Université Pierre et Marie Curie (Paris VI)

Habilitation à Diriger des Recherches

Deux contes de la planification ordinaire
(en Intelligence Artificielle)

Éric Jacopin

Soutenue le jeudi 4 février 1999 devant le jury composé de :

Daniel Andler	Rapporteur
Jean-Pierre Briot	Directeur
Jacques Ferber	Examinateur
Malik Ghallab	Rapporteur
Michel de Glas	Rapporteur
Jean-Charles Pomerol	Président

[...] Il y a des rapports très étroits entre les œuvres scientifiques et le pouvoir. Prenons le cas d'Edward Lane, philologue et anthropologue anglais. Il a écrit un dictionnaire arabe-anglais et dans une œuvre célèbre *(The Manners and customs of the modern Egyptian)* il dresse un portrait très détaillé de la société égyptienne vers 1830. Ce livre a été rapidement absorbé dans la culture européenne. Au point que Nerval, dix ans plus tard, lorsqu'il vient au Levant et écrit son *Voyage en Orient*, recopie des passages entiers du livre anglais ; or, Nerval a voyagé en Syrie et au Liban, des sociétés et des géographies très différentes de celle de l'Égypte ! Flaubert a lu Lane aussi. Avec Maxime Du Camp, il a suivi presque à la lettre l'itinéraire de Lane : les mêmes étapes, les mêmes personnages et les mêmes stéréotypes. Il y a tout un répertoire, qui va jusqu'à la musique de Saint-Saëns. On assiste donc à la mise en place d'une autorité savante qui prend le dessus malgré les faits, les observations directes et concrètes.[...]

Edward Said [94, page 28] (1996)

Ainsi, comme tout savant de son importance, Herbert Simon a beaucoup voyagé. Il affirme cependant qu'il n'a jamais rien appris lors de ses séjours à l'étranger qu'il n'eût pu apprendre, ou n'ait déjà appris, plus vite plus aisément ou à moindre coût dans les livres de n'importe quelle bonne bibliothèque des États-Unis. Cela, qui correspond à son expérience, est vrai pour tout américain adulte moyen, énonce-t-il sentencieusement sous la forme du "théorème des voyages". Nous apprenons que la première fois que le couple Simon visita l'Europe, en 1965, déjà bien imprégnés de la vérité de ce théorème, il s'arrangèrent pour ne rien voir qu'ils ne connaissent déjà par les livres ou les tableaux. Les deux semaines qu'il passèrent en France fût une sorte de pélerinage dédié à Proust et à Cézanne. La Sainte-Victoire, l'Estaque : ils ne se rendaient que dans les endroits exacts, "au mètre près", où Cézanne avait planté son chevalet : "Nous n'apprîmes rien de nouveau ; nous avions déjà vu les tableaux." Et Simon de citer Oscar Wilde : "Où étaient les brouillards de Londres avant que Turner les peignît ?", pour conclure : "La Nature, comme à son habitude, imite l'art." Dès la première page de son livre, il nous avoue sa fascination pour Jorge Luis Borges, ce virtuose des labyrinthes et des jeux de miroirs. Borges, l'auteur du "Thème du traître et du héros", pour qui l'histoire n'est qu'une copie de la littérature.

Jean-Pierre Dupuy [38, page 16] (1994)

Table des Matières

Liste des Figures

Remerciements

Je tiens à remercier Daniel Andler, Malik Ghallab et Michel de Glas de rapporter ce travail, bien que l'inter-disciplinarité entre la philosophie, la planification et les logiques non-classiques soit actuellement loin d'être simple.

Je remercie Jacques Ferber d'examiner mon travail, après avoir accepté de diriger un électron libre.

Et un grand merci à Jean-Pierre Briot pour justement tenter maintenant d'interagir avec ce même électron libre.

Enfin, je tiens également à remercier Jean-Charles Pomerol d'assurer la continuité de la présidence.

Sans Jacqueline Zizi, le package Mathematica de `Pweak` n'existerait pas ; et sans Mike Brady, qui a développé Open-Prolog dans toutes les directions dont j'avais besoin, `Pweak` ne serait pas. Un grand merci à eux deux.

Merci à Jacques Penon de continuer à se plonger dans la planification et d'écouter, d'entendre et de satisfaire mes demandes en modélisation mathématique en utilisant les catégories.

Merci à Fred Garcia, Philippe Morignot, Pierre Régnier et Sylvie Thiébaux pour leurs planifications en langue française.

Merci aux fous de cedar hall, tels Claude Le Pape et Jean-François Rit, d'avoir fait naître en moi ce qui m'a permis d'écrire ce manuscrit.

Merci à Philippe Besnard pour son impulsion initiale.

Merci enfin à Bernie the Kid, “Wanted” sous le faux nom Bernard Conein, desperado de la recherche, infatigable, à la gachette-provoc si facile.

Avant propos (métapartie)

Je ne sais pas comment on en est arrivé à ce que l'intelligence artificielle (IA) donne naissance à un domaine que l'on a pu, manifestement dès les premières années de l'IA, c'est-à-dire dès la fin des années 50, titrer du mot "planification". Toujours est-il qu'à la période où j'écris ces lignes, quarante ans plus tard, les publications sur la planification ne manquent pas, publiées par le canal des conférences d'IA se réclamant, de près ou de loin, de la planification. De toute façon, où d'autre retrouver à coup sûr ces écrits, puisqu'il n'existe pas encore de revue ou de journal dédié au domaine de la planification ? Et encore moins de laboratoire ; au moins, existe-t-il une équipe d'un laboratoire qui se réclamerait *seulement* de la planification ?

Mon propos a pour objectif de poser la planification comme discipline. Que ce soit pour la création d'une revue dédiée à cette discipline, d'une équipe dévolue à cette discipline ou d'un laboratoire de cette discipline.

Ou encore pour une conférence dédiée à la planification.

Car de mon point de vue, la planification comme discipline n'est pas le sujet des deux conférences bi-annuelles, l'"Artificial Intelligence Planning Systems" (AIPS, dont la première édition se tint à l'université du Maryland en 1992) et l'"European Conference on Planning" (ECP, dont Toulouse accueillait la première édition en 1997, mais qui existait sous la forme d'un workshop européen bi-annuel depuis 1991) qui s'affirment actuellement comme actrices du domaine : la première reflète [114] les besoins de son sponsor principal, l'agence des projets de recherche avancée de l'armée américaine (DARPA), et la seconde, théorique selon des goûts américains, n'est pas ouverte, par exemple, à l'aspect "cognitif" de la planification.

Une conférence sur la planification comme discipline s'adresse d'abord à tous ceux qui utilisent le mot plan et qui ont envie de lui tordre le cou. C'est-à-dire, à partir du constat selon lequel le mot plan peut apparaître à toutes les sauces, déterminer si ce mot revêt une variance culturelle ou non ; et dans ce dernier cas d'invariance, la planification comme discipline doit déterminer les conditions qui font que la planification est une brique de base du comportement humain, et qu'il pourrait être bon d'avoir comme brique de base d'un système artificiel. Et surtout, que cette invariance ne se décrète pas comme cela peut se voir dans beaucoup d'articles d'AIPS.

Selon moi, le programme de la planification comme discipline doit débuter par la fonte d'un vocabulaire permettant d'étudier les multiples cas d'utilisation du mot plan, afin de construire une classification. Pourquoi ne peut-on pas faire actuellement de la "littérature comparée" pour une publication sur la planification urbaine, le plan d'un exposé, les plans de campagnes électives, les bonnes recettes de mamie Nova, la planification en IA et j'en passe et des meilleures ? Comment s'expriment les points communs et les différences ? Quels sont les usages et les correspondances possibles ? Cette lexicographie de la planification doit permettre d'évaluer l'usage de ces plans polymorphes et de déterminer les conditions de leur(s) usage(s) (on doit pouvoir parler de nécessité et de suffisance pour la planification) ; voilà pour la deuxième étape. Et troisièmement, pour les cas où les plans sont incontournables, il faut étudier leur(s) modalité(s) de mise(s) en œuvre(s) (formulation, construction, mise au point, mise à jour, exécution, mémorisation, co-existence avec d'autres plans et d'autres concepts, etc).

Avant que je décrive comment ce mémoire s'attaque à la pose de la planification comme discipline, dissipons un premier nuage : les pages qui suivent reflètent mon pessimisme. Avant tout parce que la planification apparaît comme une "moving target"[1] : le territoire de définition de la discipline possède des frontières instables et en possèdera certainement encore tant qu'il n'y aura pas de lexicographie. Et puis parce que, AIPS et l'ECP en témoignent, le vent ne pousse pas vers la planification comme discipline. Et du manque d'intérêt, justifié ou pas, à l'oubli, il n'y a qu'un pas [104].

"L'action nécessite-t-elle un plan ?"[2]

Question fondamentale et absente des publications des deux conférences que je viens de citer, mais qui réapparaît reformulée dans des domaines comme la robotique [16, 2] où une réponse positive ne manque finalement pas de succès. Alors ? Mauvaise délimitation de ce que recouvre le mot "planification" ? Si oui alors on confirme que la planification est une cible mouvante, mais (banalement) — et c'est malgré tout la *moindre* des choses — il faut tout faire pour figer cette cible séance tenante, sous peine de ne viser qu'une partie de la planification, comme c'est le cas des articles d'AIPS, et de s'avouer incapable de relier d'autres utilisations, incapacité s'exprimant par l'impossibilité de trouver des exemples d'applications autres que ceux définis par et pour l'armée américaine. Ou bien mauvais outils d'études ? Si oui alors quels seraient, et comment les développer, ces microscopes et ces éprouvettes qui faciliteraient l'étude de ces objets qui concerneraient un laboratoire de planification ? C'est justement à partir de ces deux points d'interrogation que je désire démarrer. Premièrement, si la planification est une fonction de base, alors il faut mettre à jour comment construire un tel composant ; je veux dire : dans le cadre informatique de l'IA, il s'agit de terminer avec quelque chose qui s'exécute sur ordinateur. Et deuxièmement, si cela nécessite de (re)définir la planification, alors qu'attendons-nous ? Vraiment, les cas d'utilisations du mot planification ne manquent pas. À un point tel que, finalement, la première proposition réaliste de la construction du vocabulaire de la planification, est

---

[1] Je remercie Subbararo Kambhampati pour cette expression dont la simplicité résume ici mes difficultés.

[2] Dans le cadre de la planification de type STRIPS, la réponse est non car un plan peut se représenter seulement par une action ; dégénéré ou pas, si l'on désire aller au-delà, ce cas impose déjà un double traitement de la réponse : le premier où l'on ne possède qu'une action et le second où il y en a au moins deux. Ainsi, dans le cadre de la planification de type STRIPS, la plupart des définitions publiées du mot plan peuvent se confondre avec le mot action dans le cas d'un plan d'une seule action. Peut-être bien que les plans d'une seule action ne sont finalement pas ceux qui peuvent nous intéresser et qu'ainsi nous n'avons affaire qu'à un détail inoffensif ; mais alors, (*i*) cela reste à être dit et écrit et (*ii*) de toute façon d'un point de vue lexicographique, ça commence plutôt mal.

plutôt de commencer par supprimer le singulier et n'autoriser que le pluriel : récrire "planification" en "planifications".

"The European Conference on Plannings" sonne bien plus justement.

Mon propos a donc pour objectif de poser la planification comme une discipline (ce n'est qu'un rappel), ce qui doit se lire aussi : comme n'importe quelle autre discipline. La planification doit ainsi pouvoir faire face au travail scientifique habituel : elle doit pouvoir être l'objet de questions, d'expérimentations et de théories [71, 72].

Un ensemble de questions ponctuent donc les pages qui suivent ; elles tentent de tracer des voies vers des expérimentations (de programmations et d'enregistrements de l'activité humaine) et des théories. Bien évidemment, ces questions retracent aussi mon cheminement scientifique ; en cela, elles me permettent de raconter une histoire que je présente sous la forme de deux contes. Il faut bien garder à l'esprit que la formulation de ces questions s'adresse d'abord, au travers de ces deux contes, à la planification comme discipline. Essayant en particulier de stabiliser la cible, je m'attache à définir les conditions dans lesquelles on pourrait parler de planification, tentant-là de formuler des éléments de réponse à la question précédente sur la nécessité d'un plan pour l'action. Dans le premier conte, ces conditions sont logicielles et il s'agit de déterminer les conditions permettant de parler d'une application logicielle de planification dans le cadre de la planification de type STRIPS [42]. Dans le second conte, je vais à l'encontre de Michael Bratman [15] pour qui le plan est préalable à l'action, car, selon lui, nous *sommes* des agents planificateurs. Il s'agit cette fois de déterminer quand et comment on peut parler de planification pour une activité humaine manipulatoire, la cuisine. Le cadre de la planification de type STRIPS et celui la de confection de plats doivent se comprendre comme ceux d'un premier pas, simple mais non réducteur, où la simplicité est l'outil qui facilite la détermination de ces conditions qui m'intéressent et selon lesquelles on peut parler de planification.

Allons un peu plus dans le détail. Deux ouvrages, celui de Michael Bratman [15] et celui de George Miller, Eugene Galanter et Karl Pribram [80], axiomatisent l'existence de la planification comme brique de base du comportement humain et justifient l'utilisation du concept de plan comme outil de mémorisation hiérarchisée d'activités humaines. Et tous les deux font passer à la trappe l'activité duale de celle de la mémorisation : la construction de ces plans qu'on mémorise.

Avoir des plans, reconnaître et argumenter qu'il est pratique et utile d'en avoir, c'est une chose.

Savoir et maîtriser de quel processus ces plans résultent en est une autre.

Ou bien la planification n'est que le processus de synthèse d'une représentation hérarchique de nos activités et alors la planification ne sert pas à structurer ces activités mais à les représenter... à nouveau ? Oh, bien sûr, on peut argumenter comment représenter à nouveau peut correspondre à une structuration de l'activité. Mais je ne cherche pas à savoir ici si le plan et la planification ont *finalement* une utilité (au moins celle de représenter à nouveau). Je cherche à déterminer leur pertinence intrinsèque. La question précédente n'est pas de savoir si l'on peut toujours enrober l'action d'un plan, car à cette question-là (qui, dans le cadre de l'IA est plus une question d'architecture de programme [63] pour savoir comment on peut placer les actions réflexes dans les plans) on peut répondre par l'affirmative en jouant sur les définitions ; mais la question est de savoir *quand on ne fait pas autrement* que de placer l'action dans un plan, quelles que soient les raisons. Et effectivement, on peut parler de l'utilité et que de l'utilité des plans dans ce cas où la planification en tant que telle n'existe pas, ce cas où la planification n'est qu'un processus supplémentaire d'une sur-représentation de l'activité. Mais alors nous *ne* sommes *pas* des agents planificateurs.

Ou bien la planification construit des plans structurant nos activités, mais comme nous ne tombons pas toujours dans la tyrannie du détail, ces plans qui structurent nos activités n'y tombent pas non plus ; mais alors que contiennent ces plans, surtout si l'on affirme que nous *sommes* tous des agents planificateurs ? Déjà, pour recouvrir toute la variabilité du mot plan (par exemple de "plan-as-program” à “plan-as-communication”, selon Phil Agre et David Chapman [6]), il nous faut écraser la propriété de hiérarchie et en introduire d'autres, comme le contrôle imposé aux actions du plan (Eh oui : une hiérarchie d'actions décrit la composition, mais non l'ordre d'exécution) et le niveau de description de ces actions (i.e. un conseil d'un “plan-as-communication” n'est pas une simple instruction d'un “plan-as-program” pour un microprocesseur). Pour décrire ce qui pourrait bien produire des objets ayant une telle variabilité, la lecture de ces deux ouvrages nous laissent le bec dans l'eau. D'ailleurs, le titre de ces deux livres ne comporte que le mot “Plan” et pas le mot “planification” ; quant à y trouver le pluriel de “‘planification” : la planification n'est même pas indexée dans le livre de Bratman, et le livre du trio Miller, Galanter et Pribram se réfère aux travaux d'IA de Newell et Simon sur la fin et les moyens [100].

La planification comme discipline incorpore non seulement l'objet plan, mais aussi les activités d'obtention de ces plans et les activités d'utilisations de ces plans ; sans compter les cas d'interactions que l'on peut imaginer fructueuses entre l'obtention et l'utilisation des plans.

S'attacher à l'obtention des plans m'a conduit à la réalisation d'un système de planification de type Strips, `Pweak`. D'autres systèmes existent, mais je crois pouvoir affirmer que c'est actuellement le seul système pour lequel les efforts se sont concentrés sur sa réalisation en tant qu'application informatique, comme n'importe quelle autre application qui se conçoit comme un produit d'un “marché”. Réalisation qui va de pair avec celle d'un ensemble d'outils de mesures (des performances de `Pweak`) l'ensemble se retrouvant bien seul sur ce même “marché”. Le cheminement qui a conduit à ces réalisations informatiques est décrit dans le premier conte. Pour ce qui est du second conte, on peut me rétorquer que ce ne sont pas les études sur la planification humaine qui manquent. Au contraire, je pense que de telles études, enracinées et aveuglées qu'elles sont par [80], où l'on vous assure qu'il ne vous faut comprendre un plan que comme un programme informatique, ne disent rien sur la construction de plans ; on trouve dans cette lignée l'ouvrage de Jean-Michel Hoc [56], qui ne fait que nous repasser des systèmes d'IA pour parler de la construction de plans. Pour faire réfléchir, il suffit de commencer par ces publications qui pensaient étudier la planification et qui font chou blanc [65, 106, 81, 112] ; et pour continuer, beaucoup de travaux se fondent sur la verbalisation plutôt que de se borner à observer pour tenter de détecter des invariants comportementaux [73]. Par exemple, le réarrangement continuel de l'espace, pas forcément pour minimiser les déplacements mais aussi pour faciliter l'enchaînement des actions de la tâche apparaît comme invariant comportemental de gestion de l'espace qui nous entoure. Pour cela, et c'est un parti pris, je préfère l'analyse vidéo de façon ethnométhodologique qu'une verbalisation en ligne, à mon avis trop interruptrice et surtout trop fabricante de symboles a priori. Présenté habituellement sous une forme hiérarchique et/ou schématique (ne parle-t-on pas, pour un plan, d'opérateurs plutôt que d'actions comme si finalement il était évident que toute action réelle était sans plan, bien que ce dernier servit sûrement à quelque chose puisqu'on prenait le temps d'en présenter), le plan s'affiche comme une représentation symbolique ; et c'est d'ailleurs aussi par là que les défenseurs des systèmes réactifs comme Rodney Brooks sont aussi les pourfendeurs des systèmes symboliques. Pour gagner quelque chose dans la défense de la planification comme discipline, il faut montrer que le plan vient faciliter l'organisation de l'activité la plus appauvrie et la plus simple qui soit, c'est-à-dire une activité dont on espère qu'elle ne nécessite manifestement pas des symboles, comme, par exemple, une activité routinière de manipulation de la vie quotidienne. Et c'est ce qui est retracé dans le second conte.

À la lumière de ces deux contes, ai-je réussi à poser la planification comme discipline ?

Bien sûr que non.

Non, car un tel objectif nécessite évidemment plusieurs passes. J'avais déjà tenté [63] de construire un prisme unique de lecture de la planification dans le cadre de l'IA, i.e. pas uniquement dans le cadre de la planification de type Strips, mais aussi sans m'attarder sur une lexicographie qui puisse tenir la route hors de l'IA, sans m'attarder sur les conditions de nécessité(s) d'usage(s), en ne m'attardant que sur les modalités de constructions, presqu'uniquement dans le cadre de la planification de type STRIPS et sûrement pas en m'attardant pour réfléchir au statut de la planification.

Ce mémoire définit un point de mire et construit une ligne de mire appropriée : il montre comment on peut "faire" des planifications comme on fait de la mécanique des matériaux (je tiens à cette discipline, car on peut parler à son de sujet de théories, d'éprouvettes et d'outils de mesures), et dans le cadre de cette faisabilité, il analyse deux fois les conditions d'existence du pluriel (ce qui est suffisant pour obtenir ce "s" en terminaison).

En prenant cette faisabilité au pied de la lettre, tout, en fait, reste à faire. Mais qu'a-t-on à gagner à tout faire ? Qu'apporte cette discipline des planifications ? La maîtrise de la réponse à la question suivante : "Quand faut-il planifier, en général ou en particulier ?". Tout en gardant à l'esprit qu'on ne formulera finalement peut-être que des cas particuliers mais qu'on saura alors pourquoi, et que c'est le cas général qui nous intéresse...

Plan de route

Ce qui suit présente mon parcours scientifique et montre comment les questions qui m'ont animé l'ont organisé. Bien sûr, ces questions me sont parfois venues comme ça, je ne sais d'où, par le simple truchement de l'interaction de ma personne avec tout ce qui m'entoure. Parfois pas. La méta-question, c'est celle qui questionne l'intérêt de tout cela et la position de la démarche dans le flux des questions qui animent la communauté de la planification en intelligence artificielle, mais là, la réponse vous appartient.

> Pour arriver à mes fins de réponses aux questions qui suivent, je plonge parfois dans des détails techniques qui peuvent submerger le lecteur étranger à ces détails. J'utiliserai le format même de ce paragraphe pour les signaler. Ces paragraphes ne doivent pas perturber le déroulement de la lecture et peuvent être évités sans rompre ce déroulement.

Une fois arrivé à mes fins de réponses aux questions qui suivent, j'entourerai un bilan de la même manière que ce paragraphe.

J'ai d'abord enraciné ces questions dans le problème de l'utilité du domaine, car je crois qu'on doit toujours avoir à portée de main son petit aiguillon bien à soi. Je ne crois pas avoir passé trop de temps à utiliser cet objet, et ainsi faire du surplace. Je crois que la réalisation d'un système de planification et l'étude de situations où nous (humains) pourrions manifestement planifier montre, seulement à mon avis bien sûr, que si j'ai fait du surplace ça m'a tout de même pris pas mal d'énergie.

J'ai divisé l'ensemble de ces questions en deux sections, relativement à mes volontés de dépenser de l'énergie pour (i) avoir un environnement de test (une machinerie ?) à ma main et qui me permette de bien comprendre ce que faisaient les autres et (ii) savoir où enraciner la planification comme outil de représentation de la structure de l'activité humaine, dans un cas bien particulier : celui des tâches manipulatoires comme par exemple la cuisine ou le rangement d'un bureau. Les deux sections de questions se terminent par une énumération des interactions qui ont contribué à l'élaboration des questions.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, je donne juste après ce plan de route, mes explications de mots pour faire office de bougie pour le reste de ce texte.

Pour finir, j'ai inclus une bibliographie. Combien de fois m'a-t-on demandé quoi lire sur un sujet particulier de la planification ? En tout cas, pour le propos de ce texte, j'ai décidé d'ajouter des commentaires à la suite de chaque référence, afin de tenter d'aider à savoir quoi lire ; ou du moins, donner un aperçu du contenu ; ou encore dire en quoi je pense que cette référence est importante si l'on s'intéresse à la planification : je n'ai pu m'empêcher de donner des coups de canifs chaque fois que je le pouvais. Cela ne représente absolument pas une raison pour ne pas s'intéresser à ces documents que j'ai tailladé, et dont votre lecture ne peut que vous amener à reconsidérer radicalement la taille de ma lame, ce qui aurait du bon, sans aucun doute.

Au delà de ce que j'ai pu faire, j'essaie ici de plaider pour *la planification comme une discipline* et non comme une étiquette de regroupement d'une équipe dans un laboratoire d'intelligence artificielle.

Premiers mots

Ici commence mon apport à la planification.

Pour moi, un *plan* possède trois composantes :

1. Un niveau de description d'action, allant de l'instruction comme un réflexe à l'action comme une consigne (par exemple : "Mener l'affaire rondement"),
2. Un contrôle s'appliquant aux actions indiquant quelles actions sont contrôlées (par exemple, la parallélisation ou le séquencement d'actions) et avec quel degré de complexité (allant, par exemple, du séquencement à la combinaison d'itérations, de séquencement et de parallélisme),
3. Un niveau d'abstraction indiquant si l'action ou le contrôle est un matériau de base, comme par exemple, respectivement, l'instruction et la séquence, ou un matériau abstrait comme par exemple, respectivement, un but et une action (par exemple : "Pour une bonne pâte, l'affaire doit être rondement menée"), et la distribution spatiale, dans une cuisine, des objets qui devraient servir pour la confection des plats.

J'entends le mot *planification* comme dénotant l'activité de construction de plans, sans aucune autre précision quant à l'utilisation de ces plans, après l'activité de construction, ou au fur et à mesure de la construction ou encore jamais.

Avec le calcul situationel la planification du point de vue des débuts de l'intelligence artificielle consistait, à partir d'un ensemble de formules de la logique classique du premier ordre axiomatisant une théorie encodant l'état initial du problème que l'on désirait résoudre, à tenter de dériver les formules encodant l'état final. Cette dérivation se faisant en encodant les actions comme des implications et en ajoutant à chaque prédicat un paramètre entier supplémentaire indexant un ensemble de formules. L'ensemble des formules possèdant la même valeur entière pour ce paramètre (situationnel) supplémentaire forment une *situation.* Une situation détermine la véracité des formules qui la composent et renomme la notion d'état ; on peut ainsi parler tout aussi bien d'état final ou initial d'un problème que de situation finale ou initiale. Ce mode de planification a dû faire face à l'introduction d'axiomes supplémentaires afin de réduire le nombre de dérivations auxquelles ne correspondaient aucun plan valide ; cet encadrage de l'ensemble initial de formules par un second ensemble a donné lieu au domaine de recherche du "frame problem". On peut voir les systèmes QA (Question-Answering) (années soixante) comme une implémentation informatique du calcul situationnel. Je pense qu'il faut considérer le calcul situationnel comme la préhistoire de la planification de type STRIPS.

La planification de type STRIPS **[42]** vient en réponse, à la fin des années soixante, aux difficultés engendrées par l'utilisation du calcul situationnel pour construire des plans : (i) un ensemble de formules de la logique classique du premier ordre forme maintenant une situation unique, évitant ainsi l'utilisation d'un paramètre situationnel puisque celui-ci aurait la même valeur pour toutes les formules de la situation et (ii) cet ensemble est modifié au moyen des opérations ensemblistes d'union et de différences pour calculer une nouvelle situation. Ce calcul d'un ensemble de formules correspond à l'application d'une action que l'on modélise maintenant par un triplet d'ensemble de formules : (i) l'ensemble des formules formant les préconditions de l'action et qui doivent appartenir à une situation si l'on désire y appliquer cette action — on dit alors que les préconditions sont satisfaites dans cette situation, (ii) l'ensemble des formules ajoutées par union ensembliste à l'ensemble des formules d'une situation et (iii) l'ensemble des formules ôtées par différence ensembliste à l'ensemble des formules de cette même situation. Comme illustration, voici l'encodage d'une action de type STRIPS qui décrit le (dé)placement d'un cube sur un autre cube :

$$\text{Placer} = \begin{cases} \text{Pre(Placer)} & : \ \{sur(x,z), libre(x), libre(y)\} \\ \text{Ajout(Placer)} & : \ \{sur(x,y), libre(z)\} \\ \text{Retrait(Placer)} & : \ \{sur(x,z), libre(y)\} \end{cases}$$

Il y a une ruse dans cette représentation d'action de type STRIPS et qui permet effectivement d'utiliser la logique du premier ordre, à condition d'ajouter et d'ôter une formule en entier et non seulement, par exemple, le prédicat d'une formule quantifiée universellement : si une telle formule encode que toutes les lampes d'une maison sont éteintes, on ne ne pourra que toutes les allumer, en retirant la formule encodant que toutes les lampes sont éteintes et en ajoutant la formule encodant que toutes les lampes sont allumées :

$$\text{ActiverCompteur} = \begin{cases} \text{Pre(ActiverCompteur)} & : \ \{\forall x \ \text{type}(x, \text{lampe}) \rightarrow \text{état}(x, \text{off})\} \\ \text{Add(ActiverCompteur)} & : \ \{\forall x \ \text{type}(x, \text{lampe}) \rightarrow \text{état}(x, \text{on})\} \\ \text{Del(ActiverCompteur)} & : \ \{\forall x \ \text{type}(x, \text{lampe}) \rightarrow \text{état}(x, \text{off})\} \end{cases}$$

Deux solutions s'offrent à nous pour n'allumer qu'une seule lampe : (i) on énumère toutes les lampes et il existe une action d'allumer et une action d'éteindre pour chaque lampe numéro i de la maison :

$$\text{AllumerLampe}(i) = \begin{cases} \text{Pre(AllumerLampe}(i)) & : \ \{\text{type}(i, \text{lampe}) \rightarrow \text{état}(i, \text{off})\} \\ \text{Add(AllumerLampe}(i)) & : \ \{\text{type}(i, \text{lampe}) \rightarrow \text{état}(i, \text{on})\} \\ \text{Del(AllumerLampe}(i)) & : \ \{\text{type}(i, \text{lampe}) \rightarrow \text{état}(i, \text{off})\} \end{cases}$$

ou bien (ii) il ne faut pas modifier les formules d'une situation mais modifier le modèle (au sens logique) interprétant ces formules. La seconde solution est une autre histoire et a donné lieu au langage de description d'action ADL d'Edwin Pednault. Pour finir, dans la suite de ce texte, les `NOMS` se trouvant dans la police de caractères imitant ceux d'une machine à écrire sont ceux de procédures de planification comme ils ont été publiés.

Il existe bien évidemment d'autres types de planification, que j'ai pris le temps de décrire dans mon mémoire de thèse [63], mais je ne discute ici que de la planification de type STRIPS,

La notion de critère de vérité arrive seulement au milieu des années quatre-vingts [30], c'est-à-dire près de vingt ans après le calcul situationnel, et enveloppe la planification de type STRIPS dans un brouillard à découper à l'octet. Il me semble indiscutable qu'on doive pouvoir dire, au cours de la construction, si un plan nous intéresse (ou pas). Le critère de vérité calcule cet intérêt avec des moyens qui dépendent de l'encodage informatique d'un plan et de ses composants. Dans le cadre de la planification de type STRIPS, un plan est un ensemble d'actions encodées par trois ensembles de formules munis d'un ordre partiel. Le critère de vérité calcule l'intérêt d'un plan selon la satisfaction des préconditions des actions du plan. Si toutes les préconditions de toutes les actions d'un plan sont satisfaites alors ce plan est un plan solution.

Questions de parcours

> Although much is known about planning systems, and the literature is extensive (cf. [Tate *et al.*, 1990; Tate, 1996]), the focus of past work has primarily been on the development of planning systems, as opposed to answering questions [...].
>
> [84, page 1241] (1997)

Généralités

— C'est quoi, ta thèse ?

— Mais pour faire une thèse, il faut bien un sujet ; c'est quoi, ce sujet ?

— Ah, mais pour faire de la recherche, il faut une question !

Quel chercheur n'a jamais entendu parvenir de telles phrases à ses oreilles ? À l'occasion d'une conversation de couloir, d'une réunion d'équipe, d'une journée d'échanges de points de vues, d'une conférence ou d'un sandwich au bord du clavier, ces phrases ne font que vous poursuivre. Toutefois, n'importe qui peut formuler une question : pas besoin de se déclarer chercheur. Combien même se déclarerait-on chercheur que cela n'empêcherait pas les "autres" de poser des questions pouvant même faire l'objet d'une recherche.

En surface, poser une question dans le cadre de la recherche fait d'abord face à ce que l'on sait déjà et qu'on a l'habitude d'appeler l'état de l'art. Et ensuite vient l'intérêt [104] que l'on pourrait porter à la réponse.

La formulation d'une question de recherche peut aussi se faire dans un cas beaucoup plus dégénéré. Celui où l'on s'aperçoit qu'on a une réponse, mais qu'on n'a pas de question : des techniques vous tendent des bras disponibles, mais on ne sait pas, ou plus, ce qui leur a permis d'avoir des bras aussi grands.

Et pour ne pas rétrécir la taille de ces tentacules, concentrons-nous sur ce constat qui concerne le domaine de la planification de type Strips (ou encore le "classical planning", qui correspond, par exemple, aux techniques décrites dans [69]) :

Conjecture *Actuellement, il n'y a pas de question à laquelle la planification dite classique pourrait répondre.*

Bien sûr, au cours des années soixante, des questions ont guidé le développement de la planification classique, par exemple : "Comment simplifier le calcul situationnel pour arriver à le programmer ?" (réponse proposée par la planification classique : "Ne décrivez pas ce qui ne change pas !" [42]), "Comment modéliser l'environnement d'un robot pour le commander ?" (réponse proposée par la planification classique : "Discrétisez l'environnement en états" [100]), etc. De mon point de vue, l'ordre du jour contient toujours ces deux questions, mais entièrement reformulées. Pour l'instant, il y a plusieurs arguments pour étayer cette conjecture.

L'argument le plus courant consiste à faire remarquer que les exemples d'exécution, ou les jeux de tests, contenus et employés dans les articles publiés autour de la planification classique ne concernent que des domaines dits "jouets" comme par exemple le monde des cubes, où il s'agit à partir de plusieurs empilages de cubes repérés par des lettres, de construire d'autres empilages :

— Il faut sortir du monde des cubes !

— Les cubes, ça ne sert à rien !

— Dire qu'il y en a encore qui sont bloqués avec le monde des cubes !

On qualifie souvent de "jouet" un problème en insistant sur sa grande simplicité, ce qui, sur le fond, ne nous avance pas trop. En ce qui me concerne, "jouet" signifie qu'il existe un encodage mathématique à l'aide d'une structure algébrique *infiniment* régulière comme, par exemple, un groupe. Pour les cubes, il suffit[3] par exemple de considérer toutes les tours comme un seul empilage sur lequel on permuterait les cubes deux à deux. La taille du problème importe alors, mais pour des nombres défiant tout a priori : des millions et des millions de cubes.

Finalement, l'argument du domaine par trop simpliste se trouve encore renforcé lorsque les domaines deviennent "artificiels" [69] ; et le Grand Planificateur doit sans doute savoir pourquoi on ne ricane pas autant de ceux-là.

Mais cet argument s'illustre aussi par des demandes non satisfaites, et pas que de la part d'étudiants en thèse, de problèmes réalistes pour "valider" des travaux. Par domaine réaliste, j'entends un domaine qui répond à un besoin, éventuellement industriel, et auquel les techniques de la planification classique peuvent s'appliquer. Il faut bien sûr relativiser ce réalisme : en 1971 le domaine du monde des cubes pouvait sans doute se réclamer du réalisme en raison de la jeunesse de l'intelligence artificielle, même s'il ne peut plus le faire actuellement. Dans la réponse au besoin, on trouve la réponse à une question qui intéresse la communauté. Le domaine circonscrit donc le cadre d'une réponse. Malheureusement, d'après la conjecture ci-dessus, un tel domaine n'existe actuellement pas, expliquant ainsi pourquoi les étudiants en thèse ont tant de mal à en trouver la moindre trace.

On peut ainsi relire les articles de ces dix dernières années[4] avec une certaine circonspection : ou bien on peut effectivement qualifier le domaine accompagnant ces articles comme artificiel (et cela englobe alors les domaines dits "jouets") ou bien l'aspect applicatif du domaine ne fait pas de doute mais celui-ci concerne alors une planification mettant en jeu d'autres représentations d'actions que celles de type STRIPS.

Et par conséquent, si jamais la planification dite classique possède un quelconque intérêt, il se localise, au moins jusqu'à l'instant où j'écris ces lignes, ailleurs que dans un éventuel domaine réaliste.

De plus, dans le cas où l'on se retrouve avec un "système" mais sans domaine d'application alors il faut reconnaître que ce domaine d'application n'a manifestement pas pris part à la génération de

---

[3] Comme toujours, il y a des précautions à prendre comme pour par exemple encoder la table sur laquelle on pose les cubes.

[4] Je veux dire, depuis l'article titré : "What AI can do for Battle Management?" [13].

la question préalable à l'activité de recherche proprement dite. Ce qui revient à confirmer que, pour la planification de type STRIPS, les questions viennent actuellement par d'autres chemins que ceux formatés par des applications potentielles. Ces questions peuvent venir, par exemple, (i) de points obscurs dans la description de systèmes dits de planification pour mieux les comprendre, (ii) du besoin de sortir du gouffre de l'inefficacité ces mêmes systèmes comme pour les sortir d'une ornière, (iii) de l'extension de leurs fonctionnalités pour démontrer leurs potentiels d'utilisations — mais alors, on sort du cadre de STRIPS, (iv) de la correction ou de la mise en œuvre d'alternatives à ces mêmes fonctionnalités pour définir des bases simples sur lesquelles on pourrait s'appuyer pour développer de nouveaux systèmes, (v) des besoins exprimés par une source de financement ; et ainsi de suite.

Présenter et décrire son parcours scientifique dans le cadre de la planification de type STRIPS demande donc de réfléchir un peu plus que d'habitude aux questions posées.

Histoire de savoir quoi répondre à propos de sa recherche en cours ; mais aussi histoire de diriger sa propre recherche vers des contrées qui nous intéressent, à défaut d'intéresser les autres.

Sinon, l'on aura un parcours vide de question et sans motivation autre que l'envie de faire de la recherche dans le domaine. Remarquez, en ce qui me concerne, cela ne me gêne pas. D'abord parce que l'intérêt peut très bien ne se révéler qu'à long terme ou même n'apparaître d'abord que dans d'autres disciplines. Ensuite parce qu'un intérêt peut s'expliquer, se défendre, se répéter, jusqu'à en convaincre la communauté[5]. Voire même s'imposer par des forces extérieures. Phil Agre [4] résume ainsi l'histoire de la planification en intelligence artificielle par deux étapes : (i) la découverte du mot plan au début des années 60 [80] et sa transformation en icône par Newell et Simon (voir [100]), et (ii) l'investissement colossal de l'armée américaine dans ce domaine à partir de la fin des années 80 [13].

Plus que tout autre, la question suivante motive mes travaux de recherches :

Question 1 *À quoi la planification sert-elle ?*

Pour ce qui concerne la planification elle-même, il vaut mieux parler de méta-question. Il faut alors simplement comprendre que cette question trouve ses racines dans le raisonnement qui la précède : l'utilité doit se trouver naturellement questionnée lorsqu'on doute de l'intérêt. D'ailleurs, ce questionnement ne m'appartient pas : on le retrouve fréquemment encore aujourd'hui [2] :

> *What is the role of planning?* Do robots *need* to plan? That is, do they ever require the capabilities of today's planning systems, beyond path planning/scheduling? What exactly is meant by the term "planning" in the context of mobile robotics? What kinds of tasks require "planning"? Are these tasks important for the design of mobile robots? What is the role of specialized planners?

Je veux bien comprendre qu'il s'agit là de la présentation volontairement provocative d'un symposium de "brainstorming" ; mais je veux comprendre également que si les progrès de la communauté avaient réglé le sort de ces questions, on ne les écrirait pas une fois de plus à l'ordre du jour, même pour ce simple symposium, même pour des "mobile robots".

Pour ce qui concerne ma recherche et moi, la question 1 fait office de poil à gratter ordinaire.

---

[5] Par un jour d'automne 1992, alors que je râlais contre les auteurs publiant de multiples fois le même contenu scientifique, mon interlocuteur, Mark Drummond, chercheur dans le domaine de la planification et qui travaillait alors à NASA Ames, me rétorqua qu'il fallait répéter plusieurs fois une idée pour qu'une communauté veuille bien l'entendre.

D'un point de vue très général, on peut rapidement esquisser une réponse : la planification sert à obtenir des informations sur le futur à partir d'une mise en œuvre d'actions qui constituent un plan. Cette esquisse se voit encore régulièrement utilisée dans la méthode dite des scénarii, qui a manifestement rendu jaloux les concurrents de la société pétrolière Shell [98]. Mais on peut trouver des applications finalement plus courantes pour la planification, en allant de la litérature [74] à l'urbanisation par plan d'occupation des sols [12], en passant par la bonne vieille planification économique quinquennale [81], la compréhension automatique de programmes (lisez "reverse engineering") [90] et l'enseignement dans les collèges [32]. Cette banalité avec laquelle la planification se retrouve derrière n'importe quelle porte a sans aucun doute poussé des personnalités comme Michael Bratman à transformer la question 1 en axiome [15, page 2] : "The central fact is that we are planning agents.", point de départ actuel et obligatoire de la quasi-totalité de la communauté de la planification en intelligence artificielle [113, page II]. Et celle-ci se garde bien d'un autre démarrage, rassurant du même coup la perplexité des utilisateurs potentiels envers les médiocres performances des programmes de planification : avons-nous un autre choix rationel que celui que nous avons pris ?

D'un point de vue particulier, il faut d'abord questionner la qualification des propriétés des informations que l'on peut obtenir, ensuite préciser la notion d'action et enfin la notion de plan. Tout ça sans perdre de vue la mise en œuvre de l'information. La section qui suit contient les questions relatives à cette démarche dans le cadre de (i) la planification de type STRIPS et (ii) l'étude de l'organisation d'activités manipulatoires.

> Une dernière chose. Jean-Michel Hoc présente et discute [56] la fonction (lisez "l'utilité") des plans, principalement à partir de l'économie qu'ils engendrent : économie de traitement et économie de mémorisation. La description de la planification dans cet ouvrage se base trop sur les travaux en intelligence artificielle pour que je la retienne ici. [56] répond donc à la question de l'utilité de la planification par l'utilité de ce que le processus de planification produirait : l'utilité des plans. Mais il y a là un déplacement qui fausse nettement la problématique de la planification car rien ne dit qu'il doit y avoir une activité raisonnée de planification pour construire des plans ; [56], quant à son contenu, ne se trouve pas dans ce cas et penche franchement pour l'existence d'une telle activité. En effet, rien n'empêche que le plan n'existe que rétrospectivement à l'activité, dans l'œil d'un observateur, par exemple par simple enregistrement des actions successives, sans aucune description du processus qui a décidé de ces actions. Là se trouve le point de départ du schisme soutenu par le courant de l'action située [106] : seul importe, dans la planification, l'utilisation des plans, car il n'y pas en tant que telle, d'activité préalable de construction de plan, alors étiquettée "planification". Oh, et puis il n'y a pas que [106] pour secouer le cocotier avec une violence d'extrêmiste : lisez [81] pour rire un bon coup et [22] pour un panorama des divers courants qui peuvent se réclamer d'une prise de parti politique similaire à l'action située.

Permettez-moi de vous résumer comment on peut en arriver à poser la question 1. D'abord les avions ne volent pas en battant des ailes : les systèmes d'intelligence artificielle peuvent construire des plans préalablement à leur activité bien qu'il semble difficile de montrer que la construction de plans représente une invariance dans l'activité d'opérateurs humains[6]. Ensuite, l'existence de divers systèmes de planification, éventuellement basés sur des principes différents, pose un problème quand

---

[6] Argument classique de l'IA symboliste ; voir le premier but de l'IA décrit dans [101, page 96]

à leur classification et à la structuration du domaine : le manque d'intérêt ne suffit pas à régler le compte de, par exemple, la planification de type STRIPS. Enfin, il faut bien se remettre en cause de temps en temps, non ?

Particularités

Deux axes viennent apporter un éclairage et une complexité supplémentaire sur la question 1 : l'expérimentation et la théorisation. Rien que de très classique ; rien que de très usité comme dans, par exemple, les sciences physiques. Seulement voilà, si au moins grâce à Archimède la physique se pratique depuis au moins 2500 ans, l'intelligence artificielle n'a aujourd'hui que la quarantaine. Alibi ou pas, cette jeunesse n'évite pas les éclairages des statuts scientifiques habituels, et ainsi la planification n'y échappe pas.

À la STRIPS : du ready-made en planification

Laissez-moi commencer par une réponse (possible) à la question 1 dans le cadre de la planification de type STRIPS : la planification de type STRIPS sert à formater les informations sur le futur en des transformations d'états futurs dûs à des actions potentielles.

Et puis après ?

À mon avis, sous l'hypothèse de la conjecture ci-dessus sur l'orphelinat actuel de la planification de type STRIPS, rien n'empêche un orphelin de devenir papa.

Considérons que les systèmes à la STRIPS existent et étudions-les comme des constructions qui nous pré-existeraient : des planificateurs que l'on trouve comme ça, au coin d'une recherche, et qui nous tendent les bras pour qu'on daigne bien s'en occuper, des planificateurs qui n'auraient a priori aucune particularité autre que leur existence très ordinaire.

Bien évidemment, on peut alors argumenter que pour ce qui concerne l'utilité de la planification de type STRIPS, cela revient à passer à la limite temporelle : on ne pourra décider de leur utilité que lorsqu'on aura terminé de les étudier. Et justement. Mis à part le fait que tout thésard débutant comme tout vieux routard du domaine peut se voir désarmé par la lenteur des systèmes qui s'en réclament, les travaux et études autour de la planification de type STRIPS nous ont-ils appris quelque chose ? Par exemple :

Question 2 *Dans le cadre de la planification de type* STRIPS*, que peut-on décrire comme mécanisme de base ?*

Question qui vise à améliorer le goulot qui étranglerait tant l'efficacité potentielle d'un tel type de planificateur. À ce propos, comme question à dix francs de la journée, avez-vous jamais passé votre planificateur dans la moulinette d'un “profiler” (lisez “analyseur de performance d'exécution”) ?

[61] contient ma première proposition de réponse à cette question 2 : le critère de vérité comme mécanisme de base, qui décide des modifications à apporter à un plan afin qu'on obtienne, à force de modifications, un plan solution ou bien d'abandonner ce plan si les modifications nécessaires à lui apporter le rendent incorrect (par exemple on ne peut modifier un plan pour qu'une de ses actions se retrouve placée après une autre action alors qu'elle se trouve déjà placée avant cette autre action).

> Le concept de critère de vérité naquit modal [30] (i.e “modal truth criterion”) et clairement incompris vers 1985, sous la programmation manuelle de David Chapman. La difficulté à en comprendre l'essence rendra la vie difficile au concept de critère de vérité, et par ricochet, à un axe de recherche dont il représenterait la pierre angulaire : les procédures postérieures ayant beau jeu (de simplicité ou d'incompréhension) d'éviter de présenter le leur (de critère de vérité).
> Ainsi la présentation de la procédure de planification `SNLP` [76] se concentre-t-elle sur la notion de lien causal, que nous reverrons d'ici peu, et de tri topologique, que je vous conseille de mettre à la poubelle, et sans présentation de complétude[7].
> Dans le même esprit, la complétude de la procédure de planification `UCPOP` [86] se voit démontrée à l'aide du classique invariant de boucle récursive. On trouve un intermède, également non publié[8], de la part de Matt Ginsberg, en 1991 [49], mais qui ne fait que s'éloigner encore des cieux de la classification et de la comparaison.
> Et on peut dire que dix ans plus tard Nau et Kambhampati [70] mettent un terme à une telle entreprise en assombrissant encore le tableau à l'aide d'une analyse des différentes interprétations des modalités du critère publié par Chapman.

Remarquez que cela définit pratiquement et immédiatement un axe de recherche : l'étude, en vue de leur classification, des systèmes de planification selon la complexité (lisez “l'expressivité”) de leur critère de vérité. Lorsqu'on peut qualifier de minimal un critère de vérité, on peut en attendre une grande efficacité et qu'il facilite des complexifications ultérieures.

J'ai, pour ma part, mis un terme à cet axe de recherche lorsque j'eus fini de participer à la proposition d'un critère minimal avec Jean-François Puget et Claude Le Pape [62].

Et j'ai principalement abandonné cet axe de recherche car cela n'intéressait quasiment personne et encore moins celles de mauvaise foi. J'ai aussi arrêté car le résultat obtenu dans la course à la minimalité ne permettait pas d'obtenir facilement un critère de vérité qui aurait engendré une procédure de planification qui “s'arrêterait” si jamais il n'y avait pas de solution au problème posé. En effet, la plupart des procédures de planification actuelles tournent en boucle sur bien des problèmes qui à l'évidence n'ont pas de solution : ainsi utilise-t-on par exemple une stratégie n'explorant qu'une portion limitée de l'espace des solutions potentielles en imposant, toujours par exemple, un nombre maximum d'opérateurs dans le plan qu'on pourrait reconnaître comme solution. On se retrouve donc actuellement sans procédure “décidable” pour l'espace des plans partiels dans le cadre de la planification de type Strips. Mais, encore une fois, cela n'intéresse actuellement que très peu de chercheurs du domaine[9].

---

[7] Je n'ai pas parlé de la systématicité, cette propriété qui consiste à ne visiter qu'une seule fois un objet dans un espace de recherche, car je n'ai pas lu de publication d'une preuve sur ce sujet à ce jour. Will Harvey, alors “Ph.D. Student” de Matt Ginsberg à Stanford, aurait étudié `SNLP` du point de vue de la complétude et de la systématicité, dans un article soumis au AAAI Spring symposium de 1993 sur les fondements de la planification ; le Grand Planificateur doit certainement savoir pourquoi cet article ne parut pas dans les actes de ce symposium ; ni ailleurs, d'ailleurs. . .

[8] On peut pourtant trouver une citation de ce rapport dans le livre de Tom Dean [33], écrit durant une année sabbatique à Stanford.

[9] J'ai contacté et rencontré John Roach à ce propos, en raison de son travail sur `Disprover` [99] *et* sur la caractérisation des problèmes dits non-linéaires, avec David Joslin [66] ; mais il n'a finalement pas donné suite à mes relances.

> Un autre constat a aussi contribué à mon abandon de cet axe de recherche : le critère de vérité est construit à partir d'un autre mécanisme de base. Ceci m'est apparu à force de programmer des systèmes de planification. J'ai commencé par programmer le critère "minimal" présenté dans [61] ; et il y a, dans la procédure présentée dans cet article, quelque chose dont la lecture *doit* vous accrocher.
> Revenons sur cette procédure.
> Lorsqu'une formule en précondition d'un opérateur se trouve établie par une formule ajoutée par un autre opérateur, il faut traiter ce dernier comme un casseur de toutes les formules qu'il contient dans sa liste de retrait. En particulier, cet opérateur nouvellement introduit dans le plan peut contenir dans sa liste de retrait des formules s'unifiant à des préconditions précédemment établies. Il faut alors contraindre cet opérateur, pour chacune des préconditions qu'il possède en liste de retrait ; il y a deux contraintes possibles : (i) avant l'établisseur ou bien (ii) après l'établit. On se retrouve ainsi, naturellement, à encoder la liste des préconditions déjà établies en un triplet :
>
> (établisseur, formule, établit)
>
> et ceci afin de retrouver immédiatement les deux opérateurs (lisez "établisseur et établit") autour (lisez "avant ou après") desquels on doit le contraindre. Au delà de l'efficacité, il se trouve qu'en Prolog, cela se programme tellement facilement par dérivation du critère de vérité [77] qu'on aurait tort, que l'on débute ou non, de s'en priver. Seulement voilà. Un tel triplet se nomme maintenant et ce depuis `SNLP` [76] un lien causal. Vous l'aviez laissé passé ? Moi aussi.

Le raz-de-marée d'articles (plus d'une dizaine en trois ans) signés par Subbarao Kambhampati sur la notion de planification par raffinement (refinement planning) a finalement bien contribué à noyer les critères de vérité. Ces articles placent la planification dans un cadre général de la recherche dans des espaces d'objets, popularisé par Judea Pearl [85]. Il consiste en la description des moyens disponibles, selon l'encodage de la structure d'un objet solution, pour raffiner un objet partiellement solution en un objet totalement solution. Toutefois, il n'y a rarement qu'un[10] chemin qui mène à Rome et la distribution de mon système de planification [67], que j'ai appelé `Pweak` en hommage à Jean-François Puget, en fait actuellement bien plus que [69] tout en étant basé sur des complexifications successives et optionnelles du critère de vérité minimal présenté dans [61].

Une fois cet axe de recherche mis en berne, vers 1992, du coté européen de l'atlantique aucun planificateur ne circulait comme il pouvait en circuler de l'autre coté. Et l'idée de la comparaison de planificateurs ordinaires faisait face à bien plus qu'à la simple récupération électronique du code : le déficit en personnes à qui l'on pouvait s'adresser de vive voix pour s'échanger et discuter des comptes-rendus de comportement.

Et clairement ce déficit s'aggrave encore actuellement de jour en jour.

Anecdote. Un thésard, ni en début ni en fin de thèse, me contacta, dans le courant de l'année 1996, pour finalement me dire que, il pourrait y avoir du bon à comparer son planificateur avec d'autres, mais que nulle part dans son université il n'avait trouvé de Common Lisp. Alors je lui ai proposé celui de mon mac, mais il m'a répondu qu'il ne voyait pas, dans sa fac, où il pouvait y avoir un mac en accès libre...

La comparaison "ordinaire" passe par avoir ses outils d'étude et d'observation à soi, lorsqu'il n'en existe pas d'ordinaires (lisez "de normalisés et de facilement accessibles") et qu'il ne reste plus alors

---

[10] Je ne crois de toute façon pas qu'ils y mènent tous.

qu'à se les développer.

Toutefois, quand l'observation rend compte d'une pléthore de degrés de liberté du mécanisme de base, la comparaison se retrouve rapidement avec des bâtons dans les roues. Et l'on ricane tout aussi rapidement du simple recensement auquel on avait initialement pensé : rien que taper correctement ces options au clavier avant une batterie de tests devient un problème. Oui oui, bien sûr, on peut aussi mettre ces options dans un fichier ; et alors le problème se trouve immédiatement déplacé dans le choix de noms de fichiers significatifs. Et que dire de `BW-P-H2`, `POP`, `UCP-FSS`, `LOG-P-L`, `TOCL`, `TYR-P-M`, `ATR-MD-RD`, `McNonLin-Con`, noms de procédures de planification, publiés allègrement dans la littérature et nécessitant parfois plus de 30 notations [69, page 233] et 20 paramètres [69, Table 3, page 207] différents ? Notations conflictuelles, redondantes et inconsistentes, n'ont finalement pas l'air de gêner les relecteurs.

Croyez-moi, la vie d'un testeur de planificateurs ordinaires empeste de problèmes ordinaires de l'informatique. De simples problèmes ordinaires, des problèmes de base de la vie de tous les jours et que n'importe qui rencontre : nommer des fichiers, des répertoires, ordonner et dater des fichiers et des répertoires selon des évolutions successives, faire des sauvegardes, pas assez de mémoire centrale, pas assez de place disque.

Mais rien à faire.

À une "marche du siècle" consacrée à Théodore Monod, on montre ses carnets et les informations qui s'y trouvent, numérotées, dessinées, coloriées, nommées à l'aide d'une grammaire latine qui ne le quitte jamais et qu'il décrit comme l'outil de base d'un scientifique !

J'en rêve la nuit. Monod, lui, marche dans le désert pour en découvrir et recenser la vie quotidienne, ordinaire. Sa démarche scientifique rythme le remplissage de ses carnets qui s'accorde naturellement à la consignation par l'écriture.

Informatis, informata, informatae.

Les variations d'un éventuel mécanisme de base de la planification ordinaire ? Je ne peux en décliner que les problèmes ordinaires qui surgissent, comme extraordinaires, hors du propos auquel je désire me tenir.

Mon ordinateur écrit pour moi, la nuit, la semaine, le week-end, et moi je reste sur place pendant qu'il transforme les plages du disque dur en montagnes d'informations. L'anomalie de Sussman

État initial État final

Figure 1: Trois cubes sur une table : l'anomalie de Sussman.

> Le problème de la figure 1, fut qualifié d'anomalie par Gerald Sussman car `Hacker`, le planificateur développé pour sa thèse [107], n'arrivait pas à le résoudre. Sans doute un bug, dirait-on aujourd'hui ; mais à l'époque, au début des années 70, Sussman avait justement basé le mécanisme de construction de plans d'`Hacker` sur, justement, la correction des bugs contenus dans un plan, jusqu'à ce qu'il n'y en ait plus (et alors le plan résoudrait le problème). Et voilà qu'`Hacker` ne trouve pas de solutions pour le problème des trois cubes de la figure 1 : c'est-à-dire, il n'arrive pas à corriger les bugs du plan qu'il trouve donc comme solution au problème de la figure 1. Sans doute un méta-bug [88] ; mais dans l'élan du début des années 70, ce fut une anomalie. Il faut noter qu'à l'époque, pour le problème de la figure 1 on donnait à `Hacker` les deux formules suivantes : *sur*(A,B) et *sur*(B,C), qui indiquent qu'effectivement dans l'état final de l'anomalie de Sussman, le cube A se trouve sur le cube B, pendant que ce dernier se trouve sur le cube C... Et la table, me dites-vous ? Deux pistes se présentent pour répondre. D'abord, il fut compris que le problème était trop évident si l'on indiquait quel cube se trouvait en premier sur la table. Ensuite la simplicité de ce problème permettait d'illustrer facilement un "bug" non résolu par `Hacker` et finalement d'y attacher un concept, la conjonction de buts dépendants l'un de l'autre. En effet, dans le problème de la figure 1 on ne peut mettre le cube A sur le cube B avant que ce dernier ne se trouve déjà sur le cube C : le placement du cube A sur le cube B dépend du placement du cube B sur le cube C. La planification pour la conjonction de buts dépendants ne trouvera sa première résolution que douze ans après la publication de la thèse de Sussman, dans un article tout simplement titré "Planning for Conjunctive Goals" [30].

(cf. figure 1) ? Trois cubes sur une table pour des dizaines et des dizaines de fichiers de résultats comparatifs.

Planification consignée, planification noyée.

Avant tout le reste, il ne faut jamais oublier de tenter de se rendre la vie facile :

Question 3 *Dans le cadre de la planification de type* STRIPS, *comment visualiser les complexifications potentielles d'un mécanisme de base ?*

Je dois d'abord indiquer que ma première boîte de dialogue à la sauce du Macintosh permettant de visualiser ce que j'estimais devoir visualiser tenait sur un écran de 19 pouces. Comprenez-là qu'elle ne pouvait pas tenir sur l'écran d'un mac ordinaire. Et plus de quatre ans après je subis encore les contraintes de la visualisation : j'arrive tout juste à avoir une interface comme n'importe quelle application s'exécutant sur un Macintosh, sauf que celle-ci correspond à un système de planification de type STRIPS.

En fait, les difficultés engendrées par la question de la visualisation viennent d'une erreur de formulation de la question précédente : la notion même de visualisation se place à un niveau de généralité très élevé car il représente une seconde fois un mécanisme ; la première représentation passant par le choix même d'un mécanisme de base. Ainsi, bien que nécessaire pour un environnement de test qui a aussi pour fonction d'éclairer les replis de l'objet ordinaire "planificateur de type STRIPS" la question de la visualisation n'existe que par un effet de bord de plusieurs autres questions. Il n'y a pas de visualisation en soi dans le cadre d'une telle recherche : il n'y a qu'utilisation d'un mode de construction d'interface (pour moi la boîte à outils du Macintosh) pour faciliter l'exploration d'un mécanisme. Par conséquent, dans le contexte d'un certain type d'interface, on peut reformuler la question 3 de la manière suivante :

Question 4 *Comment construire une application de planification de type* STRIPS *qui se comporte comme n'importe quelle autre application du Macintosh ?*

Il faut aussi lire dans cette question mon envie de toujours voir un planificateur de type STRIPS comme un objet que l'on pourrait trouver, cette fois, au coin d'une machine ordinaire, et que sa découverte correspondrait à celle d'un logiciel incrusté sur un cédérom grand public ; ce qui traduit ainsi le besoin d'applications d'intelligence artificielle non monolithiques (lisez "non monstrueuses et non imperméables") et s'intégrant dans une exploitation quotidienne [44]. Et qu'alors la réponse à la question 4 soit la plus banale possible : suivez les directives du constructeur [10]. Notez qu'enfin la trouvaille d'un planificateur ordinaire nous ferait passer à des définitions opératoires ; on aurait par exemple pour un plan : "Une application de planification (de type STRIPS) produit un plan lorsque celle-ci se trouve confrontée à un problème de planification." Ou encore, en évitant ainsi de tomber dans des considérations techniques, peut-on parler de l'exécutabilité comme "la qualité permettant à un plan de transformer l'état initial d'un problème de planification en l'état final de ce problème." Pour arriver au concept de solution : "Seuls les plans solutions s'exécutent." Il y a là bien plus que des jeux de langage : l'aspect descriptif de la composition disparaît au profit d'une vérification expérimentale, parce que l'existence d'une application logicielle précède alors ce qu'elle permet de produire et manipuler.

> On peut discuter la notion de problème un instant. Pour un planificateur de type STRIPS, un problème de planification s'encode sous la forme d'un plan, avec la propriété suivante : un plan solution, qui encode donc aussi un problème de planification, réalise un point fixe d'un planificateur. Ce qui permet de mettre la notion d'exécutabilité à la poubelle : un plan exécutable n'étant qu'un plan pour lequel une application logicielle de planification se comporte comme la fonction identité. Ainsi peut-on réhabiliter l'exécution sous la forme qu'elle n'aurait jamais du cesser de se présenter : la confrontation d'une brique de base "planification" avec un environnement.

Bien que la question 4 s'enracine dès mes premiers pas dans le développement de `Pweak` sur Macintosh, elle a toutefois pris toute son importance lors de la troisième conférence sur les systèmes de planification qui se tenait à Edimbourgh en mai 1996, lorsqu'un chercheur du domaine, Matt Ginsberg, y a affirmé que "Yes! Planning is ready for prime-time!" Et alors je ne peux m'empêcher de penser aux critères de satisfaction des utilisateurs de systèmes experts et qui demandent simplement de pouvoir commencer par utiliser le programme qu'ils ont acheté comme n'importe quel autre programme du marché [105].

Combien de planificateurs “disponibles” sur le “marché” peuvent se targuer de se comporter comme un programme de ce même marché ?

Et d’abord, quel “marché” ?

Et ne me dites pas qu’il suffirait de la volonté et des contraintes de la commercialisation pour arriver à une équivalence de comportement, car ceux-ci posent des problèmes d’intégration de l’utilisation irrésolus : l’encodage automatique des actions et des buts, par exemple, dans l’axe simple de l’ouverture des applications vers leur environnement d’exécution.

> En 1993, Mark Peot raillera l’importance donnée par David Wilkins lors d’une présentation invitée à l’interface du système de planification `SIPE`. Rétrospectivement, j’ai une question : quelle démarche David Wilkins avait-il utilisé pour concevoir cette interface ? Je veux d’ailleurs poser la même question pour le deboggueur de plan développé pour le planificateur `UCPOP`, nommé `PDB`.

Parce que, si vous me permettez un avis, les difficultés posées par la question 3 montrent que la planification de type Strips, utilité mise à part, ne manque pas de méandres. J’en veux finalement pour témoin chacune des boîtes de dialogues de `Pweak`, regroupées ci-après, juste avant les articles.

J’aimerais bien que vous ne les trouviez que bien ordinaires.

Toutefois, si la démarche de mise en conformité n’a rien que de très banal, il en va tout autrement pour savoir quoi mettre en conformité. Logiquement, il faut poser une autre question :

Question 5 *Dans le cadre de la planification de type* Strips*, comment présenter une classification ontologique des complexités potentielles du mécanisme de base ?*

Question que je localise maintenant à mi-chemin entre les directives d’un constructeur et les nécessités de la recherche.

Illogiquement, je n’ai pas essayé de répondre à cette question, ayant jugé en fait les premiers travaux [109] sur le sujet nettement hors de propos : vouloir cadrer la planification dans le schéma “proposer-critiquer-modifier” que les travaux actuels ne semblent toujours pas vouloir quitter [84]. Trop près, de mon point de vue, du schéma général de résolution de problème de George Polya [89], bien que toutefois cadré dans le propos de la planification, et pas assez démarqué des travaux précédents et finalement très pertinents de Roger Schank [95]. Sans compter ceux de Jacques Pitrat [88] sur les métaconnaissances, qui semblent complètement inconnus de la communauté planification.

J’ai tout benoîtement commencer à photocopier et lire les articles sur la question ainsi qu’à repérer les conférences sur le sujet. Et je trouve maintenant très étonnant que les systèmes de planification décrits comme complexes (lisez “lourds à mettre en œuvre et dont on ne sait finalement pas grand-chose”) ne se frottent ouvertement à cette question que depuis très récemment et j’imagine d’abord grâce au “Planning Ontology Construction Group” dirigé par Jon Doyle [36] financé et poussé à la roue par l’armée américaine.

Il me fallait donc récrire la question précédente de manière à se placer plus près du mécanisme de base et de son cadre tout en restant dans une abstraction raisonnée :

Question 6 *Comment mathématiser la planification de type* Strips *?*

Car enfin, ça ne semble pas si compliqué : rien que des ensembles auxquels on ajoute des éléments jusqu’à temps qu’on les abandonne ou bien qu’on les retourne comme solution.

Mettez vite ce semblant de facilité à la poubelle.

Pour l'instant, la seule réponse tangible que j'ai pu présenter pour la question 6 contient une formalisation [64] à l'aide d'algèbres incidentes[11]. Quand on regarde un planificateur ordinaire fonctionner (par exemple à l'aide d'un "profiler"...) , on s'aperçoit qu'en fait il ne fait pas qu'instaurer des contraintes de précédences entre des opérateurs : il les renforce constamment. Ainsi un planificateur ordinaire "ajoutera" probablement plus d'une fois une contrainte de précédence entre deux opérateurs ; et ce pour deux raisons opposées : (i) la recherche d'un opérateur ayant la formule à établir dans sa liste d'ajout et (ii) le réordonnancement des opérateurs ayant la formule à établir en liste de retrait.

> Juste une confirmation : la systématicité n'a rien à voir là dedans ; et les liens causaux ont tout à y voir.
> Repartons du départ : les ensembles auxquels on ajoute des éléments. Et bien malheureusement, l'union ensembliste est idempotente et vous avez beau rajouter un élément, vos routines d'opérations ensemblistes n'ajoutent qu'une fois, d'abord par conformité mathématique à l'idempotence ($\{a, b\} \cup \{a, c\} = \{a, b, c\}$ et non $\{a, a, b, c\}$) et ensuite par effet informatique de l'évaluation "lazy" qui va regarder si vous n'avez pas déjà fait ce que vous comptez faire avant de le faire de force. Ainsi, le mécanisme de base restant le concept de critère de vérité, on mathématise chacune des modifications des contraintes de précédence formant l'ordre partiel entre les opérateurs d'un plan de type STRIPS, décidées par le critère de vérité. En fait, cela revient aussi à compter le nombre de liens causaux entre chaque couple d'opérateurs du plan et à les remplacer par une contrainte de précédence valuée de ce nombre : là commence le domaine des algèbres incidentes [39].
> Au moins, cela rend compte de ce qui se passe du point de vue du renforcement des contraintes de précédence.

En suivant la voie des algèbres incidentes, on peut circonscrire la question 6 jusqu'à construire des espaces topologiques dont on fabrique les ouverts à partir de la distance calculée à partir des modifications décidées par le critère de vérité, mécanisme de base d'une procédure de planification de type STRIPS.

De tels espaces ont autant de dimensions qu'il y a de contraintes de précédences possibles entre tous les opérateurs du plan[12].

La comparaison de deux critères de vérités passe par la construction d'un morphisme entre les deux espaces générés par leur critère respectif. Par exemple, on construit une bijection bi-continue des ouverts d'un espace dans l'autre, ce qui montre comment encapsuler un critère de vérité par rapport à un autre, par l'intermédiaire des ouverts qu'ils génèrent [64].

Deux plans qui ont les mêmes valuations de leurs contraintes de précédence ont aussi la même distance à l'origine (le plan partiel initial encodant le problème à résoudre). Pourtant plus d'un chemin peut mener à une même valuation. [64] n'offre aucune construction permettant de rendre compte des divers chemins possibles. Cette diversité naît de ce que le critère de vérité ne considère qu'une

---

[11] Un espace vectoriel est un groupe qui agit sur un corps commutatif et une algèbre est un anneau qui agit sur un corps commutatif : on remplace le groupe de l'espace vectoriel par un anneau. Pour une algrèbre incidente d'un graphe, l'anneau est celui des matrices dont les éléments entiers encodent le nombre d'arcs arrivant en un nœud du graphe.

[12] Si n dénote le nombre d'opérateurs disponibles, alors l'espace a pour dimension $n(n-1)/2$: après encodage de la relation d'ordre — irréflexive, antisymétrique et transitive — par une matrice triangulaire supérieure pour laquelles les opérateurs indexent les lignes et les colonnes, il suffit de compter les éléments du triangle supérieur de cette matrice, en n'oubliant pas d'enlever les éléments de la diagonale selon la propriété d'irréflexivité de la relation d'ordre entre les opérateurs du plan.

formule à établir à la fois ; il peut ainsi considérer les mêmes formules, mais dans un ordre différent, entraînant ainsi des chemins différents. Dans les tests artificiels, on trouve ainsi la confrontation des mêmes procédures mais utilisant des stratégies différentes de considération de formules [69]. Oh, en général, il n'y en a que deux : la pile ou bien la file de formules. En particulier, comme par exemple la z-pile [48], on ne change pas fondamentalement ces deux principes. Ceci dit, ces formules viennent des préconditions des opérateurs. On peut donc aussi varier l'ordre des opérateurs et l'ordre des préconditions de ces opérateurs ; sans oublier les formules de l'état final. Ça fait beaucoup de variations possibles : 48 arrangements différents des préconditions et des opérateurs présentés par David Chapman [30] pour le minuscule problème[13] de la figure 1 ! Et les procédures de planification, qui ne considèrent qu'une formule à la fois, y sont très sensibles : la taille de l'espace construit varie facilement de 1 à 10 (légèrement plus de deux fois pour le problème de la figure 1) ! Bien sûr, on touche là du doigt la notion d'heuristique.

Toute mathématisation de la planification de type Strips devra prendre en compte ces variations. Sans compter la complexification possible qui consisterait à considérer plus d'une formule à la fois, comme le fait par exemple la planification par chaînage avant des opérateurs : on commence par choisir un opérateur dont les préconditions font partie de l'état initial du problème, puis on ajoute les formules de la liste d'ajout de ces opérateurs et retranche les formules de la liste de retrait, pour obtenir un nouvel état ; et ainsi de suite. Ce mode de planification considère toutes les préconditions à la fois. Voilà un exemple de particularité de la planification, à mon avis, pour laquelle les travaux actuels sur l'acquisition de connaissances en planification [109, 84] passent complètement à coté.

Pour cette question 6, je me suis vu obligé de laisser tomber les ensembles, de prendre en compte des morphismes et des ouverts basés sur ces morphismes (lisez "des recouvrements"), le tout classifiant des espaces en fonction de l'ordre (partiel dans le cas général) considérant ces ouverts, j'ai finalement posé mes valises dans le bureau de la théorie des catégories ; j'y ai entamé une collaboration avec Jacques Penon, spécialiste des (quasi-)topos [87]. Cette collaboration a pour l'instant usé beaucoup de craies mais nous a chacun beaucoup rapproché de la terminologie de l'autre. Mis à part une réponse à la question 6, on peut attendre de cette collaboration : (i) une uniformisation de la présentation des planificateurs (construisant des objets dans l'espace d'états, des plans partiels ou ailleurs et pas forcément basés sur une représentation ensembliste d'un plan, et qu'ainsi un plan ne puisse se réduire à une action) ; (ii) l'expression du travail global de construction d'une solution d'un planificateur sous la forme d'une fonction traduisant les choix locaux de plusieurs stratégies de constructions efficacement mélangées ; (iii) la classification, sous une forme topologique (i.e. de distance) d'un ensemble de telles fonctions globales ; et (iv) un codage informatique en prenant les trois points précédents comme des spécifications, à la manière de [93].

Ces attentes mathématiques referment ici le capot recouvrant les techniques internes de la planification de type Strips, que j'avais ouvert avec la question 2.

Question 7 *Que peut-on tenter de plus dans l'observation et la théorisation d'un planificateur ordinaire ?*

---

[13] Voilà comment on arrive à 48. D'abord, il y a deux opérateurs. Le premier possède 3 préconditions et le second 2. Il y a donc 6 permutations possibles pour l'ensemble de 3 préconditions et 2 pour celui contenant 2 préconditions, ce qui fait 12 ordres différents au total. Mais on peut aussi permuter le premier opérateur avec le second, et l'on a alors 12 ordres supplémentaires. Nous en sommes donc à 24. En considérant les deux formules décrivant l'état final, on obtient une seconde permutation (i.e. une supplémentaire) des 24 que l'on a déjà, ce qui nous en fait 48. Pour, par exemple, 5 procédures de planification différentes cela fait 240 (!!!) fichiers différents contenant des informations sur l'espace des plans partiels construits durant la recherche de 2 malheureuses solutions ; car vous conviendrez avec moi de la banalité de ce problème.

Une fois le capot fermé, le moteur devenant invisible, un planificateur devient une boîte noire. Il ne reste plus (naturellement ? Trivialement ? Ordinairement ?) que ce qu'il consomme et ce qu'il rejette dans son environnement à se mettre sous la dent. Le planificateur ordinaire, comme sujet d'étude, se voit au travers de l'égalité suivante :

`planificateur_de_type_`STRIPS (entrées) = sorties

Toutefois, on ne peut pas s'arrêter là aussi facilement : ce qui rentre et ce qui sort, on l'a déjà évoqué avec les combinaisons possibles des opérateurs et de leurs préconditions, en rapport des plans que l'on pouvait construire selon les chemins empruntés. L'éloignement s'impose. Pour ce faire, on va carrément changer de point de vue : tout d'abord, on était resté du coté de la barrière symbolique en parlant d'arrangements de formules, de buts et d'opérateurs, alors on va maintenant aller voir du coté du numérique ; ensuite, on regardait le fonctionnement de manière incrémentale, entrailles ouvertes, alors on va rendre l'incrémentalité et le processus même (la planification), anonymes :

Question 8 *Quels signaux définir dans le cadre de la planification de type* STRIPS *?*

J'emploie le mot *signal* pour indiquer d'une sortie *signale* une entrée par un intermédiaire dont le contenu nous est invisible : un `planificateur_de_type_`STRIPS. Tout comme entre les deux fils d'une prise de courant, la différence de tension lue sur le voltmètre signale un intermédiaire invisible : la génération d'électricité.

Quoi de plus anonyme (lisez "de plus ordinaire"), qu'un signal ? De plus, un signal a l'avantage de s'accomoder d'une visualisation, ce qui nous permet de nous retrouver au niveau de la question 3. La question que l'on vient de poser traduit les demandes du paragraphe qui la précède. J'ai donc développé des outils permettant de faire une analyse numérique du travail, préalablement numérisé, de la construction de plan : une sorte de multimètre pour planification [68].

J'obtiens, je fabrique, un signal dans le cadre de la planification de type STRIPS, en définissant une application attribuant un nombre à chaque plan de l'espace des plans partiel construit au cours de l'activité de planification. On visualise le signal en visualisant la courbe définie par l'application : En abscisse on peut voir le numéro de construction d'un plan partiel, ou encore plus simplement (lisez "anonymement" ou "ordinairement") le temps ; et en ordonnée, on a le nombre qui vous convient. Car, simple comme bonjour, il suffit effectivement pour obtenir un signal de choisir n'importe quel nombre qui vous convient. J'en ai choisi deux :

1. Le pourcentage de préconditions satisfaites (voir la figure 3), que j'ai choisi car je voulais rendre compte du concept de solution qui correspond à 100% des préconditions satisfaites,
2. Le facteur de branchement (voir la figure 2) que j'ai choisi parce que cela m'énervait que le système informatique très diffusé implantant la procédure de planification nommée `UCPOP` renvoie un facteur de branchement moyen après chaque runtime généralement aux alentours de un[14].

---

[14] Ce qui arrive à coup sûr dès que l'on compte les feuilles de l'arbre de recherche, feuilles dont le nombre augmente exponentiellement avec la taille du problème ; la courbe sur le facteur de branchement de la figure 2 vient illustrer l'effet d'un tel mauvais comptage, avec une valeur moyenne indiquée par la droite horizontale de couleur verte, d'ordonnée quasiment égale à 1.

L'obtention de ces courbes rentre dans des considérations pratiques qui dépendent du système de planification à sa disposition, et que je n'aborderai pas ici ; et alors tout commence dès qu'une courbe pointe le bout de nez :

Question 9 *Comment analyser les signaux définis dans le cadre de la planification de type* STRIPS *?*

La présentation du package Mathematica [68] qui vient avec `Pweak` contient une brève description ainsi qu'une mise en œuvre des fonctions du package Mathematica que j'ai développé pour tenter de répondre à la question ci-dessus. Ce package existe grâce à Jacqueline Zizi.

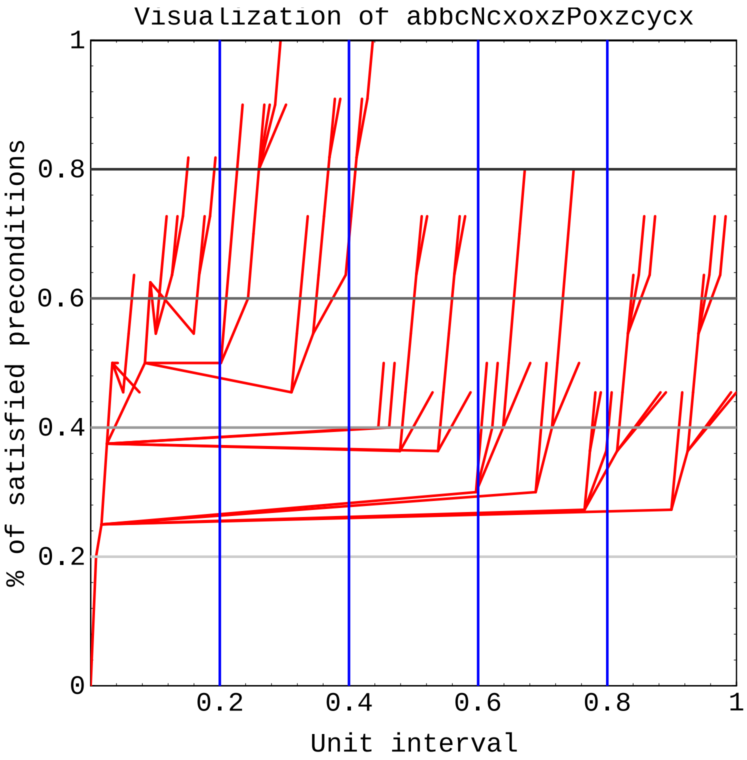
Rapidement, ces fonctions rendent compte d'un fait que je trouve maintenant trivial : les espaces de recherches construit par des procédures de planification de type STRIPS exhibent la propriété de similarité statistique. En d'autres termes, les signaux récupérés à partir de ces espaces ont des propriétés fractales.

> Je ne vais pas m'épancher là-dessus ; je vais juste vous expliquer pourquoi.
> Supposez une suite de variables $x_1, \ldots, x_n$, chacune pouvant prendre une valeur entière entre 1 et 10. Supposez maintenant qu'on cherche une valeur pour chacune de ces n variables ; on procède par énumération en donnant d'abord une valeur à x_1, puis à x_2 et ainsi de suite, en vérifiant à chaque fois que les valeurs données satisfont une fonction objective (lisez, par exemple, "un critère de vérité"). Mais voilà que, par exemple, il n'y a pas de solution pour $x_4 = 4$, par incompatibilité de x_8 avec cette valeur : on aura beau assigner toutes les valeurs entières de 1 à 10 à x_8, il y aura échec. Cette similarité dans l'échec donne lieu à la similarité d'un espace de recherche ; et symétriquement pour la similarité dans le succès. Par conséquent, on peut parler d'auto-similarité, statistique ou pas, des espaces de recherche de la planification parce que la procédure de planification, confrontée à la résolution d'un problème de planification, fait beaucoup de fois la même chose. Je veux dire : la même chose du point vue d'un pourcentage de préconditions satisfaites. Le pourcentage rendant les préconditions anonymes, muettes, on ne peut donc rendre compte que du travail de satisfaction de ces préconditions, et que de l'ordre dans lequel ce travail est effectué.

Cela amème à considérer les procédures de planification pour lesquelles l'ordre de satisfaction des préconditions joue un rôle sous l'angle du chaos : la simple permutation de deux préconditions peut nettement changer à la fois la forme et la taille du signal. La figure 3 illustre ce cas pour l'anomalie de Sussman. On peut rétorquer qu'en fait, la définition d'un problème devrait aussi prendre en compte l'ordre d'apparition des préconditions. Mais alors on loupe la similarité statistique. Car cette similarité, on l'obtient justement en considérant les permutations des préconditions des opérateurs d'un même problème. On peut classer les différents signaux enregistrés par leur probabilité qu'ils contiennent un point avec un certain pourcentage de satisfaction : deux courbes, bien que d'allure et de taille différentes, possèdent statistiquement les mêmes points.

Le package Mathematica [68] contient donc à la fois des fonctions qui ont pour simple objectif de visualiser des signaux et des fonctions plus adaptées à l'analyse de ces signaux. Le calcul de la dimension fractale se fait à partir d'algorithmes de comptage de boîtes [41, 108]. La pente d'une droite reliant le maximum de points de comptages de boîtes, selon la taille de ces boîtes, donne la dimension fractale ; la figure 4 illustre l'alignement de ces points. Par conséquent,

Je tente actuellement de concevoir la réponse à la question 9 autour du thème de la fractalité et de l'auto-similarité de la construction de plans de type STRIPS.



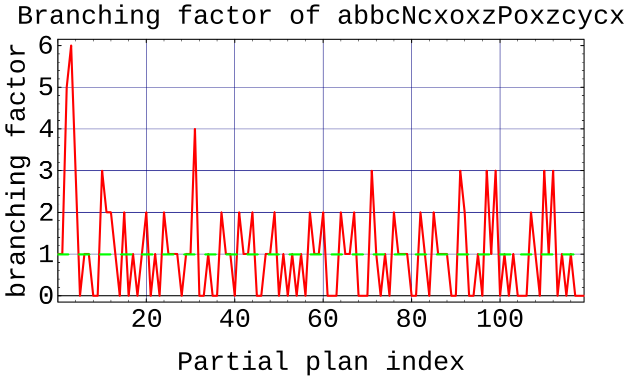


Figure 2: L'espace de recherche présenté comme un arbre de recherche et facteur de branchement associé, tous les deux dans l'ordre de construction des plans partiels pour la même instance du problème de la figure 1 dont le titre "abbcNcxoxzPoxzcycx", tente de rendre compte de l'ordre des préconditions à satisfaire. . .

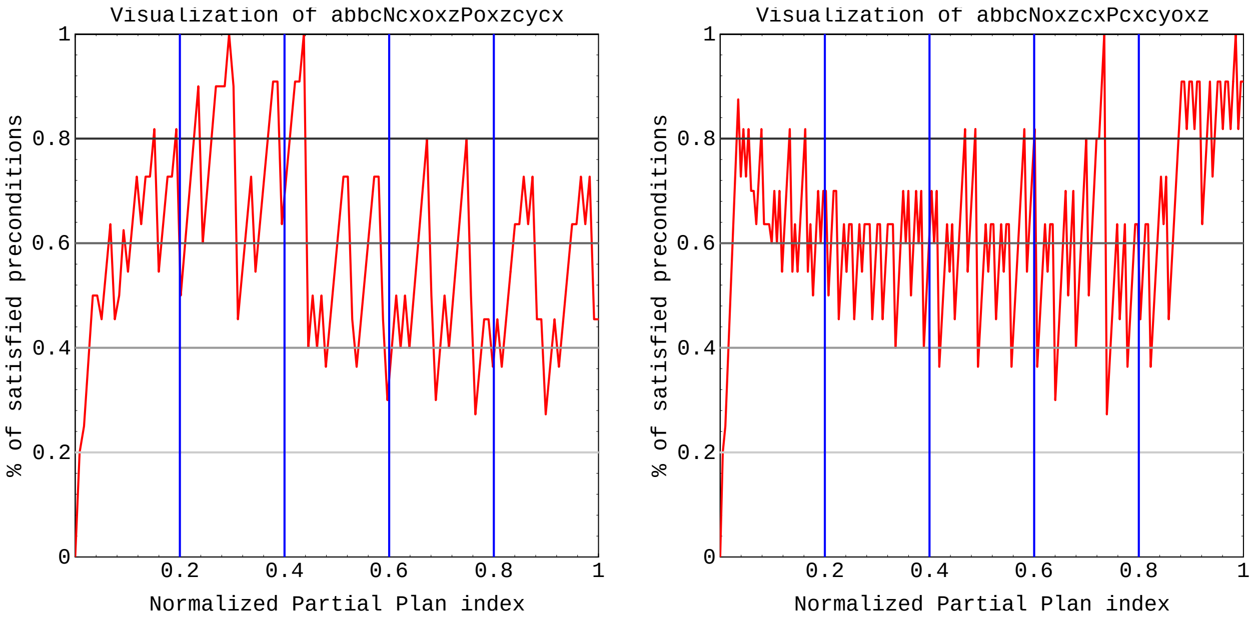


Figure 3: Toujours pour nos trois cubes. Deux jeux de préconditions ordonnées différemment (les titres au dessus des graphes tentent d'en rendre compte) ; apparement classique et bien connu. Maintenant visualisés avec une certaine perplexité.

> On exhibe les propriétés fractales d'un signal pas uniquement avec les algorithmes de dimension de boîtes, mais aussi en utilisant les ondelettes [17]. Bien qu'ayant sérieusement secoué la chose plusieurs fois avec Emmanuel Bacry [9, 11], je n'ai pas encore mis mes signaux à l'épreuve de ses méthodes, sans raison autre que l'envie de faire le tour des méthodes de comptage boîtes, plus classiques, avant de passer à son analyse des fractales à l'aide des ondelettes, tout de même moins facile à appréhender (et aussi parce que j'attends toujours la diffusion électronique de son code).

Toutefois, une fois convaincu de ces caractéristiques fractales des signaux obtenus, la question suivante se formule immédiatement :

Question 10 *Que faire de l'information sur la fractalité d'un signal obtenu lors de la construction d'un espace de recherche par une procédure de planification de type* STRIPS *?*

La caractéristique d'auto-similarité d'un signal fractal définit le cadre la réponse à cette question :

Utiliser l'invariance d'échelle [75] due à la fractalité pour faire de la prédiction [97].

La dimension permet donc de prédire des informations sur un espace de recherche, indépendamment de la taille du problème. En particulier, le nombre de points du signal reliant la dimension fractale à la taille de l'espace de recherche, on peut ainsi prédire la taille des problèmes. De même peut-on prédire la position de la solution, au moins dans le cas où, par exemple, la solution correspond au dernier point du signal, lui-même correspondant au dernier objet construit dans l'espace de recherche. Utiliser seulement le nombre de points du signal, ou encore le nombre d'objets construits, comme outil de prédiction ne va pas sans poser des problèmes. En effet, la fractalité donne l'allure générale à un

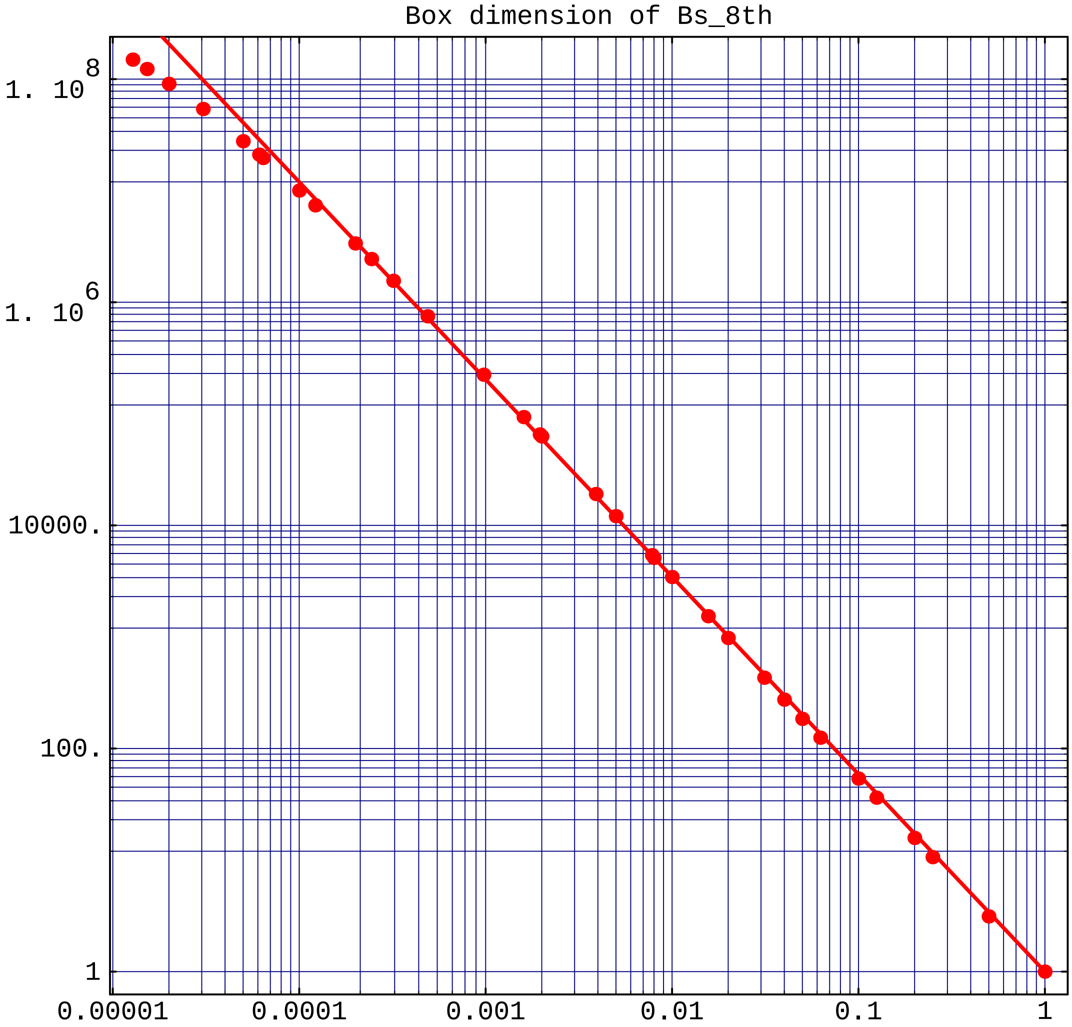


Figure 4: Diagramme log-log du nombre de boîtes englobant selon leur taille une courbe de pourcentage (comprenant 63500 points) de préconditions satisfaites, correspondant à la construction d'une tour de 8 cubes ; la pente de la droite donne la valeur de la dimension fractale : 1.77. Que dire de cette valeur ? En fait, elle reflète l'allure de la courbe dont elle est la dimension : tourmentée.

arbre de recherche : celle de l'auto-similarité, indépendante d'une forme et d'une échelle particulière, selon la valeur de la dimension. Peu importe si, pour des échelles supérieures, on voit quelques branches pousser ici ou là : la dimension fractale ne doit pas en varier pour autant, alors que le nombre de points du signal se trouve bizarrement affecté de ces jeunes pousses et reste ainsi un outil de prédiction peu précis.

La question 10 termine mes aventures dans le monde ordinaire du cadre de la planification de type STRIPS : celle-ci termine en effet mon entreprise de banalisation de ce type de planification par la construction (et la distribution) d'outils logiciels (`Pweak` et son Package d'analyse de signaux) permettant à n'importe quel chercheur du domaine d'aborder cette planification le plus ordinairement possible, c'est-à-dire en profitant de ces outils et de leurs fonctionnalités. L'existence de ces outils doit s'interprèter comme leur propre limite : ils doivent être utilisés.

Interactions Les réunions du groupe de travail sur la planification du PRC-IA ont dévoilé l'éclatement géographique de ces français que la planification intéresse. J'ai en effet régulièrement échangé des informations avec plusieurs personnes de ce groupe et co-écrit avec certains (Philippe Morignot et Sylvie Thiébaux [60], Fred Garcia et Pierre Régnier [46]) ; mais je ne peux pas dire que j'ai collaboré comme on peut l'entendre habituellement. D'abord parce que jusqu'à maintenant il n'y a eu aucune collaboration autre que des réunions annuelles que les contraintes géographiques n'ont jamais facilité ; et ensuite parce que les centres d'intérêts de chacun dans le domaine de la planification, se distribuent tout autant que les positions géographiques. Mes collaborations reflètent donc la proximité géographique des personnes se posant (ou s'intéressant à) des questions équivalentes dans un autre domaine que celui de la planification. J'ai ainsi collaboré avec Michel De Glas, à propos de la question 6 ; ceci a donné lieu à un article [40] montrant ce qu'il faut faire pour intégrer l'incertitude dans les descriptions d'action de type STRIPS, intégration qui permet de faire passer l'espace des plans partiels du discret au continu. Cette intégration permet de raisonner sur l'action *et* les états alors que les modélisations actuelles utilisant les chaines de Markov, très en vogue, ne s'intéressent qu'aux états. À ce propos, la balle se trouve dans mon camp pour la conception d'une procédure de planification digne de ce nom. Je collabore (je veux dire, une réunion un peu plus d'une fois par mois avec un ordre du jour plutôt précis) avec Jacques Penon depuis janvier 1995, mais cela n'a pas encore donné lieu à une publication. Malgré l'éloignement, j'ai réussi à échanger des informations assez régulièrement avec Bertram Fronhöfer, rencontré grâce à sylvie Thiébaux lors d'IJCAI-93 à Chambéry, sur les problèmes engendrés par l'utilisation de la logique pour faire de la planification (également dans ce cadre, je suis toujours en contact avec Olivier Bartheye, qui a bien souffert de l'inexistence d'une communauté planification en France, depuis 1994) ; cela depuis mon invitation, de la part de Bertram Fronhöfer à Munich, fin 1993. Toujours géographiquement localement, ma collaboration avec Jean-François Puget et Claude Le Pape à propos des critères de vérité se trouve recensée dans ma thèse de troisième cyle [63].

Au rythme des activités manipulatoires : la planification quotidienne

> It is actually impossible in theory to determine exactly what the hidden mechanism is without opening the box, since there are always many different mechanisms with identical behavior. [. . .] A psychological consequence of this is the following: when we analyze a mechanism, we tend to overestimate its complexity.
>
> Valentino Braitenberg [14, page 20] (1984)

Repartons de la question 1 sur l'utilité de la planification et laissons de côté ce qui précède sur la planification de type Strips. Dirigeons nous maintenant vers une planification qui se trouve au coin de nos activités quotidiennes.

Après tout, pourquoi s'intéresser plus à des planificateurs ordinaires qui fonctionneraient sur une machine qu'à des planificateurs ordinaires qui fonctionneraient sur un humain ?

Eh bien parce qu'a priori, il n'y a pas de planificateur qui fonctionne sur un humain ; enfin, jusqu'aux dernières nouvelles. Et puis aussi parce qu'il n'existe pas de laboratoire de planification. Il existe des laboratoires d'informatique, d'intelligence artificielle, de psychologie, etc. Mais pas de planification, où l'étude, quotidienne, ordinaire, porterait sur (potentiellement) tout ce qui (potentiellement) planifie. En fait, pour les humains, on discute de la structure du comportement [79] ; et l'on caractérise la planification comme justement une fonction de ce comportement. Toutefois,

Question 11 *Comment pourrait-on formuler un empêchement à l'étude du comportement d'un humain et de sa structure en des termes de planification ?*

Eh bien, à relire le point de vue de Phil Agre [4] à propos de cette question, il me semble qu'on ne puisse plus formuler un tel empêchement, et ce en raison de l'acquisition du mot Plan (avec une majuscule) et de son icônification par la communauté en intelligence artificielle des années 60 [80]. Bien sûr il existe des alternatives et des oppositions ([22], que vous trouverez ci-après, présente une histoire comparée de ces courants), mais cela n'empêche rien. Le mot Plan reste une icône, et en allant au bout de ce constat, on en arrive à se demander pourquoi il n'existe pas de laboratoire de Planification (avec une majuscule) ? Il semble de plus que le mot plan se place en haut de la hiérarchie des représentations, au moins en terme d'expressivité : cela suffit de parler de plan à propos du comportement humain structuré, surtout quand on parle de résolution de problème ; et cela suffit également pour un système d'IA. Mais est-ce bien nécessaire ? En s'accordant avec [5] : le problème vient de ce que le mot "plan" peut recouvrir à peu près n'importe quelle activité pour peu qu'on le désire : la réponse à la question 11 se formule donc, a priori, par la négative. Mais vaut-il la peine d'introduire le Plan et sa complexité, ses hiérarchies, ses niveaux de détail, sa temporalité, etc, pour n'importe quel comportement ? Et ceci tout en gardant à l'esprit que si jamais ce n'en vaut pas la peine, alors, dualement, pour quels comportements cela en vaut-il la peine ?

C'est ainsi que je réponds à la question 11 par une autre question :

Question 12 *Dans quelles conditions peut-on appauvrir la formulation du comportement d'un humain ?*

D'une façon certaine, cette question ne se fait que l'écho du point de vue de Valentino Braitenberg, et induit immédiatement les deux demandes suivantes : (i) peut-on trouver une représentation suffisante mais aussi nécessaire du comportement humain ? Et donc (ii) dans quelles conditions y-a-t-il suffisance et nécessité ?

Question 13 *Quelles sont les conditions de la nécessité de la planification ?*

Je tiens d'abord à rappeler que je n'ai pas posé cette question à la suite de la question 1 sur l'utilité parce que je tenais alors à considérer les planificateurs de type Strips, avec l'éclairage que ceux-ci donnent au mot Planification (avec une majuscule), comme des objets ordinaires que l'on trouverait quotidiennement au coin de son disque dur. Ainsi le constat de leur existence récrit leur nécessité comme veut le rappeller la citation de Valentino Braitenberg.

> Ceci dit et comme précédemment, il faut bien comprendre qu'on peut ne pas invoquer la pertinence des travaux de Jean-Michel Hoc [56] sur la question de la fonction des plans ; d'ailleurs, comme je l'ai écrit plus haut, ni Michael Bratman [15] ni Lucy Suchman [106] ne remettent en cause la notion de plan. Non. Je questionne ici l'existence d'une activité dédiée à la construction de plans, préalable ou non à l'activité, mettant en jeu des représentations d'actions et des contraintes temporelles : l'action nécessite-t-elle la construction d'un plan ? Et voilà encore une reformulation de la question sur l'utilité, cette fois dans le cadre de la nécessité, mais avec l'expression du besoin de la construction. À cette nécessité, l'évidence de la négative s'impose lorsqu'on accepte la qualification d'action réflexe [63]. Pour les autres actions, en acceptant de multiples facettes[15]au concept d'action, la question reste ouverte ; au moins jusqu'à maintenant.

Pour pouvoir finalement s'approcher d'une réponse à la question 13, Bernard Conein et moi avons cadré cette question 13 de manière à avoir des données regardables, à défaut de pouvoir les interroger :

Question 14 *Comment appauvrir la représentation d'une activité manipulatoire réalisant des objectifs mettant en jeu des outils ?*

Pour répondre, le premier enjeu est d'exhiber des formats de plans qui permettent de décrire (documenter) une activité, et en particulier une activité manipulatoire. Bien évidemment on prend garde de mettre les données de son coté : on s'intéresse à la confection d'une tarte aux pommes, confection qui peut se voir sans trop de déformations à travers le prisme d'un plan. Pour ce faire, il suffit par exemple de voir la recette de la tarte comme la première description de l'activité.

La documentation classique d'une activité, particulièrement lorsque celle-ci peut se vanter de correspondre au comportement organisé d'un opérateur (ici la confection d'un plat par une cuisinière ayant l'habitude de réaliser ce plat), se fait par une description des actions (la réponse de l'opérateur à la question de l'observateur : "mais, que faites-vous ?") qui composent l'activité. On parle alors de verbalisation.

Or il est clair que la description des actes subit potentiellement la tyrannie du détail ; et que si les questions se font plus précises pour échapper à la variabilité de la description alors l'observation influence (bien trop) la documentation. Par conséquent, l'enjeu de la détermination des formats de description d'une activité se retrouve dans la non-intervention ; ou, plus pratiquement, dans l'intervention la moindre possible. Une description "compacte" de l'activité offrant l'avantage de s'insérer le moins possible entre l'opérateur et sa tâche fait donc aussi partie des objectifs, comme exprimé dans l'exergue qui précède.

La figure 5 qui suit, dessin tiré d'enregistrements vidéos, montre une vue d'ensemble de l'espace de travail, sans l'utilisateur de cet espace. Cette étape permet de rendre compte de l'organisation de l'espace de travail avant l'entrée de l'opérateur et est considérée comme un état initial. Ce dessin reflète ici une cuisine parmi celles que nous avons filmé. Tous les objets nécessaires à la réalisation de la tarte aux pommes tiennent sur la table de travail où se trouvent les pommes dans le dessin en perspective. Pourtant, au cours de la réalisation de la tarte aux pommes, ils ne s'y trouvent pas tous en même temps, certains apparaissent bien avant leur utilisation ; la cuisinière en éloigne certains, en regroupe d'autres et en oriente encore d'autres avec soin.

Question 15 *Dans le cadre de la confection d'un plat, comment ces mouvements, ces associations d'objets, peuvent servir pour décrire l'activité de la cuisisinière ?*

---

[15] Et lesquelles ? Car personne ne peut dire que l'étude et la discussion de la variabilité du concept d'action sous la forme de facettes enflamme l'actualité de l'IA.

Vient en deuxième enjeu la mise en situation de l'opérateur pour la réalisation d'une tâche. La figure 6 illustre bien la position très particulière de la cuisinière. Cette cuisine (différente de celle de la figure 5) ne laisse pas beaucoup de place à la cuisinière : les objets ne tiennent pas tous sur la table et la cuisinière en déplace certains dès que possible comme, par exemple, la balance. Enfin, les objets proviennent de trois tiroirs différents dont un pose des difficultés d'accès (près du sol, presque complètement caché par la table) :

Question 16 *Dans le cadre de la confection d'un plat, comment l'organisation, la division, de l'espace de travail peut-il rendre compte de l'activité de la cuisinière ?*

Bien évidemment, l'importance des objets ne doit pas vous faire commettre l'erreur de ne voir qu'eux, comme la figure 7 peut le laisser entendre. Mais dans une tâche manipulatoire, les objets manipulés forment le canal de communication entre l'opérateur et l'espace de travail :

Question 17 *Dans le cadre de la confection d'un plat, comment les relations spatiales entre les objets manipulés reflètent l'organisation de l'activité ?*

Par exemple, que reflète, en termes de construction de plan, puisque nous désirons utiliser ces termes pour décrire l'activité, l'alignement d'objets ? Le regroupement d'objets, avant, entre et après leur utilisation ? Leurs différentes mises à l'écart ? Etc.

Il faut bien garder à l'esprit que, prospectivement, les objets ne possèdent pas de relations spatiales prédéfinies, bien que la cuisinière les utilisera pour réaliser son plat. Et cela se retrouve pour des tâches manipulatoires très diverses.

Pour illustrer ce propos, permettez-moi d'utiliser le jeu vidéo Iceblox, dont les éléments graphiques sont présentés en la figure 8, comme les objets de la cuisinières peuvent l'être dans la figure 7.

La simple énumération des éléments qui participent à Iceblox ne suffit pas pour juger des constructions spatiales possibles entre ces différents éléments, bien que ceux-ci aient de très fortes contraintes dans leur utilisation. En effet, Iceblox n'offre que 6 actions différentes au joueur : (i) aller à gauche, (ii) à droite, (iii) en haut, (iv) en bas, (v) pousser un bloc de glace et (vi) ne rien faire ; ainsi les éléments graphiques de la figure 8 apparaîssent selon ces actions et leurs enchaînements. Les relations spatiales a priori inexistantes et en tout cas invisibles à l'offre des actions possibles du joueur, sont pourtant bien celles que le joueur construira au fur et à mesure du jeu, de son maniement de sa mannette de jeu, et jusqu'à l'écriture de son nom au tableau des scores, et peut-être à la première ligne de ce tableau, si son score est meilleur que tous les précédents.

Justement, dans l'hypothèse de la planification zéro où il n'y a ni construction d'un plan ni prédiction de l'activité à partir d'un plan préalablement construit, comment atteint-on le meilleur score ? Le courant de l'activité située fait l'hypothèse que les routines du joueur, associées au but de faire le meilleur score, suffisent. Ceci est rendu possible parce que par définition (ou hypothèse ?) des routines, on ne peut ni les interrompre ni les extraire par introspection pour les décrire (ce qui signifie pour ce qui nous concerne que la verbalisation ne servirait à rien, justifiant ainsi, a posteriori, une ethnographie au moyen de la vidéo et une description de la tâche obtenue autrement que par le recensement actions entreprises, après une verbalisation du joueur). Si on ne peut pas interrompre les routines alors mieux vaut les mémoriser de la manière la plus compacte à notre disposition. Et si on ne peut pas les extraire (au sens "expliquer" de cette mémoire où on les mémorise) alors elles ne pourront pas servir pour prédire l'avenir. Grâce à ces deux caractéristiques, le courant de l'action située se trouve hors de la planification (tout en laissant l'aspect symbolique de l'affaire de coté). L'hypothèse de la planification zéro induit donc un encodage des routines comprenant des constructions spatiales permettant de réaliser les actions a priori impossibles. Par exemple : (i) pousser un bloc de glace

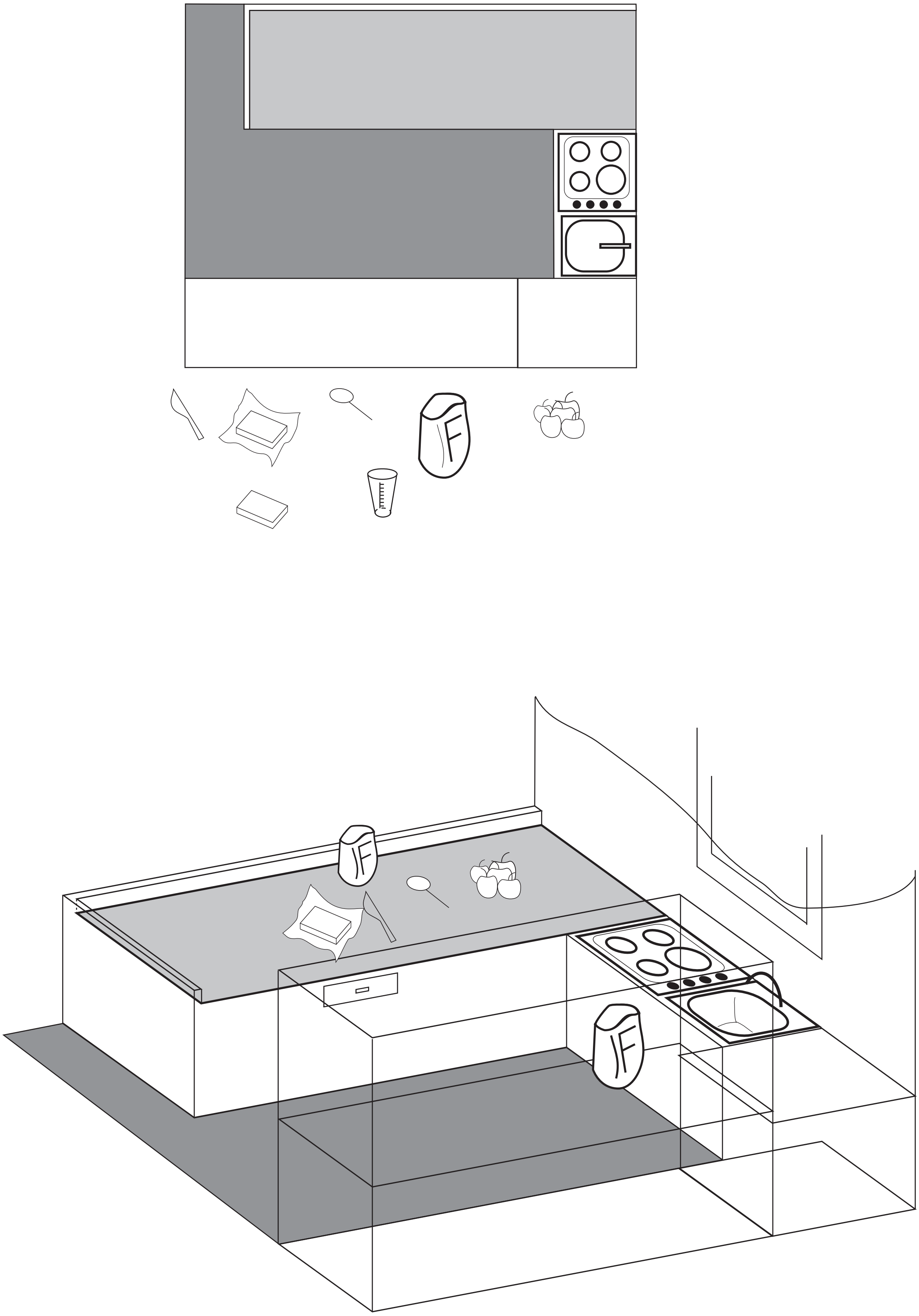


Figure 5: Une cuisine avec des objets, mais sans l'utilisateur.

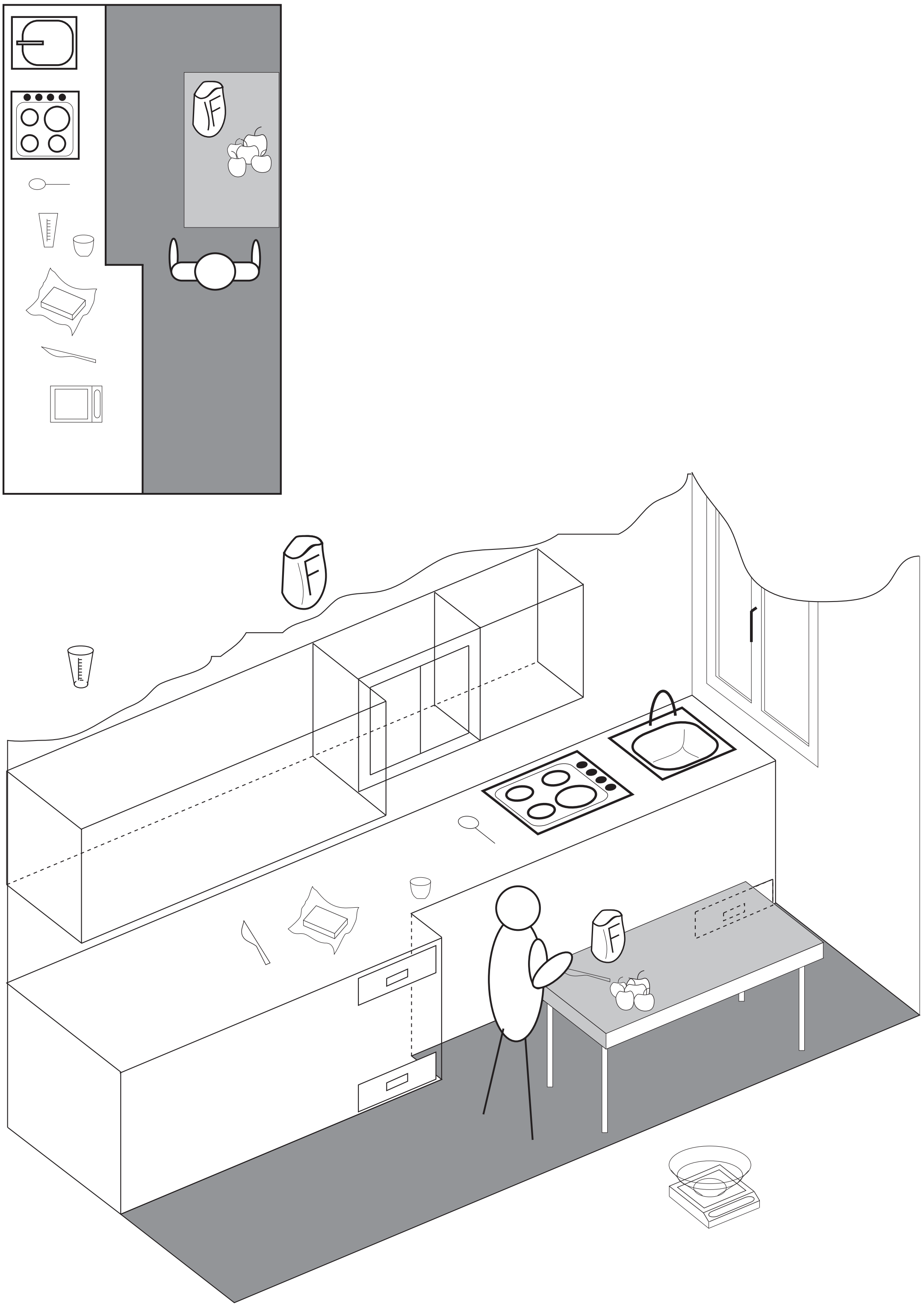


Figure 6: La cuisinière dans sa cuisine avec ses objets.

Figure 7: Des objets pour la confection d'un plat, mais pour quelles relations spatiales exprimant le contrôle de la cuisinière sur son activité ?

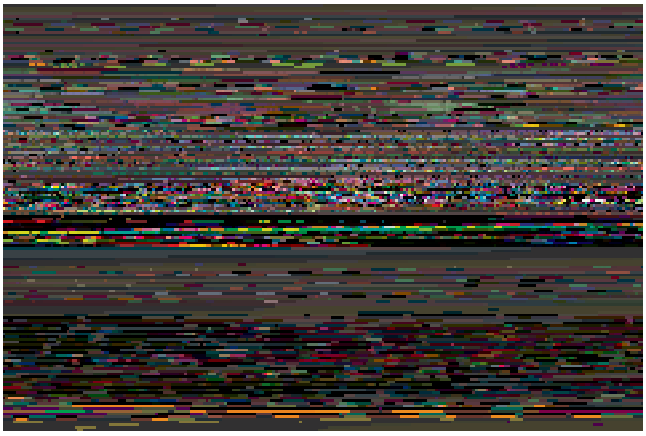


Figure 8: Tous les éléments graphiques d'un jeu vidéo (les personnages avec leurs positions intermédiaires), mais avec aucune relation spatiale prospective entre ces éléments.

pour écraser un feu (et gagner 50 points), (ii) pousser un bloc de glace contre un autre, plusieur fois, pour le briser et récupérer les pièces d'or ou encore (iii) pousser plusieurs blocs de glace pour bloquer les feux dans un labyrinthe. Les relations spatiales entre les éléments manipulés par le joueur (dont, finalement, le pingouin fait partie) séquencent plusieurs des six actions de bases pour constituer la macro-action, i.e. la routine, désirée. Mais pour en rester là, appelons-les des routines et n'en parlons plus.

Ainsi, pour invoquer le plan comme moyen d'inscrire son nom à la première ligne du tableau des scores, on peut subjectivement invoquer les routines comme résultat d'une activité de compilation d'un plan préalablement construit, au moins dans ses grandes lignes. Mais je ne connais pas de données venant justifier cette subjectivité. On peut malgré tout décrire, documenter, une construction de plan au fur et à mesure de l'activité, mais celle-ci s'exhibe par des constructions de relations spatiales, très éloignées des calculs symboliques de la planification de type STRIPS. Ceci justifie a posteriori le développement de planificateurs très simples [7] (lisez "n'utilisant que des formules de la logique propositionnelle"), dédiés par exemple à la confection de plat, et encodant des structures habituellement laissées de coté : plus d'objets (cette fois-ci à l'opposé de [7]) *mais* des relations, ici spatiales, entre les objets.

Dans le cadre des tâches manipulatoires comme par exemple la cuisine ou le rangement d'un bureau, j'enracine la construction de plan dans la construction de relations spatiales entre les objets manipulés au cours de la réalisation d'une tâche manipulatoire. Cette planification se fait au cours de la réalisation, de l'exécution, de la tâche.

Cette planification rend compte de la tâche de manière économique en ce sens qu'elle focalise la description d'actions de modifications de relations spatiales entre les objets. Dans le cadre de telles activités manipulatoires, ces descriptions très appauvries permettent d'envisager la nécessité de la planification, sous l'hypothèse qu'il est impossible de faire moins pour décrire la tâche.

Cet appauvrissement, qui fait disparaître le manipulateur au profit des objets qu'il manipule, donne un accès général à la réponse à la question 13 :

Le degré zéro de la planification s'obtient en ne considérant pas l'acteur de l'activité manipulatoire.

C'est ainsi que, dans le cadre du rangement quotidien de bureau, Bernard Conein et moi nous avons considéré les piles et les dossiers pour décrire cette activité [26] en tentant d'oublier l'occupant du bureau.

Interactions Tout ce qui précède se rapporte à ma collaboration avec Bernard Conein, qui a débuté en 1992 et a donné lieu, à travers deux projets de recherches financés (l'un, dès 1992 par le MRT [25] et l'autre, en 1996, par EDF [26]), à des publications [21, 22, 24, 27, 28] et des présentations invitées [20, 23, 59, 29]. Bien des séances de travail se déroulèrent aussi avec les regards extérieurs de Phil Agre, Francesco Cara, Ed Hutchins, David Kirsh et Don Norman.

Comme trois petits points (en guise de conclusion)

Non, les opérateurs de type Strips ne finissent pas par se marier avec l'unification de formules pour avoir pleins de petits planificateurs : leur existence ne doit qu'aux péripéties des financements dont on a perdu depuis longtemps une trace des motivations initiales. Ainsi, je vois mal pour l'instant comment y échapper : si vous voulez faire du Strips, il n'y a qu'à prendre un air surpris lorsque vous en voyez les fichiers dans un répertoire de votre disque dur.

Présentée par Herbert Simon [101][16], l'intelligence artificielle poursuit le but (général) de contruire des programmes informatiques capables d'exhiber de l'intelligence, naturelle (lorsqu'il y a volonté de copier ce qu'un humain fait) ou construite (inventée et non copiée), et d'aider l'homme dans une tâche. De plus, ces programmes devraient pouvoir s'étendre facilement (à des cas de plus en plus importants) et se comparer tout aussi facilement à d'autres programmes ou aux performances humaines.

Actuellement, la planification ne peut s'insérer dans cette présentation que pour la comparaison de performances entre planificateurs qui exhiberaient de l'intelligence construite[17].

Car tout d'abord si la planification pour la construction de plans existe, on a là affaire à une activité humaine bien cachée (lisez "que l'on peut mettre à jour, mais avec une complète reconsidération de la notion d'action comme transformation par états — voir le travail autour des tâches manipulatoire décrit précédemment"). Et ensuite, les performances des systèmes actuels n'appellent pas à des applaudissements.

Bien sûr le progrès allant, on peut s'attendre à ce que les performances s'améliorent. Mais en toute objectivité, cela reste à démontrer : il se peut très bien que la technologie actuelle ne permette pas du tout d'obtenir des performances utiles et qu'il faille attendre la découverte de quelque chose d'autre pour enfin avoir le sourire. Tout comme le contraire.

Je désire retenir qu'en fait, tout reste à faire : il reste à étudier encore plus et encore mieux les activités humaines sous l'éclairage de la planification ; et il reste encore à développer (i) des systèmes d'aide et (ii) des systèmes qui "planifient" comme les humains. Sans compter ceux qui planifieront autrement.

---

[16] Je considère cette présentation de l'IA comme une hypothèse, un point de départ, à ma brève réflexion sur le statut de la planification ; je ne désire pas ici la remettre en cause, ni discuter sa validité.

[17] J'aurais sans doute dû mettre des guillements autour de ce mot, car je ne vois pas encore de raisonnement clair et reproductible dans cette construction.

Et puis, si les planificateurs étaient programmés comme des jeux-vidéos ou encore si toute l'énergie pour battre le champion du monde d'échecs était concentrée sur la planification, peut-être auraient-ils les performances attendues. Mais peut-être pas.

> Nous comprenons maintenant, à la fin de ce chapitre, pourquoi si peu de gens lisent des textes scientifiques. Rien d'étonnant à cela ! C'est un dur métier dans un univers impitoyable. Mieux vaut lire des romans ! Ce que j'appelerai *l'écriture de faits* par rapport à l'écriture de fiction limite le nombre de lectures possibles à trois : l'abandon, l'accompagnement, le défi. L'*abandon* est la plus répandue. Les gens abandonnent et *ne* lisent *pas* le texte, qu'ils croient ou non ce que dit l'auteur, soit parce qu'ils sont complètement mis de coté par la controverse soit parce qu'ils ne sont pas intéressé par la lecture de l'article (disons que cela fait 90% des cas). L'*accompagnement* est une réaction rare, mais qui est l'aboutissement attendue par la rhétorique scientifique : le lecteur adhère à l'énoncé de l'auteur et l'aide à le transformer en fait en l'utilisant sans plus le contester (peut-être dans 9% des cas ?). Il reste encore une issue, mais si rare et si coûteuse qu'elle serait presque négligeable si nous n'avions décidé de suivre jusqu'au bout le travail des savants. C'est la réactivation par le lecteur de tout ce par quoi l'auteur est passé. Le lecteur lance alors à celui-ci un *défi*. Cette dernière possibilité reste ouverte parce que tout article scientifique, le mieux écrit soit-il, contient toujours un défaut ; les nombreux moyens qu'il met en œuvre proviennent, affirme-t-il, d'instruments, d'animaux, de modèles, de chose *extérieures* au texte. Le sceptique résolu peut donc tenter de mettre le texte en défaut en interrompant ses lignes de communication. Il sera conduit du texte vers le lieu d'où vient le texte : la nature ou le laboratoire. Ceci est possible à une condition : que celui qui conteste soit équipé d'un laboratoire ou de moyens d'accéder directement à la nature d'une façon plus ou moins similaire à celle de l'auteur. On ne s'étonnera donc pas de la rareté de cette façon de lire un article scientifique ! Il faut soi-même posséder toute la machinerie. Reprendre la controverse, rouvrir la boîte noire est à ce prix, et seulement à ce prix.
>
> Bruno Latour [72, page 146–147] (1996)

"soi-même posséder toute la machinerie"... Je pense avoir essayé de transformer ce point de vue : laisser le soi-même pour aller vers n'importe qui, vers l'ordinaire, en formattant l'outil de recherche comme un outil ordinaire. Bien sûr, il reste que le contenu de cette outil peut se lire comme les trois modes que Bruno Latour indique. Et puis il reste aussi que la planification de type STRIPS daigne bien servir à quelque chose. En plongeant cet ordinaire dans la vie quotidienne, j'ai aussi tenté de mettre la planification au niveau d'un laboratoire dont elle constituerait l'objet d'étude sans la pirouette transformant les planificateurs de type STRIPS comme des objets ordinaires. Cela demande à ce qu'on s'y intéresse, avant, comme conclut Bruno Latour, que cela ne tombe fatalement dans l'oubli.

Informations personnelles

Réalisations

- `Pweak` (Système de simulation de procédures de planification classique ; développé pour l'enseignement de la planification. Implanté en Open Prolog — Macintosh ; utilise menus, boîtes de dialogue et un package Mathematica pour la visualisation et l'analyse de l'espace construit).
- Procédure de planification en logique linéaire en C-Prolog.
- WebPage dédiée à la planification (génération de plans d'actions) en intelligence artificielle (l'adresse actuelle est http://www-poleia.lip6.fr/˜jacopin).

Encadrements

1990 Avec Jacques Ferber : Stage de DEA d'Alexis Drogoul et Christophe Dubreuil (sujet : Résolution de problèmes en éco-résolution).

1991 Avec Anne Collinot : Stage de DEA de Stéphane Desvignes (sujet : Intégration de BB1 et de MVL).

Mars 1997 – Janvier 1998 Avec Jean-Pierre Briot : Encadrement de la thèse de Madeleine Girard dont le résumé du mémoire de thèse est le suivant :

> Étendons la vision actuelle d'un réseau à la proposition d'un ensemble de services non seulement fonctionnels mais également matériels regroupant des composants logiciels, de la puissance de calcul à travers l'hétérogénéité des machines, ou encore des fonctionnalités annexes tels que l'envoi ou la réception de fax, l'impression de documents proposés par différents périphériques. Or ses services, identifiables à des ressources, sont à disponibilité variable au cours du temps ; une adéquation besoins - ressources est donc nécessaire en réponse à un ou à plusieurs services.
>
> Nous proposons une architecture logicielle nommée ADAM ainsi qu'un algorithme d'apprentissage en environnement dynamique appelé K_Learning permettant de concilier composition de services et adaptation à la disponibilité des ressources au cours du temps.
>
> Contrairement aux approches classiques de composition de services se basant sur un séquencement de phases d'agencement, de placement, puis de migration de services (restreints ici à la notion de composants logiciels), nous traitons la problématique de la composition sous forme d'entrelacement de ces différentes étapes par une sélection de composants logiciels en fonction de la qualité de la ressource ; cette qualité, fonction de la disponibilité de la ressource, est le résultat de l'algorithme d'apprentissage développé.

L'adaptation à la qualité des ressources au cours du temps est assurée par la création dynamique de bibliothèques de configurations (compositions déployées sur le réseau) assurant une même fonctionnalité ; ce qui permet, lors d'une exécution, du choix de la plus performante.

L'acquisition des connaissances sur la qualité des différents services ou compositions de services peut être assurée par des algorithmes d'apprentissage classiques, mais ces derniers ne permettent par la remise à jour des connaissances. Or la qualité des services ainsi que la qualité des combinaisons de services varient en fonction de l'exploitation des ressouces, la remise à jour des connaissances au niveau du modèle sur lequel opèrent les algorithmes d'apprentissage s'avère indispensable pour le création des compositions de services. L'algorithme de K_Learning propose la remise à jour des connaissances de manière non exhaustive et contrôlée.

L'algorithme de K_learning est une extension du Q_Learning ; il propose un méta-contrôle des critères de qualité utilisés dans l'algorithme de base. La recherche d'une composition est réalisée par la recherche d'un chemin dans un graphe de combinaisons de compositions (constituant le modèle), résolvant de manière conjointe la composition logique (sélection fonctionnelle de composants logiciels) et la composition physique (sélection des ressources) en fonction de leur qualité. Le méta-contrôle est fonction de la qualité des combinaisons de compositions, des recherches précédentes et du temps. Il contrôle le renforcement des combinaisons de services ayant donné satisfaction favorisant ainsi l'exploitation des ressources sélectionnées, et la révision de ce renforcement (dérenforcement) afin de favoriser la réévaluation de la qualité des ressources jugées précédemment comme inefficaces.

Nous proposons également une architecture d'agents distribuée gérant de manière autonome et indépendante (i) la création du modèle, la mise à jour de ce modèle, ainsi que la recherche d'une composition, (ii) la mesure autonome des qualité de configurations, la gestion des bibliothèques de configurations, et enfin (iii) la mise en œuvre d'une composition ainsi que la mesure des qualités de service (indispensable à la mise à jour du modèle). Cette autonomie est réalisée grâce à l'utilisation d'agents indépendants et autonomes distribués sur le réseau.

L'architecture logicielle ADAM ainsi que l'algorithme du K_Learning ont été implémentés en C/C++ ; l'efficacité du métacontrôle du K_Learning a été testé en simulation.

Écrits

Je tiens à préciser que j'essaie toujours de respecter l'ordre alphabétique.

1. Bernard Conein, Éric Jacopin, *L'appauvrissement de la représentation : projection de plan et contrôle de l'action par les objets*, in: *Mémoire Collective, Technologie, Idéologie, Pratique*, Édité par Charles Lenay, UTC (1998). À paraître.

2. Bernard Conein, Éric Jacopin, *Situated Action and Cognition: Knowledge in Space*, in: Christian Heath & Paul Luff Editors, Cambridge University Press (1998). À paraître.

3. Bernard Conein, Éric Jacopin, *Le bureau comme espace de travail*, Rapport final d'étude sous la direction de Saadi Lahlou Rapport EDF/DER GRETS HN - 51/97/004, Mars 1997, 26 pages.

4. Bernard Conein, Éric Jacopin, *Projected Plans and Situated Activity: Inventory of Objects and Workspace*, AAAI Fall'96 Symposium on Embodied Action and Cognition, Tech. report FS-96-04, AAAI Press Publication, Palo Alto (Novembre 1996).

5. Bernard Conein, Éric Jacopin, *Action Située et Cognition : le savoir en place*, Revue Française de Sociologie du Travail 4/94, Numéro spécial "Travail et Cognition", Dunod (Décembre 1994).

6. Bernard Conein, Éric Jacopin, *Les objets dans l'espace : la planification dans l'action*, Raisons Pratiques 4, Numéro spécial "Les objets dans l'action", École des Hautes Études en Sciences Sociales (Novembre 1993).

7. Michel De Glas, Éric Jacopin, *An Algebraic Framework for Uncertain Strips Planning*, AAAI Spring'94 Symposium on Decision-Theoretic Planning, Tech. Report SS-94-06, AAAI Press Publication, Palo Alto (Mars 1994).

8. Claude Delaye, Jacques Ferber, Éric Jacopin, *Une Approche Interactive de la Résolution de Problème*, SEMINFOR-4, Actes de la $4^{ième}$ Conférence ORSTOM (Office de Recherche Scientifique des Territoires d'Outre Mer) Brest, France, Septembre 1990.

9. Alexis Drogoul, Jacques Ferber, Éric Jacopin, *Viewing Cognitive Modelling as Eco Problem Solving: The Pengi Experience*, Proceedings of the 1991 European MultiConference on Modelling and Simulation, Copenhague, Denmark, Juin 1991.

10. Jacques Ferber, Éric Jacopin, *A Multi Agent Planner for Building Plans as Side Effects*, Rapport Laforia 07/90, Janvier 1990.

11. Jacques Ferber, Éric Jacopin, *The Framework of Eco-Problem Solving*, Decentralized AI 2, Yves Demazeau & Jean-Pierre Muller Eds, Avril 1992.

12. Fredéric Garcia, Éric Jacopin & Pierre Régnier, *Panorama de la planification*, Actes des journées du PRC-IA, Hermès (1997).

13. Éric Jacopin, Jean-François Rit, *Finding Assembly Plans from Local Kinematic Analysis*, AAAI Workshop on Manufacturing Planning, Detroit, USA, Août 1989.

14. Éric Jacopin, Jean-François Puget, *From Tweak to Pweak: Reducing the Non Linear Planning Framework*, Rapport Laforia 29/90, Décembre 1990.

15. Éric Jacopin, *Comments on "Formal Models of Planning Systems"*, in Readings in Planning. Commentaires acceptés par les auteurs (J. Allen, J. Hendler, A. Tate). Appendix à 14, Mars 1991.

16. Éric Jacopin, *Des Fourmis à l'Attaque de Mars*, La Recherche **234**, Juillet-Août 1991.

17. Éric Jacopin, *From Darpa with Love: On "Readings in Planning"*, Bulletin de l'AFIA **9**, Avril 1992.

18. Éric Jacopin, *La modularité de Fodor et l'action : les leçons d'une implantation*, Rapport Laforia 15/92, Juin 1992.

19. Éric Jacopin, Claude Le Pape, Jean-François Puget, *A Theoretical Analysis of the Uselessness of White Knights*, Rapport Laforia 23/92, Octobre 1992.

20. Éric JACOPIN, Philippe MORIGNOT, Sylvie THIÉBAUX, *Compte-Rendu de la "1^{st} International Conference on AI Planning Systems"*, Bulletin de L'AFIA **11**, Novembre 1992.
21. Éric JACOPIN, *A look at Function Symbols and Planning*, AAAI Spring'93 Symposium on the Foundation Automatic Planning: The Classical Approach and Beyond, Technical Report SS-93-03, AAAI Press Publications, Palo Alto (1993).
22. Éric JACOPIN, *Classical AI Planning as Theorem Proving: The case of a Fragment of Linear Logic*, AAAI Fall'93 Symposium on Automated Deduction in Nonstandard Logics, Technical Report FS-93-01, AAAI Press Publications, Palo Alto (1993).
23. Éric JACOPIN, *On the Foundations of Classical Planning: Some Algebraic and Topological Structures*, Papers of the 14^{th} UK Planning and Scheduling Workshop, Special Interest Group, Edited by Sam Steel, Technical Report 255, University of Essex, Colchester, UK, (Novembre 1995).
24. Éric JACOPIN, *Les Revues de l'IA : 1. Artificial Intelligence Journal*, Bulletin de l'Association Française d'Intelligence Artificielle **28** (Janvier 1997), pages 12–13.
25. Éric JACOPIN, *Les Revues de l'IA : 2. La Revue de l'Intelligence Artificielle*, Bulletin de l'Association Française d'Intelligence Artificielle **30** (Juillet 1997).

Présentations invitées

1. *L'Éco-Planification : L'utilisation d'agent réactifs pour la construction et l'exécution de plans*, Séminaire "Objects, Acteurs, Agents" du Laforia, Mars 1990.
2. *Planifier, Quel Interêt ?* Journées "Temps, Action, Planification" du PRC-IA, Paris, Octobre 1990.
3. *Vers une logique Intensionnelle pour la planification : Les propriétés d'un plan*, Journée du PRC-IA "Projet Planification" Toulouse, Février 1993.
4. (Avec Bernard CONEIN) *Stratégies Spatiales et Propriétés de Plan : Le cas de l'exécution d'une recette de cuisine*, Séminaire "Action et Objets", Institut International de Sociologie de La Défense, Paris, Mars 1993.
5. Membre de la table ronde "What is the role of formalization?" Stanford Spring Symposium on *The foundations of Automatic Planning: The Classical Approach and Beyond*, Stanford, USA, Mars 1993. Autres membres de la table ronde : Ed Pednault (leader), Qiang Yang et Kutluhan Erol.
6. *La planification de type Strips : Le problème et sa formalisation, de* TWEAK *à la logique linéaire*, Séminaire annuel de l'IRIT, Université Paul Sabatier, Toulouse, Juin 1993.
7. *Strips-like planning and Linear Logic Theorem Proving: Tradeoffs*, Invitation de la part de Bertram Fronhöfer, Institüt fur Informatik, Technische Universität, Munich, Germany, Décembre 1993.
8. (Avec Bernard CONEIN) *Spatial arrangements in workspace reconfiguration: accounts and computational proposals*, Invitation de Donald Norman (Apple Fellow et Vice-Président de l'"Advanced Technology Group"), Activity Theory Meeting, Apple Computer, Cupertino, California, USA, Décembre 1994.

9. *Planification Classique : Structures Algébriques et Topologiques*, Journées du PRC-IA, Atelier "Planification", Nancy, Février 1995.
10. Membre de la table ronde "On random instances of planning problems" AAAI Workshop on *Structures in Planning and Temporal Reasoning*, Portland, Oregon, USA, 5 Août 1996. Autres membres de la table ronde : Tom Dean (leader), Tom Bylander et Bart Selman.
11. *La planification : perspectives & limites*, Forum de l'action 10.2 inter-PRC et du GDR/PRC "Interaction Système/Environnement pour l'interprétation des signaux et des images" ; invitation de la part de Catherine Garbay (TIMC Grenoble). Paris, 25 Octobre 1996.
12. *La planification en Intelligence Artificielle*, cours/conférence, École des Mines de Nancy ; invitation de la part d'Yves Gueniffey (Mines de Nancy), Nancy, 5 mai 1997.
13. *Mathématiser la planification de type* STRIPS *?*, présentation lors des journées du thème Raisonnement du PRC-IA ; invitation de la part de François Lévy (LIPN - Paris 13), Paris, 5 décembre 1997.
14. *Autour de l'action: la situation*, discutant de la journée "didactique et situation" ; invitation de la part de Michael Baker (GRIC-COAST, CNRS–Lyon II), Lyon, 20 Janvier 1998.
15. (Avec Bernard CONEIN) *L'hypothèse spatiale pour interpréter les activités limites de la raison située*, Invitation de la part de Michel de Fornel et Louis Quéré, Maison des Sciences de L'Homme, Paris, 13 Mars 1998.

Projets

L'Action en Situation : Planification par préparation Action incitative "Science de la cognition", décision `92C0755` du MRT (Septembre 1992, Juin 95). (Co-Initiateur et Co-Responsable avec Bernard Conein). Le texte suivant est le résumé apparaîssant sur la fiche signalétique remise en fin de contrat :

> **Enjeux** : L'organisation de l'activité par planification (c'est une hypothèse) nécessite-t-elle des représentations d'actions ? En fait, un plan ne pourrait-il pas se décrire (et donc se diffuser, se mémoriser et surtout, s'utiliser) sous une forme plus compact que celle (symbolique et classique) utilisant des représentations d'actions ?
>
> **Objectifs fixés à l'origine** : Le projet de recherche correspondant à la décision d'aide 92 C 0755 fixait les trois objectifs suivants :
>
> 1. Détermination des modalités de documentation d'une activité manipulatoire au moyen d'enregistrements vidéos.
> 2. Description des actions de manipulation des objets d'un agent et des modes de déplacements des objets.
> 3. Programmation d'un modèle d'action situé proposant une compisition des indices de déclenchement d'action dans le cadre d'un jeu-vidéo (Pengo).
>
> **Résultats effectivements atteints** : L'objectif 1 été atteint. Toutefois, il se pose toujours le problème du corpus vidéo : comment faire un compte-rendu de dizaines d'heures de séquences vidéo ? À l'heure actuelle, la réponse devrait passer par la réalisation d'un document multimédia et non par la rédaction de compte-rendu finaux et de fiches signalétiques. L'objectif 2 a été atteint au delà des espérances en passant

d'abord par un travail d'explication historique des courants de l'action située. Ensuite, une reformulation du concept de préparation a été nécessaire pour décrire la planification en terme de contrôle et non plus en termes d'indices (ou icones). Cette reformulation a été possible étudiant les différents formats d'un plan. Pour plusieurs raisons d'ordre technologique, l'objectif 3 n'a pas été atteint. En effet, une contrainte que nous nous étions fixé était d'utiliser le langage Lisp afin de nous mettre dans les conditions de duplication d'un "système" précédent, Pengi, programmé en Lisp (Philip AGRE & David CHAPMAN, *Pengi: An implementation of a theory of activity*, Proceedings of the 6^{th} AAAI, Seattle (1987), pages 268–272). Ce fut une erreur. Pengi tournait sur une machine Lisp symbolics (où tout est en Lisp, y compris le système d'exploitation de la machine) alors que nous partions d'un Macintosh et d'un Lisp qui, bien que d'un très bon niveau, ne permettait pas de gérer des graphismes d'une manière satisfaisante pour simuler un jeu-vidéo. En particulier, la gestion des graphismes imposait la gestion d'interruptions incompatibles avec le garbage collector de Lisp (renseignements obtenus à la suite de discussions avec Bill Saint-Clair, développeur de Mac Common Lisp – MCL). Des solutions ont été proposées, mais nous les avons jugées bien trop compliquées en regard de l'application qu'on voulait faire. Finalement, une nouvelle conception de MCL (version 4.0) permet maintenant de circonvenir le problème. Mais cette nouvelle version tourne aussi sur de nouvelles machines qu'il faudrait acheter (i.e. le contrat a permis l'achat de machines 68k mais MCL 4.0 ne tourne que sur les PowerPC). Renseignements complémentaires pris, le type de machine (Macintosh) et le langage (Lisp) ont peu à voir avec cet échec ; simplement, les machines symbolics étaient en avance sur leur temps, et leur disparition a plongé certains programmeurs dans un embarras manifeste. Le choix d'un autre langage (tel que le langage C) aurait permis de faire un jeu vidéo, mais il n'aurait pas permis l'aspect duplication de l'expérience, nécessaire à une activité scientifique.

Aide à la Mise en œuvre Optimisée de Système Développement exploratoire d'un système de déploiement, Thomson-CSF (LCR/Airsys) (Septembre 1995 - Février 96). (Co-Responsable)

Enjeux : Projet "pilote" du réseau de compétence en informatique avancé de Thomson-CSF, AMIOS devait montrer la faisabilité d'un transfert de technologie entre le Laboratoire Central de Recherche de Thomson-CSF et une unité dans le cadre de la programmation par contraintes.

Objectifs fixés à l'origine :

1. Assurer l'accueil et l'intégration d'une équipe externe au LCR le temps du projet.
2. Spécifier et concevoir un module d'optimisation d'un outil de déploiement.

Résultats effectivements atteints : Seul le premier des deux objectifs a été atteint, ce qui, selon moi n'était pas si mal en raison de l'ambiance de renversement du pouvoir de l'époque. Le second objectif ne nécessitait pas vraiment, en fait, l'objectif 1. Mais en fait, le second objectif était à récrire : faire un module, c'est une chose, mais l'intégrer en est une autre. J'ai donc proposé la conception d'un bus logiciel comme préalable à l'intégration de quoi que ce soit, et pour ce faire, l'utilisation de technologie Thomson-CSF utilisée dans la simulation, ce qui aurait eu pour effet immédiat, l'utilisation possible de l'outil de déploiement dans toute simulation Thomson-CSF. Toutefois, la proposition de réalisation d'une maquette en Java (en janvier 1996), afin de faciliter la gestion des processus distribués du bus logciel, ayant été jugée trop risquée et finalement hors-sujet, le projet a été délocalisé. On doit noter que mes propositions étaient basées sur l'intégration, par bus logiciel au format KQML, du planificateur SIPE-II dans l'outil de déploiement de forces SOCAP.

Algorithmes Incrémentaux Contrat DRET/DGA (Juin 1996 - Mars 1997). (Co-Responsable)

Enjeux : Formuler des réponses partielles à un problème en raison (par exemple, la gestion de plusieurs dangers) de l'apparition d'évènements externes (par exemple, la découverte d'un danger imminent) imposant une décision immédiate.

Objectifs fixés à l'origine :

1. Mettre en œuvre une réponse partielle à partir des propriétés algébriques (disons, calculatoires) des programmes qui calculeraient une réponse complète. Le cadre des programmes est celui de la programmation par contraintes (il s'agit donc des propriétés algébriques du cadre de la programmation par contraintes).
2. Appliquer les méthodes développées à la gestion de plusieurs attaques d'une unité militaire.

Résultats effectivement atteints : L'objectif 1 a en fait été jugé inatteignable et reformulé dans le cadre de l'utilisation de la programmation par contraintes. Un langage de formulation et de construction d'espace de recherche a été développé, dans le cadre de la programmation par contraintes. L'idée étant de pouvoir formuler, selon le type de problème, le développement le plus adapté en fonction du temps restant pour fournir une réponse (partielle). Par exemple, il vaut parfois mieux regarder à toutes les solutions à une faible profondeur, plutôt que peu de solutions à une très grande profondeur. Le langage développé permet d'exprimer ces différentes stratégies, et surtout, de les combiner. J'ai ébauché la formulation des espaces de recherche à partir du concept de recouvrement composé par des morphimes (i.e. les extensions possibles d'un nœud d'un espace de recherche en un autre nœud), ce qui correspond à la notion de site dans la théorie des catégories. L'objectif 2 devait faire l'objet d'une seconde phase du contrat. Toutefois, en raison de la reformulation du premier objectif, le second objectif l'a également été, ce qui toutefois conduit à une détermination nettement plus adaptée des cas d'applications.

Le Bureau comme Espace de Travail Étude EDF/DER (Septembre 1996 - Juin 1997). (Co-Responsable avec Bernard Conein)

Enjeux : Identique au projet du MRT, dans le cadre d'une activité quotidienne de travail, i.e. beaucoup plus longue, surchargée et interrompue que la confection de plat.

Objectifs fixés à l'origine : Le projet de recherche mis en place avait les objectifs suivants :

1. Détermination des modalités de documentation d'une activité quotidienne de gestion d'un bureau au moyen d'enregistrements vidéos.
2. Description des actions de manipulation des objets d'un agent et des modes de déplacements des objets, pour une tâche quotidienne et de travail en vue de la mise à jour des moyens de réduction de la charge cognitive.

Résultats effectivement atteints : Le premier objectif n'a pas été atteint ; comment filmer les occupants d'un bureau, toute une journée, en étant le moins intrusif possible ? Les contraintes de taille des cassettes, placements de la caméra, et tout simplement de dépouillement rendent la documentation vidéo très difficile à réaliser. Sans compter les problèmes privés : des gens ont refusé d'être dans le champ d'une caméra, argumentant qu'on jouait à Big Brother ; ainsi que le vol (!) du matériel laissé le midi ou le soir... Ainsi, nous avons pu formuler les contraintes à respecter et les moyens à employer, mais nous n'avons pu les tester pour ce projet, car cela signifiait pour nous un équipement et une mise en place qui concernait autant EDF que nous (mise en place d'une caméra au plafond, d'un réseau, d'une sauvegarde, etc). Une des fonctions des plans est la réduction de la charge cognitive, au moins selon [56], toutefois, lorsque les activités d'une journée sont souvent interrompues la mise en œuvre de plusieurs plans en parallèle remet en cause cette réduction cognitive : la gestion des plans (leurs exécutions, leurs suspensions, leurs reprises) devient le problème principal. Dans ce point de vue où la gestion de l'activité sous forme de plans est difficile, la question de savoir si l'action est sans plan prend une nouvelle forme : celle où ne pas avoir de plans peut faciliter l'activité quotidienne parce qu'elle supprime le problème de la gestion de ces plans. Il faut alors savoir comment on peut malgré tout gérer les interruptions et reprises des activités d'une journée de travail. En n'étudiant que la gestion de l'espace d'un bureau (i.e. comment les interruptions et reprises se visualisent dans l'espace du bureau ?) on aperçoit des reconfigurations qui sont liées à la gestion des tâches. C'est ainsi qu'on peut dire que l'objectif 2 a été plus que largement atteint, malgré les difficultés pratiques causées par l'emploi d'une caméra dans un bureau d'une grande entreprise.

Bibliographie

[1] *Call for papers of the Tenth National Conference on Artificial Intelligence*, AI Magazine **12**(3) (Fall 91), page 5.

Jusqu'à AAAI'91, les appels à soumission proposait un découpage en domaines ; la planification se trouvait alors (généralement) couplée à l'ordonnancement (i.e. "scheduling") et le raisonnement sur l'action. Avec AAAI'92, l'action devient une connaissance et la planification, une fonction : "the traditional list of communication-based content areas has been replaced by a more neutral set of taxonomies that span the field". Toutefois, il faut croire que cela ne plût à personne, car dès l'année suivante le découpage classique reprenait le dessus.

[2] *Call for participation of the 1998 Fall Symposium on "Integrated Planning for Autonomous Agent Architectures*, 1998 Fall Syposium Call for Participation, AI Magazine (Winter 1997) pages 11-12.

Pose plusieurs questions à propos de l'utilité de la planification pour des robots mobiles. Pour quelles raisons un tel questionnement est-il encore possible en 1998 ? Est-ce de la simple provocation à l'écriture ?

[3] *A Report to ARPA on Twenty-First Century Intelligent Systems*, sous la direction de Barbara Grosz and Randall Davis, AI Magazine **15**(3) (Fall 94), pages 10–20.

Cet article nous dit que le système DART de déploiement de forces militaires, utilisé durant l'opération "tempête du désert", est un tel succès qu'il justifie tous les investissements de l'ARPA depuis 30 ans en intelligence artificielle ; et qu'on peut s'attendre dans un futur proche à ce qu'un tel système contribue à satisfaire "our society's needs". On y apprend aussi que les bases formelles de la planification sont bien comprises et qu'elles sont suffisamment solides pour développer des "intelligent planning capacities". Ainsi, des systèmes de planification pratiques pourraient, en utilisant à leur avantage les contraintes du domaine d'application, générer, automatiquement des plans contenant des milliers d'actions. Sans doute une action de marketing pour l'intelligence artificielle.

[4] Phil Agre, *Toward a Critical Technical Practice: Lessons Learned in Trying to Reform AI*, in: Social Science, Technical Systems, and Cooperative Work: *Beyond the Great Divide*, sous la direction de Geoffrey Bowker, Susan leigh Star, William Turner & Les Gasser, Lawrence Erlbaum Associates (1997), pages 131–157.

Présente la vie de l'auteur sous la forme d'un combat pour introduire autre chose que la notion de Plan (i.e. la première lettre écrite avec une majuscule). Donne un éclairage tout de même très utile sur la mode de la planification selon le ministère de la défense des USA.

[5] Phil Agre, *The Symbolic Worldview: Reply to Vera and Simon*, Cognitive Science **17**(1), 1993, pages 61–69.

Répondant à un article d'Alonzo Vera et Herbert Simon, Agre explique que si l'on désire tout voir avec des symboles, c'est possible, mais ne nous y oblige que notre volonté de le faire.

[6] Phil Agre & David Chapman, *What are plans for?*, MIT AI Memo 1050a, version révisée d'octobre 1989, 29 pages.

Voilà. Que du texte, des idées, des provocations et des contre-vérités : quel festival ! Mais au moins, et c'est ça qu'il faut en retirer, un tour d'horizon sur le domaine où s'étend la planification. Le point d'entrée de cette promenade est le plan qui existerait sous trois formats : (i) le plan comme programme, (ii) le plan comme commnuication et (iii) le plan comme contrainte. Sûrement ces trois caractérisations sont peu claires et insuffisantes, mais revenez sur terre : qui pouvait écrire et publier de telles choses en 1989 ?

[7] Phil Agre & Ian Horswill, *Cultural Support for Improvisation* Actes de AAAI'92, pages 363–368.

Tout d'abord, j'ai pesté contre tout ce qui manquait à ce travail : l'indexicalité et la comparaison avec `SNLP` [76] insupportablement inégale. Et puis je me suis aperçu que cela répondait à mes besoins d'appauvrissement en représentation, bien que cela ne se concentre encore que bien trop sur les objets ; allez, on ne peut pas tout avoir. Très décrié parce que propositionnel, le planificateur va au moins dans un sens inexploré jusqu'alors.

[8] *Readings in Planning*, sous la direction de James Allen, James Hendler & Austin Tate, Morgan Kaufmann (1990), 754 pages.

Contient des articles dont la photocopie est parfois difficile parce qu'introuvables. Ces articles sont regroupés dans une présentation raisonnée (selon, bien sûr, le point de vue d'Allen, Hendler et Tate) ; une page vient introduire chaque groupe d'article, mais celle-ci contient parfois des interprétations grossières, voire erronées.

[9] Alain Arnéodo, Françoise Argoul, Emmanuel Bacry, Juan Elezgaray & Jean-François Muzy, *Ondelettes, multifractales et turbulences : de l'ADN aux croissances cristallines*, Diderot (1995), 169 pages.

Clair et lisible par un non spécialiste, ce livre tiré d'un rapport d'un contrat passé avec la direction générale de l'armement, vous montre comment analyser des signaux multi-fractals avec des ondelettes. Pour les signaux obtenus avec [68] cela signifierait pouvoir faire analyse de la répartition de l'auto-similarité du travail de la construction de plan, pour les espaces où, par exemple, il y aurait des solutions un peu partout (i.e. on ne serait pas dans le cas où l'auto-similarité de la construction viendrait de l'absence ou bien de la présence de solution).

[10] Apple Computers, *Macintosh Human Interface Design Guidelines*, 1988.

Pas d'autre choix si vous voulez construire l'interface ordinaire de votre application sur votre Mac. Contient quand même pas mal de banalités du point de vue de la conception, comme par exemple qu'il vaut mieux avoir une police unique de caractères pour un pop-up menu.

[11] Emmanuel Bacry, *Mémoire de thèse d'habilitation à diriger des recherches*, Université de Paris 7, U.F.R. de Mathématique Appliquée (9 Octobre 1996).

Contient une présentation tout à fait abordable des raisons pour lesquelles les ondelettes permettent de construire des outils d'études des signaux multi-fractals.

[12] *Marseille : 25 ans de planification urbaine*, sous la direction de Domnique Becquart, Éditions de l'aube (1994), 196 pages.

Des exemples de planification urbaine ; probablement discutable car publié pour les municipales de 1994 ; enfin, pour une fois que c'est en français...

[13] Peter Bonasso, *What AI can do for Battle Management?*, Workshop Report, AI Magazine **9**(3) (Fall 1988), pages 77–83.

Ensembles de réponses affirmatives et négatives qui ont sûrement dû servir pour jeter les bases du premier programme de l'ARPA.

[14] Valentino BRAITENBERG, *Vehicles: Experiments in Synthetic Psychology*, MIT Press, Bradford books (1984), 152 pages.
Décrit, par complexifications successives, la conception de robots ayant des caractéristiques comportementales suggérant l'intelligence : l'observation au service de la conception. Lecture obligatoire.

[15] Michael BRATMAN, *Intentions, Plans and Practical Reason*, Harvard University Press (1987), 200 pages.
Beurk. Récriture de [80] une fois accomplis les ravages de la croyance en l'omnipotence d'un concept de Plan.

[16] Rodney BROOKS, *Intelligence Without Reason*, Artificial Intelligence **47**(1–3) (1991), pages 139–159.
J'ai rencontré Brooks pour la première fois le 15 (!) août 1990, en France, s'il vous plaît. Je l'avais loupé un an plus tôt à Stanford et là, je l'ai pris en pleine poire. À l'époque ce type aurait gagné tous les concours d'agressivité de la planète et lui adresser la parole sans qu'il vous saute à la gorge tenait du miracle. En tout cas, ce jour-là, j'ai survécu, mais j'ai aussi été ébloui par sa présentation et son aisance à se jouer des concepts qui me terrassaient. Dans [44] on trouve une tranche explicative de la vie de Brooks qui mérite le détour (*Lisez* [44] !). Sinon, je ne vois pas quoi dire de cet article que vous ne venez pas juste de lire à propos de son auteur…

[17] Barbara BURKE HUBBARD, *Ondes et Ondelettes : La saga d'un outil mathématique*, Pour La Science, Belin (1995), 235 pages.
À lire avant [9] pour une introduction générale et pendant [9] pour les explications algorithmiques des formules.

[18] Alan CHALMERS, *Qu'est-ce que la science ?*, La Découverte (1987), 238 pages. Traduit de l'anglais (1976).
Contruction d'un panorama répondant au titre. Très utile pour se demander quel est le mode de croissance de la connaissance (scientifique ?) de la planification.

[19] Steve CHIEN & Brian DRABBLE, *Practical Planning Systems*, Notes de cours, 13^{th} AAAI (Août 1996), 160 pages.
Le petit livre rouge de la Planification ; comme si les problèmes de la planification ne concernaient que la NASA ou l'armée américaine…

[20] Bernard CONEIN & Éric JACOPIN, *Stratégies Spatiales et Propriétés de Plan : Le cas de l'exécution d'une recette de cuisine*, Séminaire “Action et Objets”, Institut International de La Défense, Paris, Mars 1993. Invitation de la part de Laurent Thévenot.
Présentation qui a généré la référence qui suit.

[21] Bernard CONEIN & Éric JACOPIN, *Planification et Action Située : Stratégies spatiales*, Raisons Pratiques 4, Numéro spécial "Objets et Action", École des Hautes Études en Sciences Sociales (Novembre 1993).
On met tout (cuisine, plans et jeux-vidéos) et l'on secoue. Le résultat n'est pas probant, mais il fallait bien commencer.

[22] Bernard Conein & Éric Jacopin, *Action Située et Cognition : le savoir dans la place*, Revue Française de Sociologie du Travail 4/94, Numéro spécial "Travail et Cognition", Dunod (Décembre 1994).

Article essayant de présenter comment on peut positionner les chercheurs qui se réclament du courant situé. Trop court et ne propose rien en soi.

[23] Bernard Conein & Éric Jacopin, *Spatial arrangements in workspace reconfiguration: accounts and computational proposals*, Invitation de Donald Norman (Apple Fellow et Vice-Président de l'"Advanced Technology Group"), Bonnie Nardi's Activity Theory Meeting, Apple Computer, Cupertino, California, USA, 16 Décembre 1994.

Routines : les décrire et les implanter. Bernard proposa une analyse sous forme spatiale des routines et moi je montrai comment on pouvait s'en servir dans le cas de Pengi.

[24] Bernard Conein & Éric Jacopin, *Projected Plans and Situated Activity: Inventory of Objects and Workspace*, AAAI Fall'96 Symposium on Embodied Action and Cognition, Tech. Report FS-96-02, Maja Mataric (Ed.), AAAI Press Publication, Palo Alto (Novembre 1996).

Récrit "No internal state" en "No internal state for action selection". Disponible sur http://www.aaai.org/ dans la partie des rapports techniques.

[25] Bernard Conein & Éric Jacopin, *Planification par Préparation*, Rapport final du projet MRT 92C0755 (1992-95).

Qui lit ces rapports ? Alors pourquoi nous demander de les écrire ?

[26] Bernard Conein & Éric Jacopin, *Le Bureau Comme Espace de Travail*, Rapport Final d'Étude, GRETS-EDF/DER (1997), 23 pages.

Essai d'application de nos conclusions à propos des relations spatiales dans le cadre de la confection d'un plat, du point de vue de l'arrangement d'un bureau.

[27] Bernard Conein & Éric Jacopin, *Appauvrissement des représentations*, Actes du colloque "Mémoire Collective", Compiègne (1998).

Première étape vers une récriture de [22], et qui introduit la notion de contrôle comme outil de simplification des représentations. Bon, ça ne casse pas les barricades mais c'est un pas comme on le voulait, dans la direction qu'on voulait.

[28] Bernard Conein & Éric Jacopin, *Knowledge in the Place*, sous la direction de Christian Heath & Paul Luff, Cambridge University Press (à paraître).

Version traduite et améliorée (surtout dans l'unification de la terminologie) de [22]. Mais bon, il fallait faire encore plus court, et il est très difficile de ne pas se faire avaler par la secte de l'éthnométhodologie [31].

[29] Bernard Conein & Éric Jacopin *L'hypothèse spatiale pour interpréter les activités limites de la raison située*, Invitation de la part de Michel de Fornel et Louis Quéré, Maison des Sciences de L'Homme, Paris, 13 Mars 1998.

Nous a permis de nous mettre au point pour proposer ce qu'on avait pu proposé, faute de meilleure compréhension de notre part. Part du mot plan pour tout mettre à la poubelle. Va-t-on réussir à en faire un article ?

[30] David Chapman, *Planning for Conjunctive Goals*, Artificial Intelligence **32** (1987), pages 333–377.

À lire à la fin, juste avant de s'endormir, pour dire qu'on a fait comme tout le monde : qu'on y a pas compris grand-chose. Texte quasi-biblique dont il existe encore l'original (MIT Tech. report 805) disponible à partir de la page web du service des publications du MIT AI Lab., et contenant du code : bien plus précieux. Écrase la vision de la Planification depuis sa sortie ; la tendance n'est plus qu'à la brise.

[31] Alain COULON, *L'ethnométhodologie*, Que sais-je **2393**, Presses universitaires de France (1996), 127 pages.
À lire avant l'opus fondateur de Harold Garfinkel [47]. Très clair. N'évacue rien quant à la position de l'éthnométhodologie par rapport à la sociologie.

[32] Donald CRUICKSHANK, Deborah BAINER & Kim METCALF, *Planning Instruction*, chapître 5 de *The act of Teaching*, MacGraw-Hill (1995), 486 pages.
Des plans pour enseigner à l'école de votre quartier.

[33] Thomas DEAN & Michael WELLMAN, *Planning and Control*, Morgann Kaufmann (1991), 486 pages.
Un livre qui se voudrait sans doute un textbook sur la planification comme application des chaines de Markov.

[34] Daniel DENNETT, *La Stratégie de l'Interprète*, Gallimard (1990), 493 pages. Traduit de l'anglais (1987).
Pavé dont je ne veux retenir que le titre comme écho au brillant petit livre de Braitenberg [14]. Livre populaire mais sûrement bien trop gros pour que tous les gens qui en parle l'aient vraiment lu, sans doute un peu comme "Les mots et les choses".

[35] Michel DODET, Philippe LAZAR & Pierre PAPON, *la République a-t-elle besoin de savants ?*, Collection Science, Histoire et Société, Presses Universitaires de France (1998), 249 pages.
Livre peu engagé. A toutefois le mérite de tenter un tour complet de la question, avec des comparaisons utiles. L'index est un véritable bonheur, au contraire des références, nettement insuffisantes.

[36] Jon DOYLE, *The Planning Ontology Construction Group Web Page*, http://www.ai.mit.edu/~doyle.
Point d'entrée de l'axe poussé par l'ARPA pour le développement d'une classification raisonnée des concepts intervenant dans la planification en général et dans la planification militaire en particulier.

[37] Jon DOYLE & Thomas DEAN, *Strategic Directions in Artificial Intelligence*, AI Magazine **18**(1) (Spring 1997), pages 87–101.
Fini les bravades des années proto-historiques de l'IA. Maintenant, prédire (Argh ! N'est-ce pourtant pas là une raison pour planifier ?) "the results of the next generation of fundamentals research requires either bravery or foolishness." Dans cette prudence, la planification se trouve positionnée comme avant AAAI'91 [1]. En fait, il s'avère tout simplement être stratégique de faire plus grand et mieux.

[38] Jean-Pierre DUPUY, *Aux origines des sciences cognitives*, La Découverte (1994), 188 pages.
Un coup de génie. Ce livre devrait être au programme de tous les cours d'IA de France et de Navarre.

[39] Arne DÜR, *Möbius Functions, Incidence Algebras and Power Series Representations*, Lectures Notes in Mathematics **1202**, Springer-Verlag (1986), 134 pages.
Contient une formalisation catégorique des algèbres incidentes avec plein d'exemples ; bien plus lisible que le titre et la collection ne le laissent présager.

[40] Michel De GLAS & Éric JACOPIN, *An Algebraic Framework for Uncertain Strips Planning*, AAAI Spring'94 Symposium on Decision-Theoretic Planning, Rapport Technique SS-94-06, AAAI Press Publication, Palo Alto (Mars 1994).

Lors du symposium, Sylvie Thiébaux me fit remarquer que Michel de Glas et moi étions quasiment les seuls à ne pas voir l'incertain en planification comme des chaines de Markov. Oui, mais l'idée de départ de cet article venait d'ailleurs : il s'agissait de rendre continu l'espace des plans partiels, et c'est pour ça, par exemple, que nous avons aussi regardé de très près les préconditions d'une action.

[41] Kenneth FALCONER, *Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications*, John Wiley (1990), 288 pages.

C'est de là que je sors l'algorithme pour compter les boîtes et en proposer une dimension fractale pour les signaux obtenus de `Pweak`. Plein plein plein d'exemples.

[42] Richard FIKES, Peter HART & Nils NILSSON, STRIPS*: A New Approach to the Application of Theorem Proving to Problem Solving*, Artificial Intelligence **2** (1971), pages 198–208.

Impossible d'y échapper ; débrouillez-vous pour y échapper quand même. Par exemple, lisez la traduction française de la partie concernant la planification du livre de Nilsson.

[43] William FRAKES & Christopher FOX, *Sixteen Questions About Software Reuse*, Communications of the ACM **38**(6), Juin 1995, pages 75–87.

Phénoménal : prenez des planificateurs, essayez de les réutiliser pour en construire d'autres. Qu'est-ce qui peut vous arrêter et qu'est-ce qui peut vous aider ?

[44] Richard GABRIEL, *Patterns of Software: Tales from the Software Community*, Oxford University Press (1996), 235 pages.

Un autre coup de génie. Vous voulez savoir qui a inventé, et pourquoi, l'expression "AI Winter" ? Ce livre est pour vous. Maintenant, mettez-vous devant votre écran et le code de votre dernier planificateur : y-a-t-il une architecture logicielle spécifique à la planification ? Ooooops ! Reprenez ce livre en main avant de répondre.

[45] Richard GAYLORD & Paul WELLIN, *Computer Simulations with Mathematica: Explorations in Complex Physical and Biological Systems*, Telos, Springer-Verlag (1995), 297 pages.

Un paquet d'expériences en Mathematica sur la fractalité ; devrait être titré "How to learn fractalism with Mathematica in 7 days".

[46] Fredéric GARCIA, Éric JACOPIN & Pierre RÉGNIER, *Panorama de la planification*, Actes des journées du PRC-IA, Hermès (1997).

Merci à Fred et à Pierre d'avoir fait cet effort nécessaire.

[47] Harold GARFINKEL, *Studies in Ethnomethodology*, Polity Press (1984), 288 pages.

Indispensable pour bien comprendre Suchman [106], puis pour se rendre compte qu'à la même époque où l'on iconifiait la Planification, d'autres gens étaient déjà très loin dans une démarche quasi-opposée.

[48] Alfonso GEREVINI & Lenhart SCHUBERT, *Computing Parameter Domains as an Aid to Planning*, Proceedings of the 3^{rd} AIPS (Mai 1996), pages 94–101.

Un exemple d'impasse populaire.

[49] Matthew GINSBERG, *What is a Modal Truth Criterion?*, Article non publié, (1991), 13 pages.
Introuvable ; j'ai dû insister moultes fois pour l'avoir, et ne l'ai obtenu que devant Ginsberg et sa machine. Ne contient rien d'excitant mais de la logique et c'est pour ça que son auteur ne voulait pas le distribuer ; de la bouche même de Ginsberg. Ceci dit, il y a tellement peu de papier sur la question que je ne peux faire que l'inclure ici.

[50] *La philosophie des sciences aujourd'hui*, sous la direction de Jean HAMBURGER, Gauthier-villars (1986), 187 pages.
La passe d'arme entre René Thom et Anatole Abragam vaut le détour ; surtout quand, un peu plus loin dans l'ouvrage, les sciences de la cognition passent également sous les projecteurs...

[51] Leo HARTMAN & Louis HOEBEL, *Is AI Planning Now?*, Point of View, ACM SigArt Bulletin **9**(2) (1998), pages 37–39.
Quand les américains ont du vague à l'âme à propos de la planification ; je vous assure que je n'y suis pour rien.

[52] *Mind Design*, sous la direction de John HAUGELAND, MIT Press, Bradford Books (1981), 367 pages.
Ensemble d'articles de la belle équipe, déjà publiés ailleurs : Minsky, Simon, Fodor, Dreyfus, Davidson, Marr, etc. Je ne veux retenir ici que l'article de Newell et Simon, dont j'espérais qu'il eut été autre chose que le parti pris habituel qui ne sera valide que si l'IA "marche" parce que les avions ne volent pas comme les oiseaux. Ah ! Les beaux Plans ! Ah ! Les beaux Symboles !

[53] Patrick HAYES, *The Frame Problem and Related Problems in Artificial Intelligence*, in [8], pages 588–595.
Contient, le croiriez-vous, une petite description de Micro-Planner (avec une référence à Sussman et Winograd !), de `Strips` et du monde des cubes, le tout sous le regard malveillant du calcul situationnel. Court et lisible.

[54] Frederick HAYES-ROTH, *Artificial Intelligence: What Works and What Doesn't?*, AI magazine **18**(2), Summer 1997, pages 99–113 pages.
"AI must change" selon l'ARPA : tellement moins bon que [44].

[55] Martin HEIDEGGER, *Qu'est-ce qu'une chose ?*, Gallimard (1971) 254 pages. Traduit de l'allemand (1961).
J'ai seulement parcouru ce livre. Le titre est une question logique dès qu'on s'est bien pénétré, volontairement ou pas et quelle que fût la voie d'accès, du problème de l'observation [14, 34].

[56] Jean-Michel HOC, *Psychologie cognitive de la planification*, Presses Universitaires de Grenoble (1987) 197 pages.
La partie sur la fonction des plans est exemplaire, comme en contiennent les textbooks indémodables. Ce qui contraste drôlement avec les autres parties qui, dix ans plus tard, ont pris un sérieux coup de vieux. Finalement, même à l'époque, la partie sur les planificateurs de l'IA n'était qu'une sauce ressassée ; à la décharge de l'auteur, ce n'était pas sa discipline immédiate.

[57] K. HUFF & V. LESSOR, *A Plan-based Intelligent Assistant that supports the software development process*, Proceedings of the third Software Engineering Symposium on Practical Software Development Environments, ACM Software Engineering Notes **13**(5) (1989), pages 97–106.
Des descriptions d'actions à la STRIPS avec un zeste de contraintes sur les variables, comme sauce pour la production de logiciel. À la lecture, on se demande si c'est bien réel ou juste une chimère de plus, résultat effectif

d'une sponsorisation ARPA de plus. En tout cas, le domaine est original, le besoin évident et le langage, si jamais il est réaliste, suffisamment simple pour qu'on s'y attarde à nouveau.

[58] Edwin HUTCHINS, *Cognition in the wild*, MIT Press, Bradford Books (1995), 381 pages.
Si la planification était un signe de décadence alors les bons sauvages montreraient le chemin du retour aux sources.

[59] Éric JACOPIN, *Autour de l'action: la situation*, discutant de la journée "didactique et situation" ; invitation de la part de Michael Baker (GRIC-COAST, CNRS - Lyon II), Lyon, 20 Janvier 1998.
Suite à la parution de [22]. Ces confrontations sont toujours très intéressantes. D'abord c'est une rencontre avec des lecteurs consciencieux et ensuite ce sont des gens qui eux aussi utilisent le mot situation. Alors, comment collaborer plus avant ?

[60] Éric JACOPIN, Philippe MORIGNOT & Sylvie THIÉBAUX, *Compte-Rendu de la "1^{st} International Conference on AI Planning Systems"*, Bulletin de L'AFIA **11**, Novembre 1992.
Début d'une interaction entre nous trois.

[61] Éric JACOPIN, Jean-François PUGET, *From* TWEAK *to* PWEAK *: Reducing the Non-Linear Planning Framework*, Rapport Laforia (Decembre 1990), 11 pages.
Soumis et violemment refusé à IJCAI'91. À l'époque il était tout bonnement impossible de toucher à l'article de Chapman : c'était *la* vérité. On ne le savait pas, et on s'y est bien cassé les dents. Les reviews étaient surréalistes (du style "mais, vous ne faites que réinventer la protection de but" et "lisez donc le rapport du MIT"), venant manifestement de personnes n'ayant pas vu ou pas compris les insuffisances du "Tweak paper" [30].

[62] Éric JACOPIN, Claude LE PAPE, Jean-François PUGET, *A Theoretical Analysis of the Uselessness of White Knights*, Rapport LAFORIA 23/92, Octobre 1992.
Nous l'avons soumis à Artificial Intelligence comme note de recherche. Une review était contre et l'autre était simplement d'accord. On avait fait notre maximum pour seulement simplifier le critère de vérité du "Tweak paper" [30] et en laissant les autres insuffisances telles quelles, afin que cela s'inscrive immédiatement dans l'article de Chapman, sous aucune grille de lecture supplémentaire : à la fin de la lecture de Chapman, vous pouviez immédiatement lire la note de recherche. Ce qui n'est pas le cas de l'article de Kambhampati et Nau [70], croyez-moi. Si c'était à refaire je protesterais sans ménagement contre la review négative.

[63] Éric JACOPIN, *L'algorithmique de l'interaction: le cas de la planification*, Mémoire de thèse en Informatique de l'Université de Paris 6, Rapport LAFORIA TH93/11, Mai 1994, 200 pages.
Importation de procédures, grillagées pour tenter d'en faciliter la lecture. Je réutilise le premier chapitre à chaque présentation (orale) de la planification et je n'ai pas encore réussi à me défaire de la grille de lecture. Sinon, n'apporte rien de nouveau.

[64] Éric JACOPIN, *On the Foundations of Classical Planning: Some Algebraic and Topological Structures*, Papers of the 14^{th} UK Planning and Scheduling Workshop, Special Interest Group, sous la direction de Sam STEEL, Technical Report 255, University of Essex, Colchester, UK, (Novembre 1995).
Et s'il n'y avait que des mathématiques pour décrire la planification de type STRIPS ? Et bien celles-ci ne contiendraient aucune structure algébrique, infiniment trop régulière.

[65] Gunnar JOHANNSEN & William ROUSE, *Studies of Planning Behavior of Aircraft Pilots in Normal, Abnormal, and Emergency Situations*, IEEE Transations on Systems, Man, and Cybernetics **13**(3) (Mai/Juin 1983), pages 267–278.
Oui oui, et bien les pilotes ne planifient pas et puis c'est tout. Le problème, c'est qu'à force, ça fait beaucoup !

[66] David JOSLIN & John ROACH, *A Theoretical Analysis of Conjunctive-Goal Problems*, Artificial Intelligence **41** (1989/90), pages 97–106.
Ne débouche sur rien d'autre qu'une caractérisation théorique. Article assez cité dans la communauté US.

[67] Éric JACOPIN, *The* `Pweak` *Planning system*, http://www-poleia.lip6.fr/~jacopin (©1994–1999).
Ma tentative de faire un système de planification de type STRIPS qui tienne la route pour passer la sélection établie par [105]. Eh bien, j'en suis encore loin. Tout le monde en est encore loin. Mais ce n'est pas une raison.

[68] Éric JACOPIN, *Numerical Analysis of Partial Plan Spaces: A Mathematica Package for the* `Pweak` *Planning System*, http://www-poleia.lip6.fr/~jacopin (©1995–1999).
Ma tentative de construction d'outils de mesure pour la planification. Pas assez rapide et utilise 1000 fois trop de mémoire, mais bon : (i) rien d'autre sur le marché et (ii) ce n'est que du prototypage rapide (je veux dire, j'ai volontairement choisi Mathematica à ce propos de prototypage rapide).

[69] Subbarao KAMBHAMPATI, Craig KNOBLOCK & Qiang YANG, *Planning as Refinement Search: a unified framework for evaluating design tradeoffs in partial order planning*, Artificial Intelligence **76**(1–2) (Juillet 1995), pages 167–238.
Le vrai "Planning for conjunctive goals" [30], malgré bien des erreurs de notations et une densité qui demande des mois de lecture pour les détecter alors qu'elles sont finalement assez évidentes.

[70] Subbarao KAMBHAMPATI & Dana NAU, *On the nature and role of modal truth criteria*, Artificial Intelligence **82** (1996), pages 129–155.
Porte surtout sur la modalité du critère de vérité. En ce qui me concerne, je pense toujours que celle-ci n'était là que pour rendre compte de l'ordre partiel (i.e. du moindre engagement). Le reste n'est que de l'aveuglement et est un appel à la simplification ; d'où [61].

[71] Bruno LATOUR, *La science en action*, Folio essais **267** (1995), 663 pages.
Comment faire pour que l'on ait "La planification en action" ? Comment faire pour qu'un laboratoire de planification devienne un point de passage obligé ? À lire de toute façon, en essayant de voir comment les exemples qui sont donnés se retrouvent dans ce qui vous touche. Parfois désarmant de bon sens dévastateur.

[72] Bruno LATOUR & Steve WOOLGAR, *La vie de laboratoire : La production des faits scientifiques*, Éditions La Découverte (1996), 303 pages.
Si c'est un laboratoire de planification, quels faits peut-on y produire ? Qui y ferait de la science ? Des expériences ? Avec quelle intention ?

[73] *Assessing Individual Differences in Human Behavior: New Concept, Methods and Findings*, David LUBINSKI & René DAWIS, Davies-Black Publishing (1995), 385 pages.
Mais alors... Mais si on est tous différents, comment étudier *la* planification au lieu *des* planifications ?

[74] *Plans et scénarios de Madame Bovary — Gustave Flaubert*, Présentation, transcription et notes par Yvan LECLERC, CNRS Éditions (1995), 200 pages.
Pourquoi Flaubert est à la planification ce que Hobbes est à l'intelligence artificielle.

[75] Annick LESNE, *Méthodes de renormalisation: Phénomènes critiques – Chaos – Structures fractales*, Eyrolles (96), 388 pages.
Un textbook en français pour découvrir les lois cachées des phénomènes chaotiques et complexes.

[76] David MCALLESTER & David ROSENBLITT, *Systematic Nonlinear Planning*, Proceedings of the 9th AAAI Conference, Anaheim, Juillet 1991, pages 634–639.
Finalement, ça me fait penser à Tweak [30]; bon sang que la procédure publiée dans cet article est lente et inefficace ; Yoav Shoham en fait d'ailleurs les frais dans son livre ("AI Techniques in Prolog", publié par Morgan Kaufmann en 1994). Alors quoi ? La fascination de la technique du tri topologique, utilisée par les auteurs pour la procédure aurait-elle à ce point aveuglé les lecteurs ?

[77] Thomas MCCLUSKEY, *Deriving a Correct Logic Program from the Formal Specification of a Non-Linear Planner*, Proceedings of the 3rd International Symposium on Intelligence Systems, North-Holland, (1988).
Du grand art. Voilà ce qu'on devrait avoir fait et savoir faire dès la lecture du "Tweak paper" [30] terminée.

[78] *PDDL — The Planning Domain Definition Language*, Draft 0.5, sous la direction de Drew MCDERMOTT (Septembre 1997), 24 pages.
Il paraît que les numéros de version des logiciels ne sont là que pour signifier qu'il faut attendre la version 3 ; vu le contenu de ce rapport, ça nous laisse pas mal de marge. Malheureusement, en attendant, cela définit les règles du jeu.

[79] Maurice MERLEAU-PONTY, *La structure du comportement*, Presses Universitaires de France (Édition Quadrige - Décembre 1990), 248 pages.
Si la planification produit des plans alors pourquoi ne seraient-ils pas cette structure du comportement ? Pas de réponse dans ce classique, mais (au moins) une question doit naître à sa lecture : dans cette structuration par planification interposée, où mettons nous nos actes réflexes ?

[80] George MILLER, Eugene GALANTER & Karl PRIBRAM, *Plans and the Structure of Behavior*, Adams-Bannister-Cox (1986), 226 pages.
S'achète sur amazon en trois clicks ; lecture pour un indispensable éclairage rétrospectif.

[81] Henry MINTZBERG, *Grandeur et Décadence de la Planification Stratégique*, Dunod (1994), 464 pages. Traduit de l'américain (1994).
Décadence(s), surtout. À quand des résultats sur la planification tactique ?

[82] *L'expérimentation et l'intelligence artificielle*, Intellectica **22**, édité par Anne NICOLLE.
Pourquoi des titres intéressants cachent-ils souvent des banalités ?

[83] Donald NORMAN, *The Psychology of Everyday Things*, Basic Books (1987), 257 pages.
Découverte, par un chercheur des sciences de la cognition, de ce que toute personne ayant travaillé dans un bureau d'étude sait avant même d'y rentrer : le temple de la science ne communique pas avec l'extérieur. Bon catalogue d'exemples produits par cette incommunication.

[84] Leliane NUMES DE BARROS, James HENDLER & Richard BENJAMINS, *Par-KAP: a Knowledge Acquisition Tool for Building Practical Planning Systems*, Proceedings of the 13th IJCAI (1997) pages 1246–1251.

Encore une tentative de définition d'un domaine métier (expression actuellement à la mode) pour, justement, le métier de la planification. Mais bon... Pour moi, le cyle "proposer-critiquer-modifier" est bien trop général pour la planification. Mais bon... Cette approche, pour l'instant, n'a aucun mal pour tirer la couverture à elle, faute de concurrence.

[85] Judea PEARL, *Heuristics: Intelligent Search Strategies for Computer Problem Solving*, Addison-Wesley (1984), 382 pages.
Quand je pense que ce livre est traduit en français ! Comme m'a dit Joseph Goguen un jour de novembre 1995 où j'étais allé le voir à Oxford, Pearl ne s'intéresse pas aux mathématiques. Mais du coup, tout le monde peut le lire et hop : voilà la terminologie propagée dans toute la discipline. Alors il n'y a pas le choix, simplement pour savoir d'où tout ça peut bien venir. Je considère que c'est affligeant. Même *le* textbook de Stuart Russel et Peter Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach, publié par Prentice Hall en 1995, reprend la terminologie ("informed", par exemple, suffisamment vague pour être utilisé à toute les sauces).

[86] Scott PENBERTHY & Daniel WELD, *UCPOP: A Sound, Complete, Partial Order Planner for ADL*, Proceedings of Principles of Knowledge Representation and Reasoning, Cambridge (1992), pages 104–114.
J'aurais dû écrire cet article. Tant pis pour moi. Et tant pis pour vous pour la preuve de la complétude de la procédure de planification nommée UCPOP.

[87] Jacques PENON, *Quasi-topos*, Compte-Rendus de l'Académie des Sciences **276** (1973), pages 237–240.
Juste pour indiquer ce qui intéresse Jacques Penon.

[88] Jacques PITRAT, *Métaconnaissances, futur de l'intelligence artificielle*, Hermès, Paris (1990), 401 pages.
Il faut le lire. Ça fait partie de la culture en Intelligence Artificielle en français. Contient un glossaire très fourni sur la notion de métaconnaissance, et en particulier sur le méta et la planification.

[89] George POLYA, *Comment poser et résoudre un problème*, Éditions Jacques Gabay (1989), 237 pages.
Grâce à la notion de plan, répond Polya. Pas très convaicant, mais c'est un classique.

[90] Alex QUILICI, *A Memory-Based Approach to Recognizing Programming Plans*, Communications of the ACM **37**(5) (Mai 1994), numéro spécial sur le "Reverse Engineering", sous la direction de Richard WATERS & Elliot CHIKOFSKY, pages 84-93.
The plan-as-program view, mais revu en sens inverse : the program-as-plan view. En tout cas, cet article se donne du mal pour convaincre de l'utilité de la planification dans le cas de l'analyse rétrospective de programme informatique. Ça mérite grandement qu'on s'y attarde.

[91] Marc RETTIG & Gary SIMONS, *A Project Planning and Development Process for Small Teams*, Communications of the ACM **36**(10) (Octobre 1993), pages 45–53.
Explique ou et comment la planification s'applique dans le développement de logiciel. On ne sait rien du langage nécessaire pour construire les plans si ce n'est qu'elle est fortement hiérarchique (au sens de Bratman [15], c'est-à-dire qu'on procède par découpage successifs en macro-actions). Rare cas de description de la nécessité de construire des plans, au sens ou par exemple une recette de cuisine est un plan (c'est-à-dire que ce n'est pas demain la veille qu'on va construire de tels plans). Encourageant en tout cas.

[92] Philippe ROQUEPLO, *Entre savoir et décision, l'expertise scientifique*, Sciences en questions, INRA Éditions (1997), 111 pages.
Pose la question de l'objectivité de la science [114] lorsqu'elle se trouve dans la bouche d'un scientifique transformé en expert à la suite d'un débat public ou de rapport secret. C'est-à-dire, que faites-vous vraiment quand l'expert que vous êtes répond à la question : “Pourquoi financer un groupe de travail sur la planification ?”

[93] David RYDEHEARD & Rod BURSTALL, *Computational Category Theory*, Series in Computer Science, Prentice-Hall (1988), 257 pages.
Codage en ML de catégories avec quelques applications clairement décrites, allant du calcul de la fermeture transitive à l'unification. Permet d'exécuter pas à pas des théorèmes sur des catégories parfois non évidentes pour un non averti. Du coup, on peut voir ces théorèmes comme des spécifications. SpecWare, système qui porte bien son nom, de l'institut Kestrel, ne désire faire rien d'autre. Et l'ARPA a contracté avec cet institut pour la génération de planificateurs. http://www.kestrel.edu/

[94] Edward SAID, *Vertus et Misères de l'Exil*, Entretien réalisé par Sylvain Bourneau & Hadrien Laroche, Les Inrockuptibles **84** du 18 au 23 décembre 1996, pages 26–30.
Juste pour aider à redonner une taille normale à la majuscule de ce mot : “Planification”.

[95] Roger SCHANK & Robert ABELSON, *Scripts Plans Goals and Understanding: An Inquiry into Human Knowledge Structures*, Lawrence Erlbaum Associates (1977), 248 pages.
N'a sans doute pas donné lieu à du code si prometteur que ça, mais contient quand même beaucoup de bon sens pour laisser ce livre de coté sur le chemin de la planification.

[96] Roger SCHANK, *Where's the AI?*, AI Magazine **12**(4) (Winter 1991), pages 38–49.
Réponse à la question posée par le titre de l'article : dans ce qui permet à votre système de bien résister aux changements d'échelle. Nouvelle question : qu'est-ce qu'une telle résistance pour un système de planification ?

[97] *Les sciences de la prévision*, sous la direction de Ruth SCHEPS, Collection Points Science, Seuil (1996), 224 pages.
Indispensable pour aborder le sujet. N'oubliez pas : la planification doit aider à raisonner sur le futur, c'est-à-dire à prédire.

[98] Peter SCHWARTZ, *The Art of the Long View: Planning for the Future in an Uncertain World*, Doubleday (Mai 1991), 258 pages.
La planification selon la méthode des scénarii. On en retrouve une description dans [97] et [81]. D'un point de vue informatique, ce sont les scripts de Schank [95] qui s'en rapprochent le plus ; avec aussi le travail de Wilensky [110] sur les compromis et les antagonismes entre les buts que les plans peuvent satisfaire. Et il est alors remarquable que ni les travaux de Schank ni les travaux de Wilensky n'aient pu produire du code comme on pourrait informatiquement s'y attendre.

[99] Laurent SIKLÓSSY and John ROACH, *Proving the Impossible is Impossible is Possible: Disproofs based on Hereditary Partitions*, Proceedings of the 3^{rd} IJCAI, Palo Alto (1973), pages 383–387.
Pas clair à mon goût, mais seul exemple de tentative pour montrer quand on ne peut résoudre un problème de planification. Également très drôle.

[100] Herbert SIMON, *Sciences des systèmes – Sciences de l'artificiel*, Dunod (1991), 229 pages. Traduit de l'anglais (1969, 1981).
Le manifeste du Symbole et de la Planification.

[101] Herbert Simon, *Artificial intelligence: an empirical science*, Artificial Intelligence **77**(1) (Août 1995), pages 95–127.

"The natural laws that dertermine the structure and behavior of an object, natural or artificial are its internal constraints." C'est à cette phrase que je m'arrête de prendre cette article au sérieux, à moins de supposer que beaucoup d'objets physiquement externes deviennent des "internal constraints", qui n'est pas une supposition faite par Simon. Sinon ça définit clairement la ligne du parti ; c'est déjà ça.

[102] Mark Stefik, *Introduction to Knowledge Systems*, Morgan Systems (1995), 870 pages.

Mettez le Russel et Norvig à la poubelle et utilisez ce livre à la place. Mettez le Russel et Norvig à la poubelle et utilisez ce livre à la place. Mettez le Russel et Norvig à la poubelle et utilisez ce livre à la place. Voulez-vous que je vous le récrive encore une fois ? Ten years in the making, paraît-il, et bien cela se voit : les références sont parfois un peu désuètes, mais quel contenu !

[103] Isabelle Stengers, *La volonté de faire Science : à propos de la psychanalyse*, Les empêcheurs de penser en rond, Synthélabo (1996), 84 pages.

Selon Freud, l'inconscient et le squelette sont les deux seuls invariants concernant l'être humain. Mais alors, comment étudier la planification chez un sujet humain ? Et puis, il était alors trivial qu'on trouverait des gens qui font autre chose que planifier pour naviguer, par exemple. Et puis selon Ilya Prigogine, le vieillissement est le seul invariant de l'univers, ce qui nous entraîne encore plus loin que la planification.

[104] Isabelle Stengers, *Sciences et Pouvoirs*, Labor (1997), 89 pages.

Si on prend ce livre au pied de la lettre, il suffirait qu'il y ait plus de gens qui ne s'intéresse pas à la planification que de gens qui s'y intéresse pour que celle-ci finisse par tomber dans l'oubli.

[105] Anthony Stylianou, Gregory Madey & Robert Smith, *Selection Criteria for Expert System Shells: A Socio-Technical Framework*, Communications of the ACM **35**(10), Octobre 1992, pages 30–48.

Appliquez les critères de l'article à des (hypothétiques) systèmes de planification ; vous obtenez alors la démonstration par a plus b que la planification de 1998 n'est pas prête pour le prime-time. Malgré ce que Matt Ginsberg claironna un jour de la fin mai 1996.

[106] Lucy Suchman, *Plans and Situated Actions : The problem of human-machine communication*, Cambridge University Press (1987), 203 pages.

Un autre manifeste : celui de la disparition de l'utilité du symbole et de la planification. Poussé dans ses derniers retranchement, ce livre doit vous amener à croire qu'un plan n'est même pas une ressource mais seulement un artifice d'expression du contrôle sur l'action.

[107] Gerald Sussman, *A Computational Model of Skill Acquisition*, Elsevier (1975).

Se lit comme deuxième livre d'histoire sur la planification, après [80], mais n'est pas indispensable. Contient toutes les pistes nécessaires à l'éclairage de la terminologie (actuellement) absconse de la planification de ces années 70.

[108] Claude Tricot, *Courbes et dimension fractale*, Springer-Verlag (1993), 329 pages.

Pleins de méthodes pour calculer les dimensions fractales des signaux obtenus lors de la construction d'un espace de recherche, de la part d'un planificateur confronté à la résolution d'un problème de planification. Beaucoup moins facile à lire que [41].

[109] André VALENTE, *Knowledge level analysis of planning*, ACM SigArt Bulletin **6**(1) (1995), pages 33–41.
Dans la droite ligne de [84]. Si cet article propose une méthode que je trouve bien trop générale pour pouvoir prétendre donner un éclairage judicieux de la planification, ce n'en est pas moins un article très accessible et qui pourrait bien devenir l'article d'entrée dans la communauté. En tout cas, je vous conseille fortement de le lire avant [69].

[110] Robert WILENSKY, *Planning and Understanding: A Computational Approach to Human Reasoning*, Addison-Wesley (1983), 168 pages.
Beaucoup d'idées sur les plans et comment leur construction est reliée aux relations positives et négatives entre les buts que les plans tentent de satisfaire. Contient aussi beaucoup de petites histoires convaincantes pour illustrer le tout. Toutefois, la partie sur l'implantaion est faible (mais, finalement, était-ce là le propos de Wilensky ?). Référence revenue au goût du jour dans la communauté multi-agents, en raison, justement, du propos sur les interactions entre les buts (de plusieurs agents). Alors gardez-le dans un coin, on ne sait jamais.

[111] Terry WINOGRAD, *Bringing Design to Software*, ACM Press, Addison Wesley (1995), 321 pages.
Vous avez du mal avec l'architecture logicielle spécifique pour la planification ? C'est parce que vous n'avez pas lu l'opus de Richard Gabriel [44], ce qui est impardonnable, et je suis sérieux. Heureusement pour vous, le livre de Winograd vous donne l'occasion de vous racheter.

[112] Yan XIAO, Paul MILGRAM & John DOYLE, *Planning behavior and its Functionnal Role in Interactions with Complex Systems*, IEEE Transations on Systems, Man, and Cybernetics—Part A: Systems and Humans, **27**(3) (Mai 1997), pages 313–324.
Ah ! Enfin des gens qui planifient (les anesthésistes) ? Non, non. Toujours pas. L'aspect prédiction cher à l'IA est toujours hors jeu en ce qui concerne les activités humaines. En fait, les auteurs découvrent que les anesthésistes ne planifient pas pour prédire (au sens strict) ou pour tester des alternatives, mais pour répondre aux questions suivantes : (i) qu'est-ce qui pourrait bien tourner mal ? (ii) pour quoi devrais-je être vigilant ? (iii) ai-je oublié de considérer quelque chose ? (iv) ai-je une solution à un problème potentiel ? C'est-à-dire qu'on rechercherait plus l'identification de problèmes pouvant survenir que la construction de solutions qui se ferait par d'autres moyens que la planification. Finalement assez classique dans son approche et dans ses références, cet article mériterait une médaille d'or pour son objectivité.

[113] Qiang YANG, *Intelligent Planning: A Decomposition and Abstraction Based Approach*, Springer-Verlag (1997), 252 pages.
Livre bien organisé ; l'aspect génie logiciel pour la planification pointe un tout petit bout de son nez. C'est bien. Sinon, ce qui n'était pas clair dans les articles qui ont permis l'écriture de ce livre n'est pas plus clair dans ce livre et ça, ce n'est pas bien.

[114] John ZIMAN, *Is science loosing its objectivity?*, Nature **382**, 29 Août 1996, pages 751–754.
Proposition : les financements privés canalisent dangereusement la recherche scientifique car les résultats doivent alors correspondre aux attentes de ces mêmes financements. C'est-à-dire que (i) bien des sujets de recherches sont laissés pour compte faute de financements et (ii) les contraintes de survie du domaine privé amènera à formuler les résultats de recherche qui (subjectivement) conviennent. Sincèrement, n'est-ce pas actuellement ce qui se passe pour, par exemple, la conférence Artificial Intelligence Planning System, qui contient une majorité écrasante d'articles satisfaisant les programmes de l'armée américaine ?

(Femto-)guides

Les articles qui suivent

Ce qui suit se compose des six articles suivants :

1. Bernard Conein, Éric Jacopin, *Les objets dans l'espace : la planification dans l'action*, Raisons Pratiques 4, Numéro spécial "Les objets dans l'action", École des Hautes Études en Sciences Sociales (Novembre 1993).
2. Bernard Conein, Éric Jacopin, *Action Située et Cognition : le savoir en place*, Revue Française de Sociologie du Travail 4/94, Numéro spécial "Travail et Cognition", Dunod (Décembre 1994).
3. Bernard Conein, Éric Jacopin, *Projected Plans and Situated Activity: Inventory of Objects and Workspace*, AAAI Fall'96 Symposium on Embodied Action and Cognition, Tech. report FS-96-04, , AAAI Press Publication, Palo Alto (Novembre 1996).
4. Bernard Conein, Éric Jacopin, *Situated Action and Cognition: Knowledge in Space*, in: Christian Heath & Paul Luff Editors, Cambridge University Press (1998). À paraître.
5. Bernard Conein, Éric Jacopin, *L'appauvrissement de la représentation : projection de plan et contrôle de l'action par les objets*, in: *Mémoire Collective, Technologie, Idéologie, Pratique*, Édité par Charles Lenay, UTC (1998). À paraître.
6. Éric Jacopin, *On the Foundations of Classical Planning: Some Algebraic and Topological Structures*, Papers of the 14^{th} UK Planning and Scheduling Workshop, Special Interest Group, Edited by Sam Steel, Technical Report 255, University of Essex, Colchester, UK, (Novembre 1995).

Quelques mots avant l'attaque de leur(s) lecture(s).

Ces articles retracent mes aventures dans le monde de la planification comme discipline.

1 contient le résultat des premières interactions de deux auteurs. La question posée est celle de savoir si l'action peut être sans plan ; l'article n'y répond pas, mais il confronte les savoirs de deux domaines a priori distincts sur la question : (i) l'étude ethnométhodologique de l'activité quotidienne de la réalisation d'un plat et (ii) l'encodage informatique d'un joueur (quotidien) de jeu-vidéo.

2, 3, et 5 font référence au même exemple du supermarché parce qu'il nous fallait un exemple accessible à tout un chacun qui puisse ancrer notre recherche autour du même thème (la cognition situé) bien que les questions abordées soient différentes pour les trois articles. Cet exemple sert ainsi de trois façon différentes dans ces trois articles : 1 l'utilise pour présenter le point de vue de Jean Lave (voir la référence dans les articles) et l'intégrer dans une histoire des courants de la cognition située. 2 l'utilise pour démonter le mécanisme de projection (i.e. d'externalisation) de plan dans l'hypothèse brooksienne où l'environnement est son meilleur modèle (i.e. pas de représentations internes ; seulement des représentations externes) et sert alors comme dépôt des représentations de l'activité d'un individu. 5 part de ces trois représentations externes et considèrent leur position publique : comment d'autres individus peuvent accéder à ces représentations ?

4 est une récriture de 3 en tentant de rendre le contenu aussi uniforme que possible (comme le choix uniforme du vocabulaire, par exemple). Peut-être cet article fait-il la part moins belle à Lucy Suchman (voir les références dans les articles) qu'aux autres, mais elle n'est pas la seule à évoluer dans le courant dit "situé".

6 tente de théoriser la planification de type Strips avec des structures mathématiques très régulières : des structures algébriques (groupe, corps, etc). À l'époque, je voulais géométriser la

planification afin de concevoir des méthodes dites numériques pour la résolution de problèmes de planification. Ainsi cet article part-il de la question suivante : quelle est l'équation résolue par un plan ? Et construit les espaces dans lesquels on peut écrire ces équations. Il semble que l'ensemble des solutions d'un problème de planification s'apparente à un ensemble algébrique affine (défini par la partie du corps définissant, i.e. encodant, le problème de planification), mais cela reste à faire.

`Pweak` : développement, diffusion et boîtes de dialogues

Dans le numéro du jeudi 24 décembre 1998 de Libération, page 17, à coté d'une interview de Richard Stallman de passage à Paris, se trouve un article sur ces "programmeurs de l'ombre souvent bénévoles et qui se satisfont de la reconnaissance de leurs pairs" (quasi-sic). On y apprend qu'on explique chez Netscape, que "développer un logiciel libre est le meilleur moyen pour apprendre le métier de développeur" (sic, cette fois-ci).

Bien sûr, ce ne peut-être que du journalisme, mais laissez-moi vous entretenir, une dernière fois, sur mon expérience du développement d'un logiciel libre.

D'abord, `Pweak` est un logiciel libre dont les sources sont accessibles et qui nécessite Open-Prolog, un logiciel libre d'utilisation mais dont les sources ne sont pas accessibles.

À l'origine, je voulais faire un logiciel pour pouvoir enseigner la planification de type STRIPS, avec menus et tout le tralala afin que les étudiants puissent l'utiliser comme n'importe quelle autre application (oui, vous avez bien déjà lu ça quelque part). Mais je voulais aussi que les sources soient accessibles afin qu'on puisse potentiellement les modifier et voir les effets de ces modifications. Rapidement, j'en suis venu à ce qu'il fallait que le langage dans lequel serait écrit `Pweak` soit aussi libre, afin que n'importe qui désirant utiliser `Pweak` n'aie d'autre soucis que celui de télécharger le langage et l'application pour exécuter le code source de `Pweak`. Il me fallait un prolog, car cela permettait, d'un point de vue de l'enseignement et selon moi, d'écrire les procédures en quelques lignes et ainsi de rendre les sources plus facilement accessibles de par leur simplicité : utiliser Open-Prolog comme un outil de prototypage rapide. En 1993, j'ai trouvé deux implémentations de prolog libres de droits sur Macintosh, et après quelques tests, j'en ai choisi un début 1994 parce qu'il avait des facilités graphiques et de quoi faire des menus et des boîtes de dialogues rudimentaires ; et aussi parce que son auteur, Mike Brady, du département d'informatique du Trinity College de Dublin répondait à *toutes* mes demandes, qui allaient de la correction de bugs d'Open-Prolog à l'ajout de fonctionnalités.

Je n'ai pas particulièrement fait de la publicité autour de `Pweak`, mais fin mai/début juin 1994, j'ai commencé une page web pour regrouper les liens autour de la planification, et j'y ai rendu `Pweak` visible.

`Pweak` a été téléchargé bien des fois, de l'Australie au Japon, mais je n'ai jamais vraiment eu d'interactions avec un utilisateur. Tout ça pour dire que dans le cadre d'une application de planification de type STRIPS sur Macintosh, la reconnaissance de mes pairs : bof ! En fait, il y a eu un étudiant de Master en IA de l'université Manchester qui m'a écrit un jour de printemps 1996, pour me remercier d'avoir "fait" `Pweak` sans lequel il n'aurait pu écrire son mémoire de Master. Et puis Tim Finin m'a demandé en septembre 1997, s'il existait une version de `Pweak` sur Sicstus Prolog. Et c'est presque tout[18]. Et puis, je n'ai pu utilisé `Pweak` comme je le désirais pour l'enseignement de la planification, car cela n'intéresse personne : finalement, peu de gens connaissent Prolog et l'enseignement de la planification à base d'articles publiés fait que les codes utilisés dans les cours sont ceux publiés dans ces articles. D'ailleurs, il n'y a même pas l'équivalent de `Pweak` en LISP : au delà du coût du développement, il n'y a tout simplement pas de besoin. Seul Yves Gueniffey, enseignant l'IA à l'École

---

[18] En revanche la page web est devenue bien plus populaire et l'on me demande régulièrement d'ajouter des pointeurs vers des pages particulières.

des Mines de Nancy a récupéré `Pweak` à ce sujet et m'en a parlé (et invité pour faire un cours, au printemps 1997).

Ainsi, j'ai continué de développer `Pweak` pour me faire plaisir et non pour faire plaisir à qui que ce soit et encore moins pour la reconnaissance de mes pairs[19]. C'est-à-dire qu'effectivement, j'ai vraiment fait des versions d'un logiciel : oui, je pense qu'à développer un logiciel libre, on apprend bien des choses du développement des logiciels. De la correction de bugs à la rédaction d'un fichier qui pourrait servir de manuel. Et de la planification de versions avec certaines fonctionnalités et pas d'autres (pour des raisons de temps de développement). De la mise en place de tests, de formats de répertoires et de fichiers, de commentaires lisibles ainsi que du choix des identificateurs (eh oui ! le source est founi et les utilisateurs sont censés pouvoir le modifier à leur guise ; il faut donc leur faciliter cet effort), en passant par la maintenance d'anciennes versions pour des problèmes de compatibilités lors des évolutions d'Open-Prolog. Pour moi, tout ça va finalement bien au-delà que la simple envie de faire un logiciel et de le distribuer : ą a plutôt la forme d'un boulot à plein temps. Ainsi, lorsque j'ai lu ces quelques lignes dans Libération, bon sang, j'ai trouvé que c'était du journalisme qui relatait beaucoup de choses vraies.

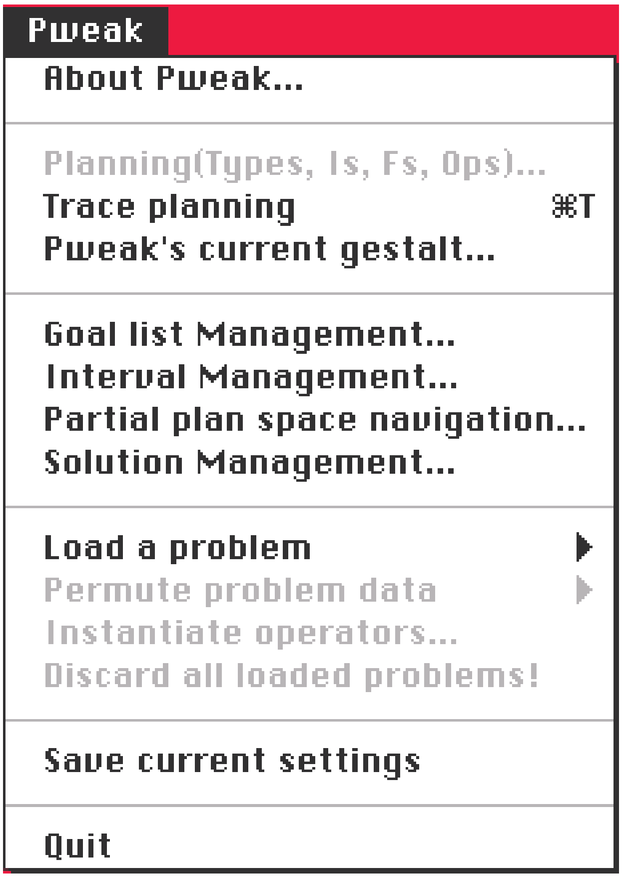
J'ai raté plusieurs choses à propos de `Pweak`. De ne pas chercher à le diffuser sur des CD-ROMs grand public (comme celui de Prime-Time Software qui diffuse des logiciels libres d'IA), d'abord. De ne pas avoir choisi un langage professionnel, ensuite. Car ce qui est étonnant, c'est qu'on découvre qu'on a pas besoin des bugs des autres, ni d'attendre leur bon vouloir (même s'il est énorme). Incroyablement, j'ai retrouvé ce même point de vue relaté par Richard Gabriel [44] à propos justement des logiciel libres. Ainsi, j'aurais dû choisir un LISP professionel sur Macintosh ; simplement parce que les gens ne vont pas se mettre spontanément à Prolog pour utiliser `Pweak`, parce que l'audience potentielle connaît LISP de toute façon et enfin parce qu'il existe des implantations professionnelles de LISP sur Macintosh qui font tout ce qu'il faut, et probablement même un peu plus. En fait, tant pis pour les facilités de Prolog, qui permettent d'écrire rapidement des applications nécessitant l'unification et le backtracking : mon problème, c'était d'abord de diffuser. C'est une bonne vieille règle industrielle concernant les développements exploratoires : seul ce qui fait le corps du concept doit être exploratoire et le reste doit être de la routine. En fait, logiciel libre ou pas, à en développer on apprend le métier de développeur de logiciel simplement parce que l'objectif du développeur est le même que pour un logiciel commercial : que les fonctionnalités soient terminées dans le temps imparti. Trivial, mais à ne *jamais* oublier.

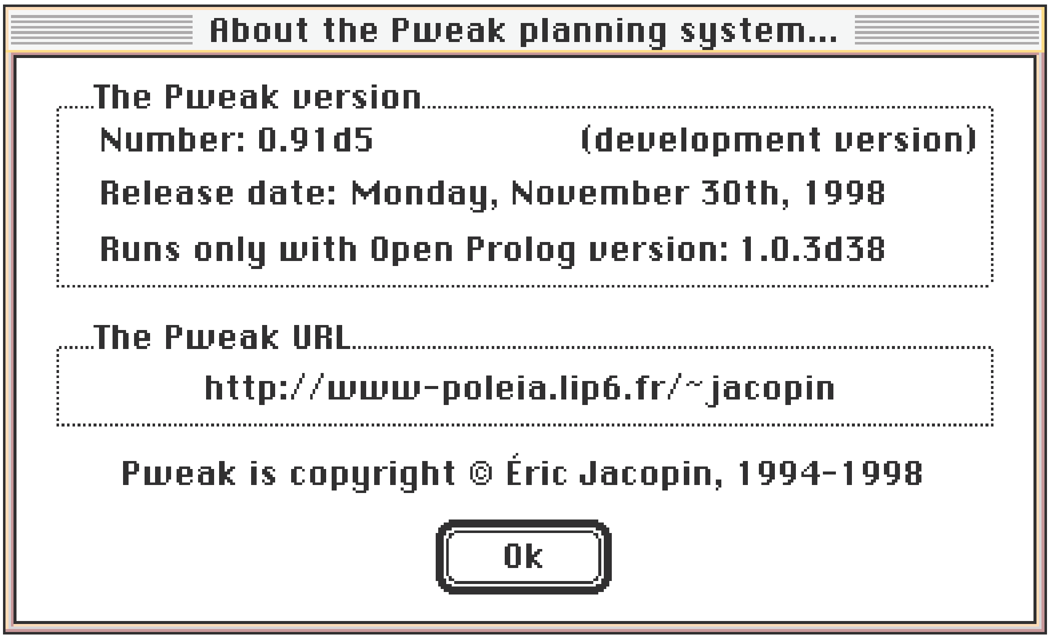
Quelques mots sur les boîtes de dialogues que vous trouverez dans les pages qui suivent. PWEAK est une application qui s'ajoute à Open-Prolog : lorsqu'on double-clique sur la feuille de travail Open-Prolog qui est fournie avec PWEAK, c'est Open-Prolog qui se lance et qui, une fois chargé, exécute le code qui charge alors le menu de PWEAK à coté des menus d'Open-Prolog. Le menu de PWEAK possède initialement des sous-menus désactivés (i.e. grisés), afin de ne permettre à l'utilisateur que de configurer la procédure de planification comme désirée ou bien de charger un problème. Le chargement d'un problème rend la planification possible. Les boîtes de dialogues sont avec ou sans mode (le bandeau de la boîte de dialogue est alors noir et ses coins sont arrondis ; PWEAK en fourni deux : (i) la sélection d'un problème à résoudre et (ii) l'instantiation des opérateurs du problème avant la recherche d'une solution). C'est-à-dire que l'on peut obliger l'utilisateur à ne rien pouvoir faire d'autre

---

[19] D'ailleurs, qui sont-ils, mes pairs chercheurs qui téléchargent les logiciels des autres et les décortiquent ? C'est un boulot à plein temps ; il faut être pile dans le créneau et en plus plonger dans l'eau froide du code écrit par quelqu'un d'autre. C'est une frange si petite qu'elle en est vide, comme dirait Bruno Latour [71]. Non. Pour que ça marche, il faut que ce soit aussi une application utile ; c'est-à-dire par exemple, un planificateur pour l'enseignement de la planification de type STRIPS, mais qui sait aussi planifier pour nous faciliter l'écriture de nos nécesssaires rapports internes et autres articles.

que d'interagir avec une boîte de dialogue tant qu'il n'aura pas validé ou annulé cette interaction ; par exemple, ce ne doit surtout pas être le cas du choix d'un problème de planification à résoudre. Ce pourrait être le cas des boîtes de dialogues de configuration de la procédure de planification, et l'on pourrait ainsi modifier cette configuration lors de la construction d'un espace de recherche, mais la gestion des interruptions dans Open-Prolog n'est pas parfaite et c'est pour l'instant impossible (pensez toutefois combien la chose est intéressante : en fonction de la visualisation en ligne du multimètre, on modifierait le type de recherche. . .).




About the Pweak planning system...

The Pweak version

Number: 0.91d5 (development version)

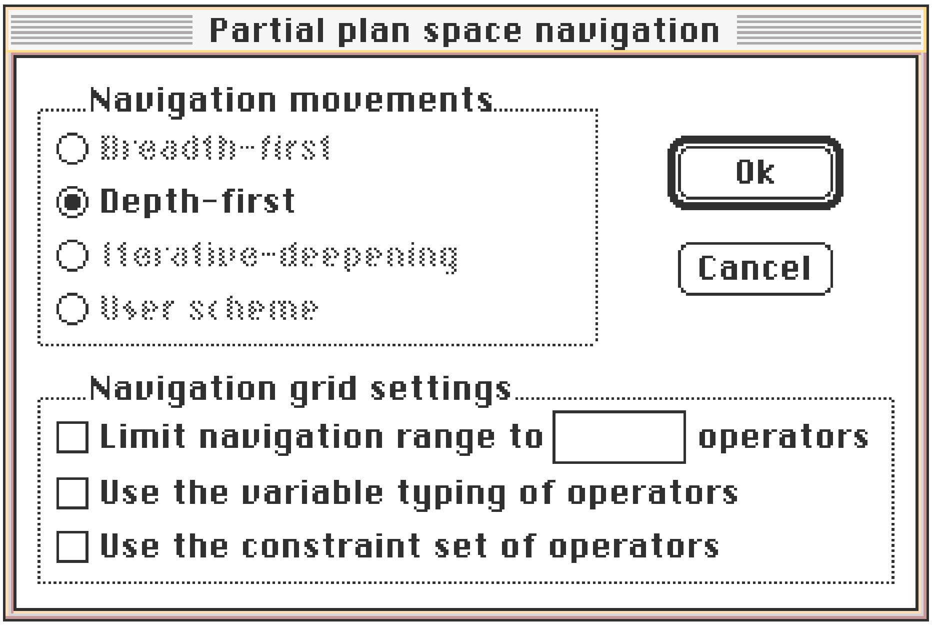
Release date: Monday, November 30th, 1998

Runs only with Open Prolog version: 1.0.3d38

The Pweak URL

http://www-poleia.lip6.fr/~jacopin

Pweak is copyright © Éric Jacopin, 1994-1998



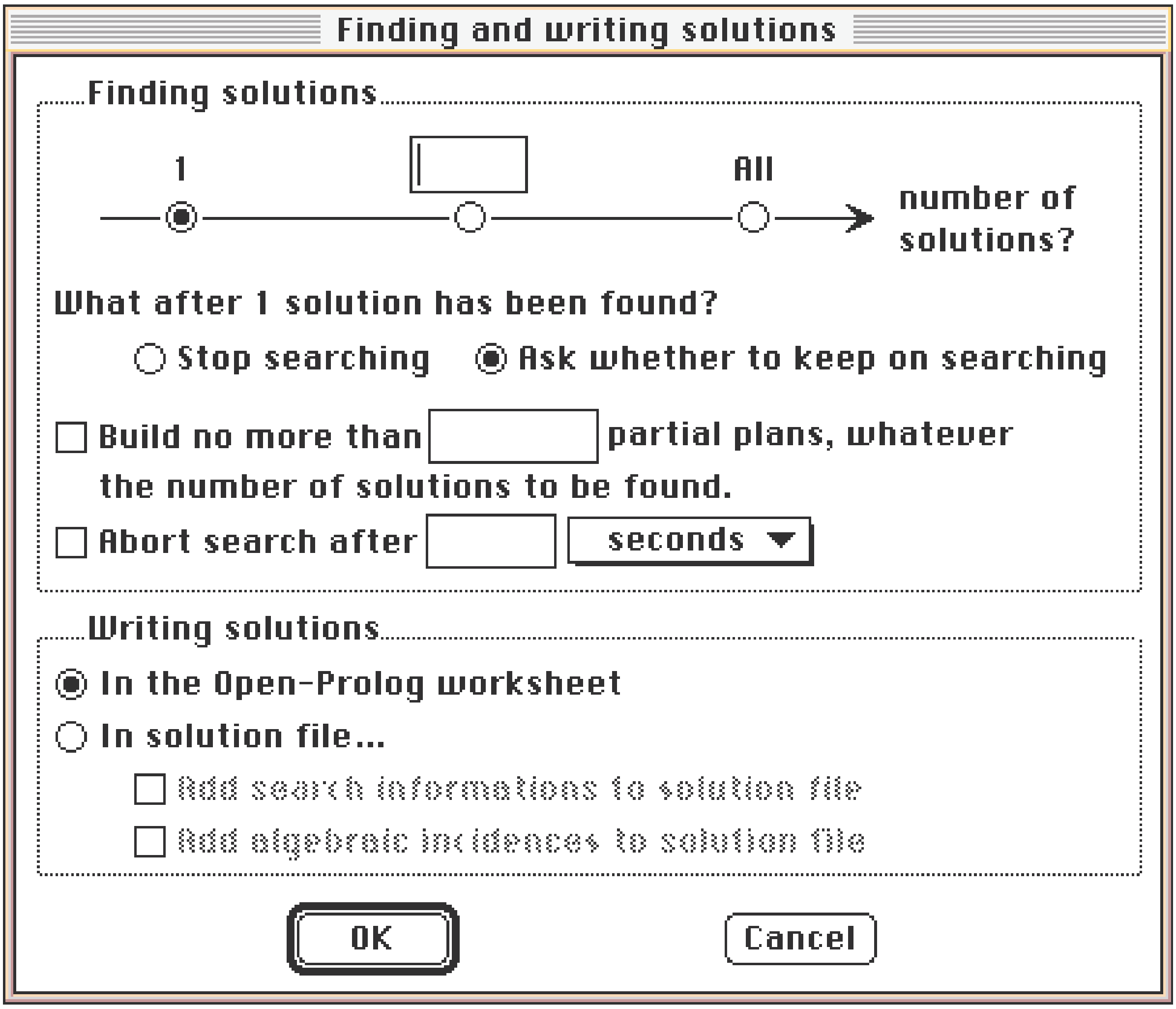
Partial plan space navigation

Navigation movements

○ Breadth-first
● Depth-first
○ Iterative-deepening
○ User scheme

Navigation grid settings

☐ Limit navigation range to ____ operators
☐ Use the variable typing of operators
☐ Use the constraint set of operators



Finding and writing solutions

Finding solutions

● 1 ○ ____ ○ All → number of solutions?

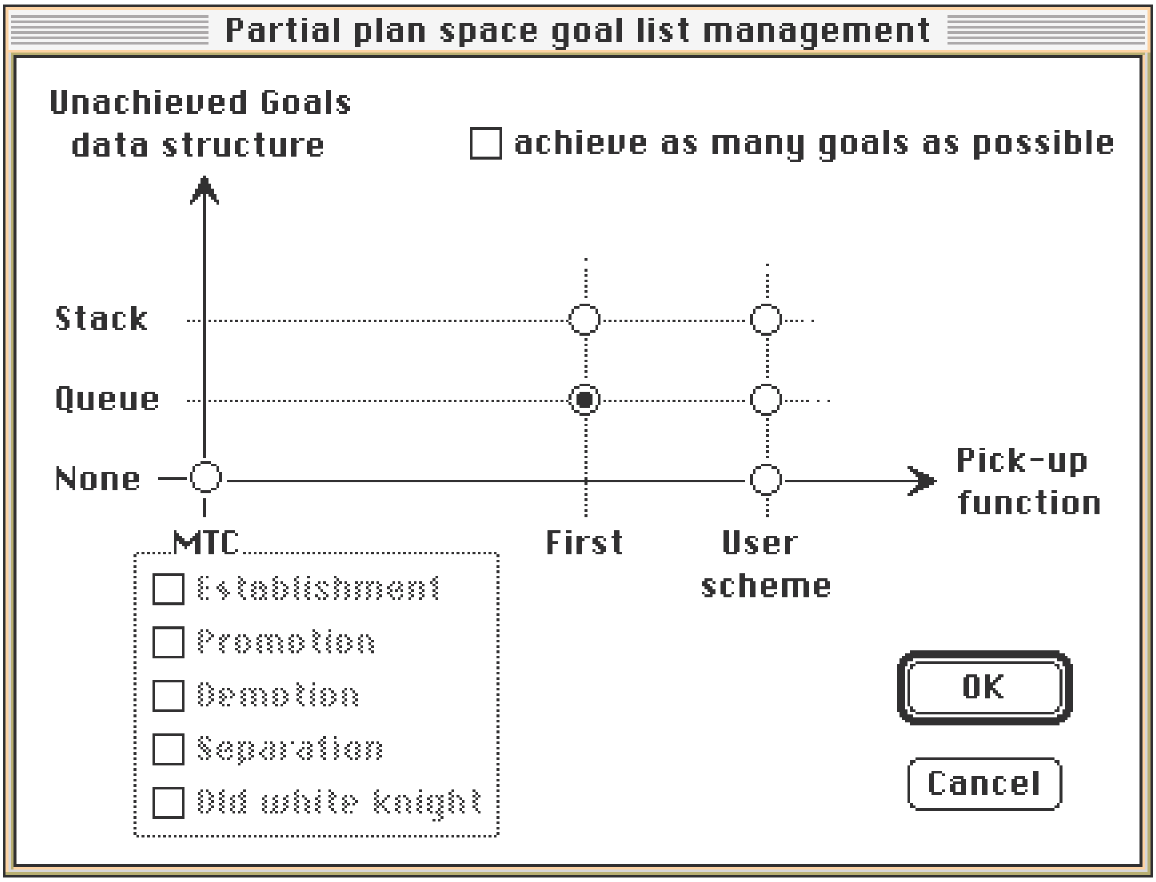
What after 1 solution has been found?

○ Stop searching ● Ask whether to keep on searching

☐ Build no more than ____ partial plans, whatever the number of solutions to be found.
☐ Abort search after ____ seconds ▼

Writing solutions

● In the Open-Prolog worksheet
○ In solution file...
☐ Add search informations to solution file
☐ Add algebraic incidences to solution file



Partial plan space goal list management

☐ achieve as many goals as possible

☐ Establishment
☐ Promotion
☐ Demotion
☐ Separation
☐ Old white knight