



HAL
open science

A la recherche d'une planification plus humaine

Kevin Colombier, Axel Buendia

► **To cite this version:**

Kevin Colombier, Axel Buendia. A la recherche d'une planification plus humaine. Conférence Nationale en Intelligence Artificielle, Jul 2019, Toulouse, France. hal-02328768

HAL Id: hal-02328768

<https://hal.science/hal-02328768v1>

Submitted on 23 Oct 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

[blue sky] A la recherche d'une planification plus humaine

Kevin Colombier¹²

Axel Buendia¹²

¹ CEDRIC-CNAM

² SpirOps

prenom.nom@spirops.com

Résumé

La planification est la recherche d'un plan d'actions afin d'atteindre un objectif. La planification classique est basée sur un ensemble d'hypothèses qui permet une résolution optimale de problèmes complexes. Ils sont notamment composés d'un grand nombre d'instances, ce qui implique un élargissement du graphe de recherche. Cependant, elle est moins efficace dans des environnements plus proches du monde réel. Nous pensons qu'il est préférable d'avoir une planification plus humaine, avec une résolution satisfaisante de problèmes dans des environnements dynamiques. Il en résulte un besoin d'utiliser des connaissances générales de sens commun et donc d'avoir une mémoire plus expressive. Ces travaux permettraient d'améliorer la planification dans des contextes du monde réel comme dans la robotique ou la simulation.

Mots Clef

Planification humaine, planification dynamique, monde réel, sens commun.

Abstract

Planning is the task of searching an action plan to achieve a goal. Classical planning is based on a set of assumptions which makes it possible to solve optimally some complex problems. They are composed of a huge number of instances, and that implies a larger search graph. However, in real-world environment this approach is less efficient. We think a human planning would be preferable for solving problems in dynamic environments in a satisfying way. It results in a need of a common-sense knowledge and thus a more expressive memory. This work aims at improving planning in real-world contexts like robotics or simulations.

Keywords

Human planning, dynamic planning, real world, common sense.

1 Introduction

Un agent cognitif est un agent intelligent, c'est-à-dire qu'il est capable de percevoir son environnement et d'agir pour

le modifier. A l'opposé d'un agent réactif, qui ne se base que sur ses perceptions pour prendre des décisions, l'agent cognitif est capable de stocker de nouvelles connaissances dans une mémoire et de faire des inférences à partir de celle-ci afin de raisonner. L'agent est communément composé de deux systèmes de décisions : le *système 1* qui reflète l'intuition et le *système 2* qui exprime la réflexion ([10]). Pour interagir avec son environnement et en fonction de la rapidité à laquelle il doit réagir, il peut prendre des décisions de manière réflexe avec le système 1 ou bien intentionnelle avec le système 2. La première est une réponse à un stimulus sans objectif précis. La deuxième demande une réflexion plus longue et vise à l'accomplissement d'objectifs, ce qui implique la capacité de pouvoir se représenter des états futurs possibles et de les juger. En effet, pour accomplir des *objectifs*, des états hypothétiques que l'agent souhaite atteindre, il doit planifier, c'est-à-dire trouver un *plan*, une suite d'actions, qui lui permettra de passer de l'état actuel à l'état souhaité de l'environnement.

La planification est un des domaines fondateurs de l'intelligence artificielle (IA). Initialement, le but de l'IA est de fabriquer une machine capable de penser comme un humain. Or, la planification est un des mécanismes de base du raisonnement humain. De nombreux travaux de recherche ont été réalisés et ont défini le cadre classique de la planification. Par la suite, un langage commun a été créé, le *PDDL* [4], permettant la création d'un ensemble de problèmes classiques utilisés pour se comparer. Dans ce cadre, des algorithmes efficaces ont été développés et sont devenus la norme de l'état de l'art [6]. Ils ont comme objectif de résoudre des problèmes de manière *optimale* avec des objectifs fixés à l'avance. Ces planificateurs permettent de résoudre des problèmes insolubles pour un humain en temps raisonnable. Ils sont très performants pour un nombre restreint et bien défini de problèmes. Le cadre de la planification classique est très circonscrit, il définit un ensemble d'hypothèses simplificatrices qui limitent principalement l'environnement du problème [6]. L'humain, en comparaison, planifie des tâches plus simples, mais dans un monde plus complexe.

Nous souhaitons mettre en avant le besoin d'un nouveau type de planification, non pas *optimale* mais *humaine*. Pour

nous, la planification humaine est une planification *satisfaisante* dans un environnement *dynamique, inconnu ou ouvert*. Autrement dit, nous voulons nous placer dans un environnement en constante modification, par sa physique ou par les actions d'autres acteurs. De plus nous souhaitons que l'agent n'ait qu'une connaissance limitée de son environnement -à ce qu'il peut percevoir- et qu'il ait conscience qu'il ne pourra jamais avoir toutes les connaissances sur celui-ci. Dans cet article, nous présenterons d'abord les différences majeures que nous voyons entre la planification classique et une planification plus humaine puis nous montrerons les apports et les intérêts qu'une telle planification peut avoir avant de conclure. Dans la suite de l'article excepté la conclusion, le "nous" désigne les humains en général et non pas les auteurs, qui sont désignés comme tels.

2 Différence entre la planification humaine et la planification classique

2.1 Hypothèses de base de la planification classique

La planification classique se base sur un ensemble d'hypothèses : elle doit être faite dans un environnement parfaitement observable, déterministe, fini, statique, discret par rapport au temps, aux actions et aux objectifs et où il n'y a pas d'autres agents qui agissent [6]. De plus, elle est effectuée en hors ligne, c'est-à-dire que l'intégralité de la planification est réalisée avant l'exécution. Ces hypothèses permettent de simplifier la recherche et, par conséquent, de travailler sur des problèmes larges et complexes en cherchant les solutions optimales. Cependant, ces hypothèses sont très fortes, en particulier lorsqu'il s'agit de travailler dans un environnement proche du monde réel. Notre environnement de tous les jours dépasse fortement toutes ces limitations : il est dynamique, inconnu, ouvert [1, 21].

Il est vrai que des travaux ont cherché à dépasser ces limites, en supprimant quelques hypothèses dans leur cadre d'étude. Cela a permis de créer différents frameworks de planification (Fig. 1) comme la planification temporelle, qui ajoute une durée aux actions, ou la planification incertaine, où l'environnement est partiellement observable et les conséquences des actions non déterministes. Une solution commune pour arriver à résoudre ces problématiques est de trouver un moyen de traduire le problème et de revenir dans une planification classique. Il suffit alors d'utiliser le résultat issu de la planification classique, qui s'obtient assez rapidement, dans la nouvelle problématique. Il n'y a, à la connaissance des auteurs, aucun travail qui a cherché à contredire l'ensemble de ces hypothèses. Il est vrai que celles-ci ont été posées car la recherche du plan solution est très complexe, et donc fixer certaines contraintes permet aux planificateurs de le trouver dans un temps raisonnable. Cependant ces contraintes portent sur l'environnement qui entoure l'agent, limitant de ce fait le cadre d'usage de la

planification. Les auteurs pensent qu'il peut être intéressant de s'affranchir de l'ensemble de ces limites sur l'environnement en particulier pour des problématiques du monde réel. En contrepartie, nous ne visons pas une planification optimale en hors ligne mais au contraire une planification satisfaisante en ligne dans un environnement complexe.

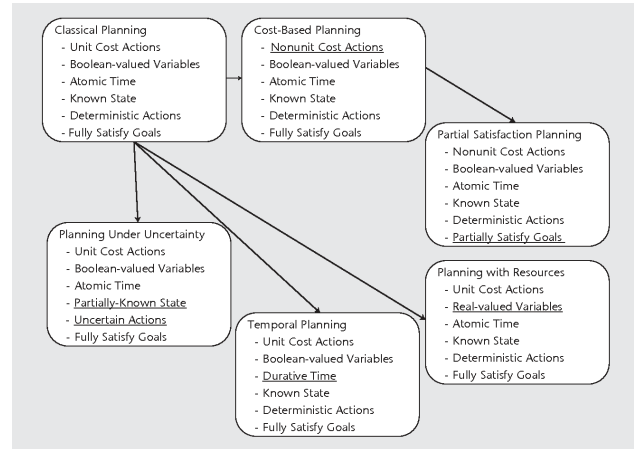


FIGURE 1 – Différent framework de planification [2]

2.2 Une multitude d'objectifs

Classiquement, la planification est souvent synonyme de résolution de problèmes. Elle est définie comme la recherche d'une suite d'actions permettant d'atteindre un objectif donné [6]. Cette recherche se fait dans un graphe de recherche où les noeuds sont les états de l'environnement et les liens sont des actions. Cette définition souligne que la planification fonctionne pour un problème précis sur un objectif précis. Cela signifie que sortie du cadre défini dans le problème, la planification ne pourra pas être faite. L'objectif est donné au préalable de la planification, par un utilisateur ou un système externe. Lorsque le plan permettant d'atteindre l'objectif est trouvé, la planification s'arrête. Le problème est résolu. On passe à un nouvel objectif et un nouveau problème.

Au contraire les humains ont toujours un grand nombre d'objectifs en tête. Certains sont des objectifs à très long terme (être riche, être sportif, maigrir), d'autres plus proches (manger, lire, aller au cinéma). Certains objectifs arrivent à la suite d'une sensation (la vue d'un objet convoité, le parfum d'un gâteau au four, le son de l'eau qui coule), d'autres à la suite d'un besoin de base pour la survie ou d'envie du corps (faim, soif, fatigue) [14]. Le choix du plan suivi dépend de l'ensemble de ces objectifs.

Un objectif comprend un ensemble de sous-objectifs. Il représente l'état final que l'agent souhaite atteindre. Quand on parle d'état, on parle en fait d'un état global qui incarne la situation du monde à un instant donné. Celui-ci se décompose en un ensemble d'états atomiques. Par exemple un état final pourrait être : le gâteau est chaud, il est posé sur une assiette, l'assiette est dans la cuisine, le four est éteint ... Pour l'état final, chacun de ces états atomiques est

un sous-objectif. Le but de l'agent est d'atteindre cet état global précis comprenant tous les sous-objectifs. La planification classique cherche à maximiser le nombre de sous-objectifs atteints. Si un sous-objectif n'est pas atteint à la fin de celle-ci, on dit qu'elle a échoué.

En général en planification, les objectifs sont donnés en entrée de l'algorithme et ne sont pas modifiés durant tout le processus. Cela signifie que l'agent n'a pas de contrôle sur ses objectifs, il ne doit que les suivre et les achever. Pourtant les objectifs évoluent au cours du temps en fonction des observations du monde. L'étude des objectifs, appelée le raisonnement sur les objectifs [22], s'intéresse à la génération de nouveaux objectifs et à l'adaptation des objectifs existants à la vue de nouveaux besoins. Les objectifs possèdent, tout comme les actions, une hiérarchie. Lorsque l'on boit de la limonade, l'objectif peut tout aussi bien être "étancher ma soif", ou "équilibrer mon niveau de saccharose" ou encore "survivre" [16].

Dans la littérature, pour sélectionner l'objectif le plus intéressant par rapport à une multitude d'objectifs, il faut assigner à chacun un score qui dépend, entre autres, de trois paramètres : l'*envie* que l'objectif cherche à résoudre, le *coût* estimé que cela engendrera, et la *probabilité d'accomplissement* [8]. Pour les deux derniers, il faut avoir une estimation du plan à effectuer. Il faut donc une première planification, peut-être simplifiée, permettant de calculer un score pour chacun des objectifs afin de les comparer. Mais ceci implique souvent de repasser plusieurs fois dans des parties du graphe de recherche déjà explorées par de précédents objectifs. Les auteurs pensent qu'il est préférable d'effectuer une recherche en largeur dès le départ et de déterminer au fur et à mesure les scores de chaque objectif, plutôt que de planifier pour chaque objectif.

2.3 Planification dynamique

Un environnement dynamique est sans cesse modifié par les agents qui agissent dedans et par les règles physiques de l'environnement lui-même. Un agent peut connaître les règles de l'environnement, par une connaissance externe ou bien par apprentissage, mais il est difficile de prévoir précisément le comportement d'autres acteurs autonomes présents dans l'environnement. Cela apporte dans notre plan un grand nombre d'inconnues. Plus on planifie dans le futur, plus il y a de chance que cela ne se passe pas comme prévu. Cela signifie que plus on se place dans le futur, moins il est important de prévoir tout dans le moindre détail, puisqu'il est plus probable qu'il y ait des différences entre ce qu'on imagine du monde et ce qu'il sera réellement. Dans une planification dynamique et en ligne, il ne sert à rien de chercher à avoir une solution optimale pour chaque planification. Il vaut mieux trouver un bon compromis entre le temps passé à planifier et la qualité de la solution trouvée. Un agent rationnel devrait essayer d'avoir une décision "suffisante", c'est-à-dire pas encore satisfaisante mais suffisante [17]. Bien sûr, en continuant à chercher, il pourrait trouver un meilleur plan. Cependant ce se-

rait au prix d'un coût mental qui n'est pas si intéressant au vue des modifications continues du monde.

La capacité mentale humaine n'est pas infinie. Nous ne pouvons pas imaginer toutes les situations possibles indéfiniment, et prévoir tous les champs possibles. Un exemple classique est la tour d'Hanoi. Le but est de déplacer des disques de différentes tailles d'un point à un autre en se servant d'un point intermédiaire. L'unique contrainte est qu'un disque de plus grande taille ne peut pas être au dessus d'un disque de plus petite taille. Pour des niveaux simples, avec trois disques par exemple, nous pouvons arriver à imaginer mentalement la solution complète. A partir d'un certain niveau, si l'on ne connaît pas la solution mathématique et logique de ce problème, cela devient presque impossible. Cependant, lorsque nous sommes confrontés à ce genre de problématique, nous planifions et agissons tout de même. Nous n'avons pas forcément le plan complet en tête mais nous en avons une idée plus ou moins floue.

Une bonne représentation du monde est essentielle pour la planification car plus elle sera précise et juste, plus la planification pourra trouver un bon plan rapidement. Mais dans des environnements complexes, notre connaissance du monde ne représentera jamais parfaitement tous les détails et les lois du monde. Une représentation est très souvent incomplète ou même incorrecte. Il peut lui manquer des mécanismes physiques du monde ou bien y avoir des erreurs dans les conséquences d'une action. Lorsque l'agent planifie, il faut qu'il soit conscient qu'il y aura probablement des écarts dus à sa représentation et il doit pouvoir s'adapter. Par ailleurs, nous n'arrivons pas toujours à achever nos actions comme nous les avons prévues. Certaines actions délicates et difficiles à réaliser peuvent demander une certaine habileté ou certaines compétences. Cette incertitude est en général représentée par des états et des conséquences non déterministes [3].

Il faut prendre en compte cette incertitude dans notre planification et adapter notre comportement à la dynamique du monde. Lorsque nous exécutons notre plan, nous supervisons l'état du monde par rapport à nos attentes. Cette étape s'appelle en général le *contrôle*. Elle est classiquement décorrélée de la planification en elle-même [9, 23]. Les auteurs pensent que, dans une planification humaine, l'exécution est un autre aspect important de la planification et qu'il faut le prendre en compte dans un tout. D'autres auteurs [5, 18] estiment également qu'il est important de ne pas négliger le point de vue global de l'acteur. La planification prévoit un état du monde après l'exécution de chaque action, et c'est au contrôle de vérifier que les actions se sont bien passées comme prévu. En cas d'échec, il faut replanifier c'est-à-dire retrouver un nouveau plan pour achever notre objectif, en prenant en compte le nouvel état du monde.

2.4 Apprentissage pour la représentation

Nous sommes capables aussi bien d'adapter nos plans face aux imprévus, que d'apprendre de nos erreurs. Quel que

soit le résultat de l'exécution d'un plan, nous pouvons apprendre de lui et améliorer les connaissances que nous avons sur l'environnement. Sa réussite signifie que notre représentation est correcte vis-à-vis du monde. Son échec signifie qu'il manque des informations ou que des connaissances sont fausses dans notre représentation. Dans le premier cas, nous pouvons alors stocker le plan correct afin qu'il puisse être réutilisé dans des situations similaires. Dans le deuxième cas, une analyse de la situation peut déterminer les causes possibles de ces erreurs, ce qui va permettre d'améliorer notre représentation.

La réutilisation et l'adaptation de plans ont déjà été étudiées en particulier dans la planification par cas [7] et dans la planification hiérarchique [15]. Dans le premier framework, l'idée est, à partir d'un ensemble de *cas*, c'est-à-dire de couples problème/plan, de pouvoir trouver un plan solution à un nouveau problème. Pour ce faire il faut d'abord trouver le problème le plus similaire à celui cherché puis adapter le plan au nouveau problème. Enfin le nouveau couple problème/plan est stocké pour pouvoir être réutilisé à son tour. Dans le deuxième framework, l'objectif est de décomposer un ensemble de *tâches buts* en des *tâches primitives*. Pour ce faire, un ensemble de *méthodes*, qui correspondent à des plans, décrit la décomposition d'une tâche en un ensemble de tâches. Dans ces deux frameworks, la réutilisation de plans n'a pas la même signification. Pour la planification par cas, les plans sont des ensembles de faits, c'est-à-dire d'actions agissant concrètement sur le monde. Pour la planification hiérarchique, les plans sont donnés à un niveau plus général et ont besoin d'être instanciés avec des objets concrets du monde.

Les auteurs pensent que la majorité des planifications que nous effectuons réutilise et adapte des plans que nous avons déjà faits ou observés. Or ces deux frameworks souffrent de certaines problématiques vis-à-vis d'une planification humaine. Au sujet de la planification par cas, il nous est parfois difficile de nous rappeler les actions et les plans que nous avons effectués la veille, il est très peu probable que nous stockons l'intégralité de nos plans pour les réutiliser. Concernant la planification hiérarchique, les méthodes doivent être données en entrée de l'algorithme, en général par un expert du domaine. Or, les données que nous recevons du monde sont en majeure partie des faits. Les auteurs estiment qu'un framework commun, prenant en compte certaines idées de chacun des frameworks, pourrait résoudre ces problématiques. Entre la planification par cas, où il y a trop de faits pour que nous puissions tous les stocker, et la planification hiérarchique, où les méthodes sont données par un expert extérieur et ne sont pas apprises, il manque une phase de *généralisation*. L'idée serait de concaténer des faits similaires et pouvoir créer des méthodes à partir d'eux.

Par exemple, si un agent veut manger une pomme précise, il trouve alors le plan : la laver, l'éplucher, puis la découper, pour enfin la manger. Une autre fois, il voit un autre agent manger une poire précise, avec un plan semblable

mais concernant cette fois la poire. Au bout d'un certains nombres de fois, il pourrait généraliser l'ensemble de ces plans : pour manger un fruit, il faut le laver, l'éplucher, le découper, et enfin le manger. La prochaine fois qu'il voudra manger un fruit, il pourra directement utiliser ce plan général. Cette généralisation nécessite, d'une part, un calcul de similarité pour trouver les plans qui sont similaires les uns aux autres et, d'autre part, un opérateur de généralisation qui, à partir d'un ensemble de plans, trouve un plan plus général, qui regroupe l'ensemble des informations contenues dans les autres plans. Cela implique un besoin d'une représentation qui inclue des connaissances générales qui dépassent la planification. Dans l'exemple ci-dessus, il est nécessaire de savoir qu'une pomme et qu'une poire sont tous les deux des fruits.

2.5 Représentation des connaissances générales de sens commun

Dans la planification classique, l'acteur a accès à toutes les instances disponibles du monde. C'est-à-dire qu'il ne connaît que celles-là et il suppose qu'il n'y en a pas d'autres. Il a toutes les connaissances à leurs propos. Il doit trouver un plan précis avec ces instances : chaque variable de chaque action du plan doit être reliée à une instance. Une des conséquences est qu'il ne peut pas y avoir de disparitions, d'apparitions ou de modifications d'instances [12]. Une représentation intelligente en utilisant des prédicats malins peut suffire à contourner ces problématiques. Cependant il peut arriver des cas où ces techniques ne fonctionnent pas en particulier lorsque l'on se trouve face à une action qui peut créer de nouvelles instances indéfiniment. Si l'on imagine une action qui fait une copie d'un objet sans autre condition que l'existence de l'objet, le PDDL classique ne permet pas facilement de représenter chacune de ces nouvelles instances.

Lorsque nous planifions, il est commun de ne pas préciser quelles instances nous utilisons. En général, nous n'avons pas toutes les instances en tête ou nous laissons ce choix au contrôle. Lorsque l'on prévoit de boire de l'eau, on ne choisit pas quel verre on veut prendre, on sait qu'il y en a dans la cuisine. La décision n'est pas importante pour le plan. Elle peut être faite à n'importe quel moment. Elle peut cependant modifier mon plan : si aucun verre n'est propre, il faut en nettoyer un avant de boire. Cela nécessite de se servir de ses connaissances générales et de ses croyances pour planifier. Par ailleurs, on peut aussi se servir d'autres objets similaires au verre. Si aucun verre n'est propre et que l'agent ne veut pas en nettoyer, il peut utiliser une tasse ou un bol qui sont d'autres contenants. Il faut pouvoir mesurer la similarité entre ces objets et définir les fonctions nécessaires, ici contenir de l'eau, pour déterminer quels objets peuvent être échangés. Lorsque l'on planifie, on peut alors utiliser des objets génériques qui seront choisis au contrôle comme "un objet pouvant contenir de l'eau" [1].

Avoir des connaissances générales de sens commun, comme le fait qu'il y ait des verres dans la cuisine, ou

qu'une tasse soit similaire à un verre, peut être utile lors d'une planification. Le PDDL ne permet pas de décrire ce type d'information car les prédicats ne peuvent être appliqués qu'aux instances du monde. Il faut donc spécifier, pour chaque verre, qu'il se trouve dans la cuisine. L'objectif classique de la planification est l'optimisation de la recherche, ce qui a incité à une représentation simple mais efficace. Cependant, si on veut aller plus loin et planifier comme un humain, il nous faut utiliser toutes les connaissances dont nous disposons. Certains ont déjà exprimé ce besoin et utilisé une mémoire externe, plus expressive, pour représenter le sens commun [13]. Pour cela ils traduisent la partie utile de leur représentation en PDDL pour faire la planification. Ils sont conscients que cette étape peut leur faire perdre de l'expressivité et, du coup, trouver un plan moins adapté à la situation, mais cela ne les dérange pas pour leurs cas d'utilisation. Les auteurs pensent que l'utilisation d'une mémoire externe est primordiale pour utiliser les connaissances générales de l'agent. Cependant, ils pensent qu'une perte d'informations par une traduction n'est pas souhaitable et ils favorisent une planification directement dans la mémoire externe, qu'elle puisse utiliser directement toutes ses connaissances.

2.6 Taxonomie d'actions

Dans la planification classique, une action est décrite par ses préconditions et ses conséquences, qui décrivent l'état que doit avoir le monde pour que l'action puisse être exécutée et l'état dans lequel il sera après l'exécution. Cependant, il n'y a aucun lien entre les différentes actions. Pourtant l'existence et le besoin de différents liens entre les actions ont été mis en évidence plusieurs fois [9, 11, 21]. En particulier pour deux liens principaux : une action peut être décrite comme une décomposition ou bien comme une spécification.

La décomposition décrit un ensemble d'actions par une seule action, la *macro-action*. Celle-ci peut être vue comme un plan condensé. Par exemple lorsque l'on cuisine un gâteau, en fait on prépare une pâte, puis on l'insère dans un moule et enfin on le fait chauffer au four. On peut décomposer chacune des actions une nouvelle fois, par exemple pour préparer la pâte il faut insérer les différents ingrédients puis les mélanger et ainsi de suite. Il peut y avoir plusieurs décompositions possibles pour une macro-action. L'utilisation de la décomposition pour de la planification n'est pas nouvelle et est à l'origine d'un framework, la planification hiérarchique, qui effectue des recherches dans des graphes de tâches [15]. La spécification décrit une action comme une autre action mais avec des spécificités. Par exemple voler et marcher sont toutes les deux des spécificités de se déplacer, la première dans les airs avec des ailes, la deuxième sur terre avec des jambes. Ces deux liens créent deux taxonomies d'actions.

3 Intérêt de la planification humaine

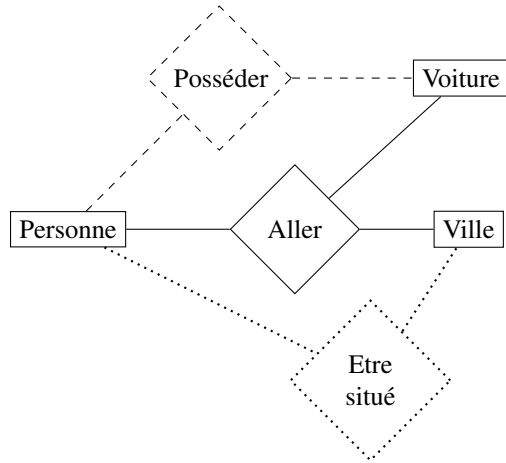
La planification classique vise des problématiques optimales et hors ligne dans des environnements sans autre acteur que l'agent. A l'inverse, la planification humaine vise des problèmes dynamiques dans des environnements complexes et où l'optimalité n'est pas le but. Cela concerne principalement deux domaines : la robotique et la simulation. Une planification humaine pourrait améliorer la planification des robots dans des environnements dynamiques et inconnus. Améliorer leurs comportements pourrait permettre de les faire paraître plus intelligents et qu'ils soient plus acceptés. La planification humaine pourrait aussi permettre de simuler des comportements humains, comme par exemple de foules, ou de voitures, pour mieux comprendre et pouvoir analyser des environnements ou des réponses à des événements. Une planification humaine nous rapprocherait du comportement humain et cela pourrait diminuer la distance entre la simulation et la réalité.

Un autre intérêt majeur d'essayer de se rapprocher du comportement humain est dans des problématiques où l'agent et l'homme jouent un rôle important, en particulier dans des contextes de coopération. Planifier comme un humain pourrait permettre une meilleure compréhension dans les deux sens, de l'homme sur les actions de l'agent et, inversement, de l'agent sur les actions de l'homme. Ce rapprochement pourrait permettre plus de souplesse et donc une meilleure réussite dans certains problèmes où l'homme est un élément important de la représentation.

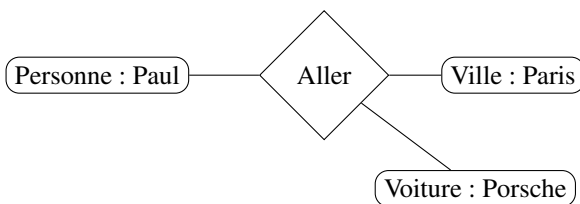
Enfin un autre intérêt, cette fois un peu plus mineur, est qu'une planification humaine peut permettre de diminuer l'effort cognitif. En effet, une planification "suffisaisante" [19] permet de gagner du temps décisionnel par rapport à une planification parfaite [17]. Moins de temps de calcul décisionnel veut dire probablement un besoin moins grand en puissance de calcul et donc une limitation en coût énergétique nécessaire pour la planification. Cela permettrait de s'imaginer à long terme des agents planificateurs sur des plateformes moins puissantes.

4 Discussion et conclusion

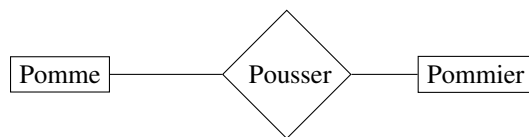
Nous avons présenté dans cet article ce que nous entendons par une planification humaine et l'avons comparé avec la planification classique : c'est la recherche continue d'un plan d'actions, répondant au mieux à une multitude d'objectifs pouvant évoluer dans le temps, dans un environnement dynamique, ouvert et inconnu. Nous avons précisé le besoin d'une planification au sens global qui comprend le contrôle. Nous avons montré le besoin d'une mémoire capable de représenter aussi bien les données classiques de la planification, comme les actions et les objectifs, mais aussi des connaissances plus générales, de sens commun. Nous pensons qu'il est important que la planification prenne en compte ces connaissances dans sa recherche pour avoir des comportements plus intelligents. Bien que le sujet puisse paraître à priori ambitieux, il est, à nos yeux, important pour des domaines comme la robotique et la simulation.



(a) Modèle d'action. Elle est composée d'une relation principale (en trait plein), d'une précondition (en tiret) et d'une conséquence (en pointillé). "Pour qu'une personne aille en ville en voiture il faut qu'il possède cette voiture et, après exécution, la personne se trouvera dans la ville"



(b) Exemple de fait "Paul va à Paris avec sa Porsche."



(c) Exemple de connaissances de sens commun "Les pommes poussent sur des pommiers"

FIGURE 2 – Extraits de graphe conceptuel. Les rectangles représentent des concepts, les losanges des relations et les arrondis des individus.

Il demande l'utilisation conjointe d'un ensemble de techniques issus de différents domaines de recherche dont la représentation des connaissances pour la mémoire, la planification pour la recherche et la science cognitive pour l'inspiration humaine.

Nous avons, pour notre part, envisagé de répondre à cette problématique en utilisant une représentation de type graphe conceptuel [20]. Ce sont des graphes composés de noeuds concepts, de noeuds relations et d'individus. Les noeuds relations sont à mettre en rapport avec les actions, les noeuds concepts sont les classes génériques des objets et les individus sont les instances du monde (Fig. 2). Ils permettent de stocker tout type d'information, aussi bien des faits (Fig. 2b), par des relations entre les individus, que des connaissances plus générales comme les actions

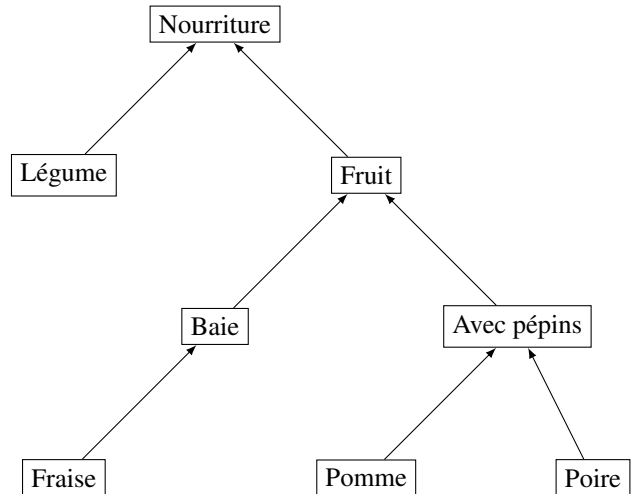


FIGURE 3 – Exemple de taxonomie.

(Fig. 2a). L'intérêt de cette représentation est qu'elle peut aussi représenter des connaissances de sens commun (Fig. 2c). Nous pensons utiliser cette spécificité notamment dans la validation des préconditions d'une action. Par exemple, si l'agent a faim et qu'il voit un pommier, il peut en déduire qu'il y a des pommes dessus et en cueillir une pour la manger. Ce type de mémoire peut représenter les taxonomies, aussi bien pour les concepts que pour les relations (Fig. 3). Une représentation graphique permet, entre autre, de pouvoir mesurer des distances entre noeuds, en particulier cela permet de trouver des alternatives proches d'un concept et donc de pouvoir échanger des objets. Par exemple dans la taxonomie, la pomme et la poire sont assez proches sémantiquement.

Concernant la planification, elle doit se faire sur plusieurs niveaux de hiérarchie : de spécification et de décomposition. L'intérêt de la spécification est que, si une action ne peut pas être exécutée à cause d'une précondition, l'ensemble de ses spécifications ne peut pas être exécuté. Nous commençons notre recherche par les actions les plus générales puis nous spécifions les actions valides. Cela permet de concentrer la recherche en abandonnant le plus tôt possible les actions qui ne pourront pas être exécutées. L'intérêt de la décomposition est de regrouper des actions sous forme de plan. En supposant que les décompositions sont valides si la macro-action est valide, en utiliser une permet de prendre un raccourci dans la recherche. La décomposition peut se faire dans une deuxième phase après la recherche.

Nous avons comme perspective de travailler sur l'aspect multi-objectifs en prenant l'idée d'une recherche en largeur mais un minimum guidé par l'ensemble des objectifs. Nous allons explorer des techniques de recherche en faisceau ou de calculs d'utilités par rapport à une multitude d'objectifs. Une autre piste de réflexion est l'utilisation des graphes conceptuels pour la généralisation des faits. L'idée est de créer un nouveau noeud relation à partir d'un en-

semble de faits qui généralise l'ensemble des informations des faits. L'objectif est de pouvoir apprendre de nouvelles macro-actions en observant des évènements du monde.

Références

- [1] Iman Awaad, Gerhard K Kraetzschmar, and Joachim Hertzberg. Challenges in finding ways to get the job done. In *Planning and Robotics (PlanRob) Workshop at 24th International Conference on Automated Planning and Scheduling*, 2014.
- [2] Daniel Bryce and Subbarao Kambhampati. A tutorial on planning graph based reachability heuristics. *AI Magazine*, 28(1) :47–47, 2007.
- [3] Alessandro Cimatti, Marco Pistore, Marco Roveri, and Paolo Traverso. Weak, strong, and strong cyclic planning via symbolic model checking. *Artificial Intelligence*, 147(1-2) :35–84, 2003.
- [4] Malik Ghallab, Craig Knoblock, David Wilkins, Anthony Barrett, Dave Christianson, Marc Friedman, Chung Kwok, Keith Golden, Scott Penberthy, David Smith, Ying Sun, and Daniel Weld. Pddl - the planning domain definition language. 08 1998.
- [5] Malik Ghallab, Dana Nau, and Paolo Traverso. The actors view of automated planning and acting : A position paper. *Artificial Intelligence*, 208 :1–17, 2014.
- [6] Nau D. Traverso P. Ghallab, M. *Automated Planning : theory and practice*. Elsevier, 2004.
- [7] Kristian J Hammond. *Case-based planning : Viewing planning as a memory task*. Elsevier, 2012.
- [8] Nick Hawes. A survey of motivation frameworks for intelligent systems. *Artificial Intelligence*, 175(5-6) :1020–1036, 2011.
- [9] Barbara Hayes-Roth and Frederick Hayes-Roth. A cognitive model of planning. *Cognitive science*, 3(4) :275–310, 1979.
- [10] Daniel Kahneman and Shane Frederick. Representativeness revisited : Attribute substitution in intuitive judgment. *Heuristics and biases : The psychology of intuitive judgment*, 49 :81, 2002.
- [11] Christel Kemke and Erin Walker. Planning with action abstraction and plan decomposition hierarchies. In *2006 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology*, pages 447–451. IEEE, 2006.
- [12] LJ Manso, P Bustos, R Alami, G Milliez, and P Núñez. Planning human-robot interaction tasks using graph models. In *Proceedings of International Workshop on Recognition and Action for Scene Understanding (REACTS 2015)*, pages 15–27, 2015.
- [13] Fiona McNeill, Alan Bundy, and Chris Walton. Planning from rich ontologies through translation between representations. In *Workshop on the Role of Ontologies in Planning and Scheduling*, pages 13–21. Cite-seer, 2005.
- [14] Giovanni Mirabella. Should i stay or should i go? conceptual underpinnings of goal-directed actions. *Frontiers in systems neuroscience*, 8 :206, 2014.
- [15] Dana S Nau, Tsz-Chiu Au, Okhtay Ilghami, Ugur Kuter, J William Murdock, Dan Wu, and Fusun Yaman. Shop2 : An htn planning system. *Journal of artificial intelligence research*, 20 :379–404, 2003.
- [16] Giovanni Pezzulo and Cristiano Castelfranchi. Thinking as the control of imagination : a conceptual framework for goal-directed systems. *Psychological Research PRPF*, 73(4) :559–577, 2009.
- [17] Martha E Pollack. The uses of plans. *Artificial Intelligence*, 57(1) :43–68, 1992.
- [18] Martha E Pollack and John F Horty. There's more to life than making plans : plan management in dynamic, multiagent environments. *AI Magazine*, 20(4) :71, 1999.
- [19] Helmut Simon et al. *Models of a man : Essays in memory of Herbert A. Simon*. MIT Press, 2004.
- [20] John F Sowa. Conceptual graphs for a data base interface. *IBM Journal of Research and Development*, 20(4) :336–357, 1976.
- [21] Lee A Spector. Supervenience in dynamic-world planning. Technical report, MARYLAND UNIV COLLEGE PARK SYSTEMS RESEARCH CENTER, 1992.
- [22] Swaroop Vattam et al. Breadth of approaches to goal reasoning : A research survey. In *Naval Research Lab Washington DC*, 2013.
- [23] David E Wilkins et al. A call for knowledge-based planning. *AI magazine*, 22(1) :99, 2001.