contre les attaques d'autres arguments.

Dung a généralisé et résumé cette interprétation argumentative de la sémantique d'admissibilité et l'a appliquée à d'autres logiques pour un raisonnement par défaut. Francesca et moi avons collaboré avec Dung lors de plusieurs de ses visites à l'Imperial College, soutenues d'abord par le projet Fujitsu et plus tard par un projet de recherche de la Communauté européenne "Keep in Touch".

Vers la fin du projet Fujitsu, Fujitsu m'a encouragé à étudier l'application de la programmation logique aux systèmes multi-agents.

Cela est devenu le tournant le plus important dans mes recherches depuis mes travaux sur la Programmation logique en 1972.

La plus grande surprise qui est ressortie de ce travail a été la prise de conscience que, en tant que modèle de calcul et de raisonnement, la Programmation logique est beaucoup plus restreinte que ce que j'avais imaginé auparavant.

Heureusement, nos travaux antérieurs sur la vérification de l'intégrité dans les Bases de données déductives et sur la Programmation logique abductive ont fourni une grande partie de ce qui manquait : les contraintes d'intégrité et la vérification de l'intégrité ont fourni non seulement la fonctionnalité manquante des règles de production, mais également la fonctionnalité supplémentaire des règles d'engagement, des interdictions et des obligations. Fariba Sadri m'a rejoint dans ce travail.

## **De retour au département**

Lorsque le contrat Fujitsu a pris fin, j'ai progressivement réintégré la vie du Département. La Programmation logique commençait à se démoder et le groupe de Programmation logique n'était plus considéré comme une menace. En fait, ma propre réhabilitation a été si complète qu'au cours de la période 1994-97, je suis devenu membre d'un Comité exécutif départemental de quatre personnes et j'ai même reçu le titre de "Chef adjoint principal du Département".

Je ne sais pas vraiment ce qui m'a motivé à m'impliquer autant dans la gestion du Département. Peut-être voulais-je montrer que je pouvais dépasser les intérêts paroissiaux du groupe de Programmation logique et que je pouvais contribuer à défendre les intérêts du Département dans son ensemble.

Le Département avait des problèmes à la fois externes et internes. En externe, nous avons subi le même sort que de nombreux autres départements informatiques ailleurs. Nous étions le parent pauvre des départements les plus établis et, en comparaison, nous manquions de ressources suffisantes. Lorsque l'Imperial College a décidé qu'il devait faire davantage pour promouvoir les technologies de l'information, il s'est tourné principalement vers le Département de Génie électronique et électrique (EEE) pour prendre l'initiative.

Dans une certaine mesure, notre mauvaise réputation à l'Imperial College était en partie due à notre propre faute, le résultat d'une longue histoire de conflits internes entre groupes concurrents. C'est peut-être parce que j'avais moi-même été autrefois en conflit avec le reste du Département et parce que j'avais maintenant fait la paix que j'étais si bien accueilli au sein du Comité exécutif du Département.

J'ai commencé à trouver mon enseignement de plus en plus fastidieux. Le plus gros problème était la préparation des examens. Le système d'examen britannique est très rigoureux et les épreuves d'examen doivent se conformer à des contraintes strictes. En particulier, ils doivent être approuvés par un examinateur externe et doivent être préparés suffisamment tôt pour laisser le temps nécessaire à toute modification requise par l'examineur externe.

En conséquence, les questions doivent souvent être définies et soumises pour approbation avant la moitié du cours. J'ai constaté que ces contraintes inhibaient de plus en plus la spontanéité et

l'enthousiasme que je pouvais susciter pour mon enseignement.

## **Chef de département**

En novembre 1996, le chef du département de l'époque était si mécontent de l'état du Département et de nos relations avec l'Imperial College qu'il a démissionné de son poste. Il accepta de rester Chef jusqu'à ce que le Recteur trouve un remplaçant. Début mars 1997, il n'y avait toujours aucune nouvelle du Recteur et la rumeur courait que le département serait démantelé et réparti entre les Départements de mathématiques et d'EEE. En désespoir de cause, en tant que Chef adjoint du département, je suis allé parler moi-même au Recteur.

Mon véritable objectif était de retourner à la recherche à plein temps, de travailler sur mon livre et d'être mon propre patron.

Au lieu de cela, le Recteur m'a proposé de devenir Chef de département et j'ai accepté. L'une des raisons pour lesquelles j'ai accepté de devenir Chef était que je pensais que cela me donnerait l'opportunité d'appliquer la Logique aux problèmes pratiques du département.

J'avais prévu d'essayer d'élaborer des règles générales pour résoudre des problèmes qui autrement impliqueraient des négociations individuelles et ponctuelles - telles que la détermination de la charge de travail académique, le montant des frais généraux qui devraient être facturés sur les subventions de recherche et la répartition des frais généraux entre le Département et les subventions des titulaires. Je pensais qu'établir un ensemble de règles claires s'appliquant à tout le monde, sans faveur ni méchanceté, éliminerait la politique du processus décisionnel.

Au début, je me suis tourné vers l'Imperial College pour trouver des exemples de meilleures pratiques. J'ai découvert un certain nombre de méthodes différentes utilisées dans d'autres départements pour calculer et réguler les charges de travail, mais je n'ai pas réussi à convaincre les personnels universitaires du département informatique de les essayer. Croyant tant à la Logique moi-même, je n'étais pas enclin à imposer par la force ce que je ne pouvais pas réaliser par un argument logique.

J'ai encore moins réussi à obtenir des conseils de l'Imperial College sur la manière de calculer le montant et la répartition des frais généraux liés aux subventions de recherche ; et c'est là l'un des domaines où certains des problèmes les plus difficiles se posent au Département. Les gens ne parvenaient pas à s'entendre sur la question de savoir si les frais généraux de recherche devaient principalement soutenir les groupes effectuant la recherche ou s'ils devaient soutenir le Département dans son ensemble. L'Imperial College n'avait pas de politique générale à ce sujet et les différents Départements avaient des politiques et des pratiques très différentes. Les discussions au sein de notre Département n'ont pas non plus abouti à un consensus.

Même si j'ai essayé de formuler des règles générales, je n'ai pas réussi à convaincre le Département. En outre, il y avait trop d'autres problèmes qui nécessitaient une attention particulière. Ces problèmes allaient de problèmes externes liés à la tentative d'obtenir davantage de ressources de l'Imperial College à des problèmes internes liés à l'allocation de ressources rares, telles que des locaux ou des bureaux, au sein du Département. J'ai été surpris et déçu de découvrir à quel point

les gens étaient peu disposés à sacrifier leurs propres intérêts personnels pour le plus grand bien de la communauté dans son ensemble.

J'ai démissionné de mon poste de Chef de Département, j'ai passé la main à mon successeur en juillet 1999 et j'ai pris une retraite anticipée, à l'âge de 58 ans, le 1<sup>er</sup> septembre 1999.

### **Professeur honoraire**

Après avoir quitté le département, j'avais prévu de me concentrer sur l'écriture de mon livre sur l'application de la logique informatique à la vie quotidienne, destiné à un public général et non technique. Mais il fallait d'abord régler un certain nombre d'autres questions, certaines académiques et d'autres purement domestiques.

Sur le plan domestique, j'ai déménagé avec ma femme de notre maison de Wimbledon vers un petit hameau de la campagne du Sussex de l'Ouest. Nous avons agrandi la maison d'origine du XVII<sup>e</sup> siècle, ajouté un chêne, une maison d'été à pans de bois et créé un parking. J'ai réalisé moi-même la majeure partie de la planification et de la gestion du projet, ainsi qu'une partie de la charpente en bois et de la maçonnerie. J'ai apprécié le changement par rapport au travail universitaire.

J'ai également apprécié l'opportunité de combiner des travaux universitaires avec des visites prolongées au Japon, en Australie, au Portugal et en Suisse. Cela m'a permis de me remettre à la recherche et de me remettre de ma période de Chef de département.

### **Ateliers d'écrivains**

Entre autres activités, j'ai organisé un certain nombre d'ateliers d'écriture sur la Logique et l'Anglais, initialement destiné aux doctorants de l'Imperial College, mais plus récemment au Japon. Les étudiants présentent de courts résumés écrits de leur travail, et nous discutons et débattons de la manière d'améliorer les résumés, en utilisant les concepts de clarté, de simplicité et de cohérence dérivés de la logique informatique.

J'ai apprécié ces ateliers plus que mes autres enseignements. Comparés à mes cours magistraux, qui étaient souvent une récitation périmée de conclusions prédéterminées, les ateliers ont généralement été une expérience passionnante d'apprentissage mutuel. Les étudiants semblent les apprécier autant que moi. J'ai eu l'occasion de tester mes théories sur la nature logique de la pensée humaine, et les étudiants peuvent voir comment les théories s'appliquent à leurs propres problèmes pratiques pour communiquer leurs pensées plus efficacement à d'autres personnes.

### **OMS et UNICEF**

J'ai eu une autre occasion d'appliquer la logique computationnelle à des problèmes pratiques, lorsque Tony Burton, travaillant à l'OMS à Genève, m'a contacté en 2009.

Tony appartenait à un groupe de travail OMS/UNICEF chargé de produire des estimations annuelles de la couverture vaccinale annuelle des nourrissons au niveau mondial, pays par pays. Depuis

2000, le groupe collectait les données de vaccination provenant des autorités nationales, ainsi que les données des enquêtes nationales. Les différents types de données sont souvent incohérents, tant indépendamment que lorsqu'ils sont combinés. Le groupe doit concilier les incohérences et publier une estimation indépendante de la couverture vaccinale réelle. Ces estimations sont souvent controversées et peuvent être contestées tant par les autorités nationales que par les experts techniques.

Tony m'a contacté pour voir si je pouvais aider le groupe à formuler ses règles informelles et ses heuristiques en termes plus rigoureux et logiques, afin de rendre leur prise de décision plus transparente et plus cohérente. La mise en œuvre informatique des règles ne constitue pas un objectif majeur.

Le groupe a envisagé diverses possibilités pour formaliser les règles, notamment le recours à la fois aux programmes logiques et aux règles de production. Nous avons eu de nombreuses discussions sur les différences et les relations entre les alternatives. Finalement, nous nous sommes mis d'accord sur une formulation des règles en termes de Programmation logique, que nous avons ensuite implémentée en XSB Prolog.

Le groupe de travail OMS/UNICEF utilise le programme Prolog depuis 2010. En plus de contribuer à assurer la cohérence, le programme documente l'argumentation de chaque estimation. Parce que les règles sont transparentes, les estimations peuvent être contestées et si quelqu'un avance un contre-argument convaincant, les règles peuvent être affinées pour produire de meilleures estimations à la fois dans le cas litigieux et plus généralement.

### ***Le livre : Logique informatique et pensée humaine - Comment être artificiellement intelligent***

Les ateliers d'écriture et le travail avec le groupe de travail OMS/UNICEF ont confirmé ma conviction que la Logique informatique peut réellement aider les gens à penser et à se comporter de manière plus intelligente. Cela m'a aidé à garder courage lors de mon travail sur le livre.

Lorsque j'ai mis cette histoire pour la première fois sur ma page Web en 2002, j'avais fait suffisamment de progrès pour reconnaître que j'étais en train d'écrire le livre. Mais il s'est avéré plus difficile que prévu de rendre le livre accessible à un public non averti.

Le livre a finalement été achevé et publié en 2011. Bien qu'il ne soit pas destiné à être un manuel scolaire, il a été utilisé comme texte de cours dans au moins six universités différentes, dans les départements d'Informatique et de Philosophie.

### **Le sens de la vie**

Le livre contient un chapitre sur le sens de la vie. Certes, le titre du chapitre était conçu pour attirer l'attention, mais un critique a semblé rejeter complètement le titre en soulignant que la vie en question est celle d'un humble pou du bois. J'ai été déçu parce que j'avais conçu le pou du bois comme une métaphore pour d'autres agents de manière plus générale. En particulier, j'espérais que les lecteurs remarqueraient qu'il est parfaitement logique pour un agent d'avoir un concepteur

intelligent, mais aussi d'avoir, comme objectif primordial dans la vie, l'objectif de multiplier ses gènes en ayant autant d'enfants que possible.

J'espérais également que cet exemple aiderait à clarifier l'une des principales affirmations du livre, à savoir que les objectifs sont plus importants que les croyances.

## **Objectifs et croyances**

La plupart de mes recherches ont été associées au domaine de la Programmation logique. Mais j'avais commencé à m'intéresser aux contraintes d'intégrité et à leur relation avec les programmes logiques, à partir de 1985 environ, lorsque j'ai commencé à travailler avec Fariba Sadri sur la vérification d'intégrité des bases de données déductives.

Les contraintes d'intégrité jouent également un rôle fondamental dans la Programmation logique abductive (ALP), où elles limitent les hypothèses pouvant être formulées pour résoudre des problèmes. Dans les agents ALP, les contraintes d'intégrité représentent des objectifs, les programmes logiques représentent des croyances et les hypothèses sont des actions qui, si elles réussissent, permettent aux agents de satisfaire leurs objectifs. La notion d'agent intelligent dans mon livre de 2011 est une élaboration de tels agents ALP.

L'ALP existe depuis la fin des années 1980 et a connu un succès modéré en tant que cadre de "représentation des connaissances et de résolution de problèmes en intelligence artificielle". Il aurait pu avoir plus de succès si ses partisans pouvaient s'entendre sur sa sémantique, en particulier sur la relation entre les programmes logiques et les contraintes d'intégrité.

Dans le contexte de l'ALP, il existe deux points de vue principaux et alternatifs sur cette relation. Le point de vue du théorème considère l'abduction comme générant des hypothèses qui, avec le programme logique, impliquent logiquement les contraintes d'intégrité comme un théorème. Le point de vue de la cohérence (ou de la génération de modèles), quant à lui, considère l'abduction comme générant des hypothèses qui, avec le programme logique, rendent les contraintes d'intégrité vraies. Du point de vue du théorème, le programme logique étendu avec les hypothèses est un ensemble d'axiomes (ou théorie). Dans la vision génération de modèle, le programme logique étendu est une définition d'une structure sémantique (ou modèle).

La vision théorique présente de nombreux attraits, le moindre n'étant pas le fait qu'elle comporte des procédures de preuve dont il est prouvé qu'elles sont complètes. J'ai moi-même été victime de ses attraits, en contribuant au développement d'une telle procédure de preuve avec Tze Ho Fung. Mais comme je l'ai expliqué plus tôt, les preuves d'exhaustivité peuvent être un signe de faiblesse. Plus insidieusement, en raison de leur attractivité, elles peuvent vous empêcher d'explorer de meilleures alternatives. Il m'a fallu beaucoup de temps pour réaliser que, même si elle manque de preuves d'exhaustivité, la vision génération de modèle est la meilleure alternative.

La vision génération de modèles de la satisfaction en matière d'intégrité est particulièrement appropriée lorsque les contraintes d'intégrité représentent les objectifs d'un agent. Dans un tel cas, la mission de l'agent dans la vie est d'accomplir des actions qui, combinées à tous les événements

extérieurs échappant à son contrôle, génèrent un monde qui réalise ses objectifs. Les croyances de l'agent déterminent la façon dont il perçoit le monde, créant des abstractions à partir d'observations plus concrètes, des événements composites à partir d'événements plus primitifs et des plans à partir d'actions plus primitives. Ainsi compris, les objectifs d'un agent sont le moteur de sa vie, et ses croyances ne jouent qu'un rôle de soutien.

## L'informatique comme génération de modèles

Après avoir terminé le livre et défendu la nécessité de comprendre les objectifs, les croyances et les actions des agents intelligents en termes d'ALP, je suis revenu à un travail plus technique avec Fariba Sadri, en étudiant comment utiliser l'ALP pour l'informatique pratique.

Déjà au milieu des années 1990, nous affirmions que les contraintes d'intégrité dans ALP fournissaient les fonctionnalités des règles de production, des bases de données actives et des langages de programmation d'agents BDI (Belief, Desire, Intention) Mais nos arguments semblaient avoir peu d'impact. D'une part, nous n'avons pas eu une mise en œuvre efficace. D'autre part, il y avait un énorme défaut dans notre approche, qui rendait une mise en œuvre pratique impossible : le problème du cadre.

La première partie du problème du cadre est de savoir comment représenter en termes logiques que la plupart des actions et autres événements ne modifient que quelques faits sur l'état du monde, initiant de nouveaux faits et mettant fin à certains faits anciens. Tous les autres faits, qui ne sont ni initiés ni terminés, persistent simplement par inertie. La deuxième partie du problème est de savoir comment raisonner sur des situations aussi changeantes. Si vous lisez l'article Wikipédia sur le problème du cadre<sup>4</sup> (en juin 2015), il semble que tout le monde y croit que les deux parties du problème ont été résolues il y a longtemps, le calcul des événements étant une solution parmi tant d'autres.

En réalité, la première partie du problème a été résolue, mais la seconde partie ne l'est pas. Presque toutes les représentations logiques qui résolvent la première partie du problème obligent en effet à raisonner ainsi : chaque fois qu'un ensemble d'événements se produit *en même temps*, tout fait qui prévalait avant l'un des événements et qui n'est pas terminé par l'événement en question, continue de s'appliquer après l'événement. Ce n'est certainement pas pratique lorsque les faits représentent une base de données moyennement volumineuse ou de grandes quantités de données manipulées par un programme informatique.

Tous les systèmes de Bases de données pratiques, les langages de programmation et même les langages d'agent BDI résolvent la deuxième partie du problème du cadre en mettant à jour de manière destructive les états, en supprimant les faits terminés par des événements, en ajoutant les faits initiés et en laissant simplement intacts les faits qui ne sont pas terminés. En fait, ils résolvent la deuxième partie du problème en ignorant complètement la première partie du problème.

Fariba et moi avons développé une variante du paradigme d'agent ALP qui vise à être une alternative pratique mais logique aux langages informatiques conventionnels. Nous avons appelé ce

---

<sup>4</sup>frame.



paradigme LPS, car il était initialement destiné à être un langage de type système de production logique. Depuis lors, ce cadre a été considérablement étendu et je crois qu'il a désormais le potentiel de servir de cadre unique et unificateur pour tous les domaines de l'informatique, y compris la Programmation, les Bases de données et la Représentation des connaissances, et la Résolution de problèmes par l'Intelligence artificielle.

LPS a le potentiel d'être un framework pratique, car il résout la deuxième partie du problème du cadre à la manière de tous les autres langages informatiques pratiques, par des mises à jour destructrices. Il résout également la première partie du problème du cadre en représentant le changement d'état sous forme logique, mais sans utiliser explicitement la représentation logique pour effectuer un changement d'état. Au lieu de cela, la représentation logique est une propriété émergente qui est vraie dans la séquence d'états et d'événements qui résulte d'un changement d'état destructeur.

Abandonner la vision théorique de la satisfaction des objectifs et la remplacer par la vision de la génération de modèles joue un rôle clé dans cette solution de la deuxième partie du problème du cadre. Du point de vue du théorème, les mises à jour destructives ne sont pas logiquement acceptables, car elles équivalent à changer les axiomes au cours de la tentative de preuve d'un théorème. Du point de vue de la génération de modèles, les mises à jour destructives sont acceptables, car elles construisent simplement un modèle de manière fragmentaire. Le modèle est construit de la même manière que le monde réel se déroule, n'existant à un moment donné que dans son état courant, et changeant d'état en détruisant le passé. Mais dans sa totalité, le monde réel est la collection complète de tous ses états et événements, passés, présents et futurs.

Il existe de nombreuses implémentations de LPS, principalement le résultat de projets d'étudiants. Malheureusement, aucun d'entre elles n'est encore adaptée à une utilisation plus large.

## **La vie à l'âge de pierre**

Je ne travaille pas tout le temps. Mon meilleur moment pour travailler est le matin, puis par intermittence tout au long de la journée. Certains jours, je ne travaille pas du tout consciemment.

Vivant comme je le fais désormais dans l'Ouest du Sussex, je n'ai pas besoin d'aller bien loin pour m'immerger dans la campagne anglaise. Le Sud des Downs n'est pas loin et je peux aussi sortir directement de mon jardin ou traverser la route pour rejoindre les champs adjacents. Mon voisin, qui cultive les champs, me laisse y flâner sans trop de contraintes.

Un jour, il y a environ huit ans, je marchais dans un champ de l'autre côté de la route lorsque j'ai remarqué un silex travaillé qui gisait sur le sol. Depuis plusieurs années, je cherchais de temps en temps des objets préhistoriques en silex, principalement dans le Sud des Downs, où se trouvent des mines de silex néolithiques. J'ai vite découvert que plus près de chez moi, tout autour de moi, il y avait des vestiges d'activités préhistoriques, datant pour la plupart de la période mésolithique, il y a environ 8 000 ans. Depuis ma première découverte, j'ai identifié trois sites mésolithiques distincts et collecté un grand nombre d'objets en silex, notamment des microlithes, des pointes de flèches, des grattoirs et des couteaux.

Je pense souvent, lorsque je pars sur le terrain, à la recherche de signes de vie préhistorique, à quel point nos vies ont changé au cours des millénaires, à quelle vitesse elles changent aujourd’hui et pourtant, à quel point elles sont cependant restées les mêmes.

## Recherche de la vérité

En repensant à mes travaux universitaires, j’aime penser que la majeure partie de ceux-ci a été motivée par la recherche de la vérité, la Logique étant en tête.

La recherche a commencé au lycée, déclenchée par ma lecture extrascolaire de livres tels que le “*Guide de philosophie*” de Joad. Quand j’ai lu la “*Philosophie des idées*” de Platon, j’ai été convaincu que c’était vrai. Et quand j’ai lu l’“*Empirisme d’Aristote*”, j’ai été à nouveau convaincu, mais cette fois qu’une philosophie contraire était vraie. Il était impossible que les deux philosophies soient vraies. Mais Joad n’a donné aucune indication pour les distinguer.

Le cours de mathématiques de première année à l’Université de Chicago m’a initié à la Logique mathématique, qui semblait presque magique dans sa forme symbolique. La Logique mathématique semblait capable de créer la vérité à partir de rien. J’ai décidé de me spécialiser en mathématiques à Université de Bridgeport, en partie parce que les mathématiques sont le langage de la Logique mathématique, et en partie parce qu’elles semblaient montrer qu’une vérité incontestable est possible. J’espérais que cela pourrait m’aider à trouver d’autres vérités ailleurs.

Mes recherches se sont poursuivies à Stanford et à Université de Varsovie. Mais j’ai commencé à douter que les mathématiques puissent aider à résoudre des problèmes de vie ou de mort comme la guerre du Vietnam, qui me troublait à l’époque. Je n’ai jamais remis en question la pertinence de la Logique, car à mon avis la Logique du bon sens ne laissait aucun doute sur le fait que la guerre était mauvaise. Mais je remettais en question le but de la Logique mathématique, car il me semblait qu’elle était devenue une branche des Mathématiques pures et qu’elle avait perdu contact avec le but initial de la Logique, à savoir aider les gens à penser plus clairement et plus efficacement.

Idéalement, j’aurais poursuivi mes études de Logique dans un département de Philosophie. Mais je n’avais pas la formation académique nécessaire, Je me suis retrouvé à faire un Doctorat dans un Département d’Informatique de l’Université d’Édimbourg. Heureusement, le Doctorat, qui portait sur l’utilisation de la Logique symbolique pour prouver mécaniquement des théorèmes mathématiques, ne nécessitait aucune connaissance en Informatique conventionnelle.

Le sujet de mon doctorat n’est pas celui que j’ai choisi moi-même. Ce n’était pas non plus sur un chemin direct vers mon objectif ultime. Mais cela m’a permis d’accéder au domaine de l’intelligence artificielle, où j’ai travaillé au développement de méthodes logiques pouvant être mises en œuvre au moyen d’ordinateurs. Même si je n’étais que peu enthousiasmé par les objectifs de l’intelligence artificielle, j’ai appris que les mêmes méthodes logiques que je développais pour prouver des théorèmes mathématiques pouvaient également être utilisées pour d’autres types de résolution de problèmes, moins mathématiques. J’ai été encouragé par l’idée que les mêmes méthodes logiques utilisées pour fabriquer des ordinateurs plus intelligents, pourraient également être utilisées par les gens pour améliorer leur propre intelligence humaine.

Mes travaux ont également bénéficié des attaques contre la logique menées par d'autres chercheurs travaillant dans le domaine de l'intelligence artificielle. Ces attaques ont attiré l'attention sur les faiblesses de mes théories et m'ont aidé à identifier les points sur lesquels ces théories devaient être améliorées.

La plus grande faiblesse des logiques mathématiques et philosophiques traditionnelles est peut-être qu'elles se concentrent sur la pensée pure et désincarnée. Même les logiques, comme le calcul des événements, qui s'intéressent aux actions, aux événements et aux changements d'état de choses, se contentent de penser au changement, sans le mettre réellement en œuvre. Je crois que c'est un autre problème que résout la sémantique de la génération de modèles étant donné un état actuel du monde et un flux d'événements transformateurs du monde, la tâche d'un agent intelligent est d'effectuer des actions qui, avec d'autres événements se produisant au même moment, en même temps, changent l'état du monde, afin de rendre vrais les objectifs de l'agent dans la totalité résultante d'états et d'événements, tels que vus en termes de croyances de l'agent.

Pour moi, la sémantique de génération de modèles réconcilie les idéaux platoniciens des objectifs et croyances internes d'un agent avec l'empirisme aristotélicien des états et événements extérieurs. Il réconcilie les représentations déclaratives, fondées sur la définition de la vérité des phrases exprimées sous forme logique, avec les représentations impératives, qui nécessitent des actions pour rendre les phrases déclaratives vraies.

Ma recherche de la vérité a parcouru un long chemin. J'ai commencé par chercher à prouver les théorèmes comme conséquences logiques des axiomes et je continue. Mais maintenant, la vérité, je crois, est que la vie d'un agent intelligent consiste à agir de telle manière que les objectifs qu'il cherche à réaliser le soient le mieux possible. L'espoir est que les objectifs de tous les agents, pris ensemble, soient au moins mutuellement compatibles.