

Intérêt des représentations iconiques et des systèmes de représentations hybrides (SRH) pour modéliser des interactions entre ontologies

Catherine Recanati

LIPN - UMR7030, CNRS - Université Paris13
Avenue J-B. Clément, F-93430 Villetaneuse, France
Catherine.Recanati@lipn.univ-paris13.fr

Abstract : En informatique, l'utilisation d'ontologies formelles s'est principalement limitée à ne mettre en scène qu'une seule ou qu'un seul type d'ontologies. Pourtant les philosophes à l'origine du développement des ontologies étaient bien partisans du relativisme ontologique. Mais la multiplicité et la finesse des ontologies potentielles posent l'épineux problème de leur articulation au sein d'un système global. Les mathématiques et la logique n'offrent sur ces questions que des réponses partielles, et les cadres qu'elles nous permettent d'envisager semblent souvent trop complexes, ou à l'inverse totalisants ou réducteurs. Face à ces difficultés pratiques et théoriques, nous souhaitons montrer dans cette présentation l'intérêt de l'ajout de représentations iconiques dans la description formelle des ontologies. Nous défendons en effet plus généralement l'utilisation de systèmes de représentations hétérogènes (ou hybrides, notés SRH), définis comme systèmes articulant plusieurs sous-systèmes et différents modes de représentations, dont en particulier, et c'est ce qui fait leur spécificité, des représentations *iconiques*.

Nous rappelons d'abord l'historique du mouvement de réhabilitation des diagrammes dont est issue l'approche SRH que nous défendons. Nous donnons ensuite quelques indices du potentiel de cette approche relativement à la problématique de la construction d'un système utilisant plusieurs ontologies. L'exemple que nous donnons finalement est emprunté au domaine de l'ontologie des événements en linguistique, et il incorpore des traits iconiques marquant des liens entre plusieurs notions de catégories aspectuelles.

Mots-clés: ontologie, ontologie formelle, ontologie des événements, représentation iconique, représentation analogique, diagrammes, système de représentations hybrides, système de représentation de connaissances, systèmes complexes, système de représentations hétérogènes.

Introduction

En informatique, l'utilisation d'ontologies formelles s'est principalement limitée à ne mettre en scène qu'une seule ou qu'un seul type d'ontologies. Très peu d'applications se sont penchées sur le problème des interactions entre ontologies. En effet, la multiplicité et la finesse des ontologies posent l'épineux problème de leur articulation au sein d'un système global. Les mathématiques et la logique n'offrent sur ces questions que des réponses partielles, et les cadres qu'elles nous permettent d'envisager semblent souvent trop complexes, ou à l'inverse totalisants ou réducteurs. Face à ces difficultés pratiques et théoriques, nous souhaitons montrer dans cette présentation l'intérêt de l'ajout de représentations iconiques dans la description formelle des ontologies. Nous défendons en effet plus généralement l'utilisation de systèmes de représentations hétérogènes (ou hybrides, notés SRH), définis comme systèmes articulant plusieurs sous-systèmes et différents modes de représentations, dont en particulier, et c'est ce qui fait leur spécificité, des représentations *iconiques*.

L'introduction du cadre des SRH permet d'indiquer ce sur quoi nous entendons focaliser notre attention, c'est-à-dire principalement sur l'architecture du système global, et sur les rapports que la description de cette architecture ou les calculs eux-mêmes entretiennent avec la forme des symboles utilisés pour les décrire. Pour présenter les choses un peu différemment, disons que nous nous proposons d'étudier l'apport de traits de caractères iconiques relativement à :

- 1- la *forme* des symboles de base utilisés par un système complexe ;
- 2- la *structure* des représentations ou des combinaisons utilisées, qu'elle soit interne et locale à un sous-système particulier, ou repérable plus globalement (l'intention étant ici de capturer des relations aussi bien extrinsèques qu'intrinsèques) ;
- 3- la description de *l'architecture* de tels systèmes

Dans cet article, nous rappelons d'abord l'historique de l'approche SRH que nous défendons aujourd'hui. Nous donnons ensuite quelques arguments en faveur de l'approche pour enrichir le domaine des ontologies. Nous tenterons ensuite de montrer l'intérêt d'avoir des symboles de base qui incorporent des traits de caractères iconiques en nous plaçant dans le contexte de la construction d'un système manipulant plusieurs ontologies. L'exemple n'est qu'esquissé, mais il incorpore les briques de base d'une telle construction.

1. Représentations iconiques et intérêt des SRH pour la modélisation de l'architecture des systèmes complexes

Les SRH sont des systèmes articulant des sous-systèmes partiellement indépendants, et manipulant indifféremment des représentations

traditionnelles (dont les symboles sont qualifiables d'alphanumériques – i.e. principalement des mots ou des lettres comme en logique), et des représentations que nous qualifions de plus manifestement iconiques (comme les tables ou les diagrammes de tableurs, les images en IA, etc.). En opposant ces deux types de représentations, nous invoquons implicitement l'opposition texte/icône, ou encore texte/diagramme, sans spécifier (ni présumer) de ce qui différencierait fondamentalement les deux types. Mais, la notion d'iconicité est difficile à cerner, et postuler simplement l'existence de deux types de représentation permet en réalité d'avancer dans l'élucidation de la notion d'iconicité. Mais élucider la notion n'est de toute manière pas notre objectif. Nous nous proposons en réalité d'explorer les possibilités offertes par l'ajout de traits de caractères particuliers (supposés ici iconiques), dans la conception et la spécification de l'architecture de systèmes complexes.

Les représentations de la logique traditionnelle (dans lesquelles la forme des symboles joue un rôle minimal) ont un haut niveau d'abstraction, et beaucoup de gens considèrent qu'elles devraient permettre de modéliser nos capacités cognitives les plus élevées. Cette conviction se fonde sur le fait que nos connaissances s'expriment la plupart du temps linguistiquement, et que par ailleurs, les outils formels que nous avons développés jusqu'à présent sont massivement fondés sur ce type de symboles. Cependant, les systèmes d'inférences basés sur des représentations textuelles se sont toujours révélés assez inefficaces. Ils posent en fait d'importantes difficultés, car ils nécessitent la spécification intégrale des propriétés concrètes et abstraites des objets qu'ils modélisent. Par contraste, les diagrammes et les raisonnements qu'ils permettent de faire sont *a priori* très puissants, tant d'un point de vue représentationnel que d'un point de vue calculatoire.

Mais bien que très largement utilisés, que ce soit pour résoudre des problèmes en physique ou en mathématique, les diagrammes et les représentations visuelles en général ont souffert de la réputation d'introduire des biais ou des erreurs dans les raisonnements. Cette mauvaise réputation les aura condamnés historiquement à n'être qu'un appui dans la recherche de solutions à des problèmes. Ce préjugé contre les figures et les diagrammes a finalement conduit au développement de modèles de formalisation leur attribuant un rôle secondaire. Mais ce rejet paraît aujourd'hui excessif, et du fait des récents développements en mathématiques et en logique, leur statut peut et doit être renégocié. Les structures manipulées par un système sont en effet aujourd'hui perçues comme des objets syntaxiques, et de ce point de vue, les diagrammes, et, plus généralement la forme des symboles utilisés par le (ou les) méta-langage(s) permettant de décrire un système, semblent enfin pouvoir participer eux-mêmes au jeu de la formalisation.

La conviction générale exprimée dans le paragraphe précédent a été très vivement défendue par Barwise et Etchemendy (B&E) au début des années 90 (cf [1], [2]), mais dans le cadre limité de la logique, et de manière restreinte

quant au type de représentations iconiques à défendre, puisqu'il s'agissait de promouvoir les diagrammes. Ce mouvement de réhabilitation des diagrammes a pris à l'époque une certaine ampleur et de nombreux auteurs, psychologues, logiciens et philosophes, ont cherché à caractériser les systèmes d'inférences à base de diagrammes, et ont débattu de leurs caractéristiques dans la perspective d'une spécification de l'opposition texte/diagramme.

Dans le cadre de la logique, B&E défendaient en effet qu'une théorie générale des inférences valides doit être indépendante des modes de représentation utilisés. Il est à noter que leurs travaux auront finalement donné naissance à la première réelle et vraie démonstration ([3]) que des systèmes d'inférences utilisant des diagrammes (au lieu de formules comme en logique) pouvaient formellement posséder des propriétés de validité et de complétude¹.

Iconicité et homomorphie (ou réflexivité) syntaxique

B&E ont insisté sur le fait que les principales caractéristiques des systèmes d'inférences à base de diagrammes provenaient pour l'essentiel de l'existence d'un homomorphisme syntaxique entre les icônes (et les propriétés des icônes) utilisées pour représenter les objets, et les objets (ou les propriétés des objets) représentés eux-mêmes. Dans les cas les plus paradigmatiques, la simple représentation de nouveaux faits caractérisant une situation conduit alors à représenter dans le même temps toutes les conséquences logiques de ces faits. Il n'y a alors aucun calcul à faire dans de tels systèmes. Il suffit de représenter les faits un à un, et leurs conséquences logiques en découlent immédiatement au sein même des représentations.

Ainsi, si vous savez que Richard est assis à gauche de Suzanne sur un banc, et que Suzanne est assise à gauche de Tatiana, il vous faut, dans un système d'inférences traditionnel, savoir aussi que la relation « être assis à gauche sur un banc » est transitive pour pouvoir en déduire que Richard se trouve assis à gauche de Tatiana. Au contraire, et à l'inverse en quelque sorte, une inférence sur un diagramme sera immédiate et n'aura pas besoin d'un recours explicite à des propriétés du second ordre, comme la transitivité de la relation « être assis à gauche sur un banc ». Ainsi, une représentation iconique du premier fait « Richard à gauche de Suzanne » peut être matérialisée par la

¹ Sun-Jo Shin a fait cette démonstration dans sa thèse (parue en 1994). Les diagrammes considérés étaient des sortes d'objets graphiques hybrides, inspirés des diagrammes de Venn et de Peirce pour représenter des assertions sur des ensembles. La démonstration s'appuie sur l'utilisation de règles de transformation sur les diagrammes, analogues à celles manipulant des formules en logique : règles syntaxiques de construction de diagrammes bien formés (analogue de la notion de formule bien formée), règles de transformations sur des diagrammes (ajout, suppression d'éléments, composition entre deux diagrammes, etc.).

juxtaposition syntaxique de deux symboles (mettons R et S), comme : R S. En procédant de la même manière, le second fait « Suzanne à gauche de Tatiana » conduira à la juxtaposition d'un troisième symbole (disons, T pour Tatiana) sur la même représentation, ici : R S T. Vous constatez alors simplement sur cette représentation (globale) que R est à gauche de T, sans avoir à faire ni calcul, ni appariement de variables².

Dans les systèmes d'inférences à base de diagrammes, la propriété précédente a été nommée *clôture sous contraintes*. Cette propriété est fréquente dans le cas de modélisations spatiales, et beaucoup des exemples qui ont été discutés étaient des exemples spatiaux. Mais sur ce point, il faut dénoncer plusieurs confusions qui en ont résulté. Le fait qu'il soit fréquent d'avoir un homomorphisme puissant entre des diagrammes et des aspects de situations spatiales n'a en effet rien de surprenant (ni quant à la fréquence, ni quant à la nature). Mais si l'on en déduit que les diagrammes ne sont utiles ou utilisables que dans des modélisations spatiales, on commet une erreur parce que les exemples paradigmatiques ne sont pas toujours spatiaux. Ensuite, l'objection qui consiste à dire que les situations où un diagramme convient pour représenter un homomorphisme structurel sont rares leur assigne a priori un rôle particulier (ici celui de représenter « la situation » ou « le monde »), alors que les diagrammes peuvent aussi jouer un rôle à un niveau représentationnel plus abstrait³.

La conclusion de notre étude (cf. [4] et [5]) concernant les systèmes d'inférences à base de diagrammes et les systèmes d'inférences traditionnels est que s'ils ont des caractéristiques en apparence antinomiques, ils sont en réalité complémentaires. Cela nous a conduit à prôner l'utilisation de systèmes d'inférences hybrides construits pour tirer parti des avantages des uns et des autres. On peut en effet retenir de la clôture sous contraintes qu'il existe en réalité deux sortes (ou modes) d'inférences : des inférences quasi immédiates (notées IC) qui proviennent en réalité de l'architecture et de la syntaxe du système, et des inférences procédurales (notées IP), correspondant au schéma paradigmatique d'une inférence ou d'une preuve en logique. Il est inévitable d'avoir un certain nombre de procédures de calcul dans la modélisation d'un système complexe, mais l'intérêt de l'étude des SRH est de découvrir des techniques permettant de structurer le système de sorte à les minimiser globalement. Notre approche a pour objectif de maximiser les inférences IC et de construire des systèmes permettant d'obtenir ce type d'inférences dynamiquement (par exemple, en construisant « au vol » des

² C'est la même propriété qui est à l'oeuvre dans la représentation de l'inclusion ensembliste suggérée par les cercles d'Euler.

³ Comme un graphe ou un réseau représente une preuve en logique (eg. en logique linéaire).

représentations qui pourront jouer le rôle joué par la représentation globale dans les systèmes clos par contraintes). Ce qui peut rendre les inférences IC possibles est la prise en compte de relations entre les aspects locaux et globaux des sous-systèmes utilisés. Ces relations peuvent néanmoins rester partielles, et aucun métalangage global n'est nécessaire. Ce qui fait tenir ensemble les différents sous-systèmes est simplement le fait qu'ils dénotent les mêmes entités du monde.

Un autre point que nous avons indiqué dans [4] et [5], concerne la différence entre une notation symbolique et une notation iconique. Nous pensons que celle-ci peut s'interpréter en termes de puissance du métalangage requis pour en fournir la sémantique. Notre hypothèse est que la sémantique d'une notation iconique est définie non seulement sur les symboles primitifs de la représentation, mais aussi sur des particularités internes à la représentation, permettant d'intégrer des aspects configurationnels. Si cette hypothèse est juste, la simple adjonction de traits de caractères iconiques (comme une modification de fonte, comme le caractère **gras**), devrait déjà permettre d'ajouter des propriétés intéressantes⁴ à des systèmes traditionnels fondés sur des symboles alpha-numériques.

L'exemple que nous développons en fin de section joue sur la forme de certains noms du système en introduisant des traits de caractères iconiques et le caractère gras sur les symboles de base. Ces éléments primitifs définissent les éléments de base des sous-systèmes (ici différentes ontologies), mais on peut imaginer qu'ils permettront aussi de relier syntaxiquement des termes de plus haut niveau. Leurs rapports syntaxiques pourraient ainsi fonder l'articulation entre plusieurs sous-systèmes. En ce sens, la syntaxe du métalangage global⁵ se réfléchit partiellement dans celles des sous-systèmes qu'elle articule.

⁴ Parmi ces propriétés, la possibilité qu'un terme soit considéré comme étant « le même » en différents endroits ou moments de calcul dans le système est une propriété particulièrement intéressante. C'est cette propriété (parfois identifiable à la réflexivité) qui est à la base de la définition des fonctions récursives, et qui permet à des langages de programmation comme lisp d'écrire des fonctions d'ordre supérieur. Nous pensons que cette réflexivité est une condition nécessaire pour la construction de SRH manifestant une certaine clôture sous contraintes, même si la réflexivité peut être dangereuse, car potentiellement porteuse de paradoxes. Mais si l'on s'attaque au problème d'une définition des liens reliant les parties (ici les sous-systèmes) à un tout (le système global), c'est aussi le seul outil dont nous disposons.

⁵ Syntaxe qui n'est en réalité définie que partiellement dans un SRH, car il n'est pas nécessaire d'avoir à proprement parler de méta-langage global encapsulant les langages des sous-systèmes.

2. Intérêt des représentations iconiques pour les ontologies

Indépendamment de l'intérêt des représentations iconiques la représentation des relations spatiales ou temporelles, lesquelles sont bien évidemment importantes pour la construction d'ontologies, on peut affirmer que le développement d'ontologies à proprement parler « iconiques » est également très important. Par ontologies purement iconiques, nous entendons parler d'ontologies dont les êtres seraient constitués de formes pures, comme le sont des points épais ou des segments pouvant être posés sur une droite. Ce type d'ontologies a en soi un grand intérêt pour des modélisations désirant rendre compte de relations d'ordre et de chronologies. De manière générale, des ontologies iconiques qui incorporent des capacités de représentation mimant celles d'une structure de donnée formelle (arbres, treillis, séries, algues, etc.) seront utiles mais aussi vraisemblablement nécessaires au développement des techniques que nous envisageons de développer sur les SRH.

Un point important concernant de telles ontologies « iconiques » est que l'on peut espérer que le niveau d'abstraction offert par des formes – grâce au fait qu'il n'est précisément pas fondé sur un choix spécifique de noms – permette la réutilisation ou le transport de pans entiers d'architecture. On pourrait ainsi capter le niveau d'abstraction cognitive C auquel font référence certains linguistes en sémantique cognitive. Pour reprendre les termes de Gilles Fauconnier parlant des espaces mentaux, les constructions effectuées à ce niveau (niveau C) ne sont pas des constructions de “sens”, et ne sont associées à aucun ensemble particulier d'expressions linguistiques. Ce ne sont ni des représentations du monde, ni des modèles du monde, ni quoi que ce soit de la sorte. Cependant, ces constructions relient le langage au monde réel, et elles fournissent des inférences variées sur le monde. C'est bien ce qu'on attend d'un niveau d'abstraction symbolique digne de ce nom : pouvoir faire abstraction du nom des « variables » et ne réaliser que des connexions et interconnexions entre structures.

Concernant la méthodologie à adopter pour la construction d'ontologies iconiques, il faudra examiner d'abord en détail des exemples jouets. Car les détails concernant les interactions possibles entre différents traits iconiques sont à analyser en premier lieu au regard de leur combinatoire avec d'autres traits (comme la couleur, la texture, les pointillés, etc.). Il convient donc dans un premier temps de définir une typologie des traits iconiques. Nous souhaitons mentionner ici un élément historique qui donne à réfléchir sur la difficulté intrinsèque à maîtriser les traits de caractères iconiques. Dans sa modélisation des ensembles par des diagrammes, Venn représentait une zone vide par des hachures (cf. Fig. 1).

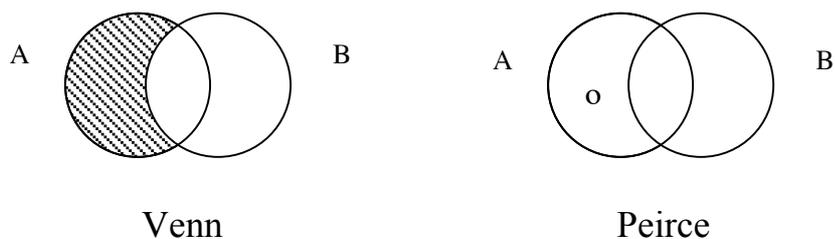


Fig. 1. *Tous les A sont des B*

L'apport de Peirce cent ans plus tard fut d'ajouter la possibilité d'exprimer des assertions existentielles (marquées d'une croix) et des disjonctions (marquées d'un segment permettant de lier les croix entre elles). Ayant, contrairement à Venn, décidé de représenter les zones vides (hachurées chez Venn) par la présence d'un petit rond, Peirce réussit à exprimer des assertions plus complexes, puisque « sa » disjonction (représentée ici par un segment) permettait de relier des éléments de type croix et des éléments de type petit rond. On peut en retenir qu'il existe des rapports très délicats entre la nature des formes marquées (ponctuelle, plus ou moins dense, continue, etc.) et celle des marques qu'on y porte (symbole ayant une certaine épaisseur, une certaine taille, etc.). Ainsi, même dans la catégorie « hachures », il peut y avoir des différences de graphisme qui se révèlent pertinentes. Plusieurs hachures pourront ainsi se combiner entre elles tout en restant identifiables (i.e. re-décomposables), et d'autres non.

Esquisse d'interactions entre plusieurs ontologies

Comme nous l'avons annoncé, nous nous restreindrons dans cet exemple aux notations concernant les symboles de base du système. Le principe de l'exemple est d'avoir un petit nombre de tels symboles partagés (ici deux lettres), puis de jouer sur la composition de ces lettres avec d'autres opérations (ici la juxtaposition à gauche) ou l'ajout de traits de caractères iconiques (le **gras**, la flèche \rightarrow). Nous ne pourrions qu'évoquer ici les bénéfices que ce partage de traits devrait produire relativement aux calculs. Ce que nous souhaitons suggérer est que cette mise en facteur, parce qu'elle est effectuée à la fois à un niveau local et à un niveau plus global, devrait permettre d'économiser des calculs ou de transférer des informations. Mais l'exemple n'aura qu'une capacité d'illustration réduite car nous ne ferons qu'introduire des formes de base, sans indiquer plus avant en quoi pourraient consister les calculs. Nous avons néanmoins cherché à lui donner le maximum de crédibilité car nous pensons qu'un système apparenté devrait pouvoir permettre la définition d'un module de traitement automatique du langage naturel repérant les événements spatio-temporels que les verbes des phrases décrivent.

La problématique de notre exemple est donc empruntée au domaine de l'ontologie des événements (au sens technique d'*éventualités*) et a trait à la

représentation de l'aspect dans le cadre de la sémantique formelle. Mais le but du fragment proposé ici reste de permettre de saisir le potentiel véhiculé par la simple donnée de l'opération de juxtaposition à gauche, et celle de trois caractères iconiques: la flèche \rightarrow , et deux lettres, S et P. Dans les ontologies que nous décrivons, les nouvelles entités (ici, des catégories événementielles) seront créées initialement par simple juxtaposition de ces trois symboles, et on mettra en évidence le rôle opératoire que pourra jouer le caractère **gras**.

Les verbes de la langue se répartissent a priori en verbes décrivant des états (comme *être* ou *savoir*), ou des processus (comme *marcher* ou *éternuer*). On notera par S et P, ces deux entités de base communes à toutes ces ontologies verbales linguistiques (S pour *State*, et P pour *Process*). Les autres entités d'une ontologie particulière seront composées à partir d'opérations de juxtaposition. Elles pourraient être basées sur une ontologie générique qui servirait formellement d'espace commun générique (si l'on imagine une architecture disposant d'un niveau d'ontologies iconiques suffisamment abstrait pour simuler le niveau C cognitif). Concernant l'architecture générale des interactions entre les ontologies au sein d'un système global, on pourrait alors procéder de manière assez analogue à la façon dont Gilles Fauconnier construit ses espaces mentaux⁶.

Une première ontologie générique commune (fondée sur les deux entités de base P et S, mais n'utilisant pas la flèche) sera constituée de trois entités : les états S, les processus P, et une nouvelle entité générique composée (PS), obtenue par la juxtaposition d'un P à gauche d'un S. De tels termes composés sont destinés à rendre compte de la sémantique des verbes profilant un point final, comme *traverser* ou *atteindre*. Mais cette ontologie minimale ne permet pas de rendre compte de toutes les intentions des linguistes, et de la manière dont ils conçoivent l'introduction de ces termes. En réalité, les linguistes souhaitent marquer dans ces catégories de verbes, qu'une ou plusieurs relations existent entre le processus P et l'état S figurant dans le terme composite (PS) – ces relations pouvant marquer la causalité, la temporalité,

⁶ On peut disposer d'un certain nombre d'ontologies iconiques génériques – lesquelles dominent des ontologies plus spécifiques qui peuvent, soit « communiquer » entre elles par l'existence de correspondances *built-in* (comme ici les lettres, qui sont, en quelque sorte, des liens « précompilés »), soit participer à la construction au vol (i.e. au fur et à mesure que le discours se déploie) de nouveaux espaces, correspondant à la notion de *blended spaces*. La construction suggérée serait alors analogue à celle proposée par Fauconnier et Turner dans [6]. On part de deux ontologies (*Input spaces*) dominées par une même ontologie générique (*Generic space*), et on construit au vol un espace mixte réalisant un mélange (*Blended space*) permettant de représenter une partie de « l'interprétation » en contexte.

l'intentionnalité de l'agent, etc. Si l'on note simplement par une flèche l'existence de telles relations, on aura donc (au moins) trois termes à articuler, P, S, et une (ou plusieurs) flèche.

De nombreux linguistes considérant que les états S figurant dans les termes composés (PS) sont apparus « à cause » de l'existence du P qui le précède, ou « après » que ce processus P soit terminé, il semble qu'une autre ontologie générique commune puisse comporter, en sus des termes S et P, des termes de type $\rightarrow S$ ou $P \rightarrow S$. Les termes $\rightarrow S$ peuvent être conçus comme des introducteurs d'états, des changements d'états ou des états selon les théories, et les termes composés $P \rightarrow S$ peuvent correspondre en réalité à des conceptions différentes et relativement complexes, puisqu'ils contiennent une flèche dont il conviendra de donner une interprétation.

Ontologies à 3 ou à 4 termes

Certains linguistes veulent minimiser l'introduction de nouveaux symboles, et ne souhaitent disposer que de 3 catégories aspectuelles, comme dans l'ontologie minimale générique que nous avons évoquée. Ils considèrent alors les états S, les activités P (ou processus globalement homogènes) et une catégorie composite (PS) qui rassemble tous les événements (ou processus) téléliques, c'est-à-dire des processus hétérogènes, finissant par un changement d'état. Ces derniers correspondent alors au type $P \rightarrow S$ de notre seconde ontologie générique, et nous proposons pour aller dans le sens de l'économie souhaitée, de les noter simplement $P\bar{S}$. (Ils sont en effet généralement introduits comme processus P finissant par un point culminant marquant un changement d'état, noté ici \bar{S} , au lieu de $\rightarrow S$ pour simplifier les notations). Ce qui importe à ces linguistes est de représenter que le changement d'état introduit est « causalement et temporellement » marqué comme succédant à P. La flèche indique que l'état S est nouveau relativement au voisinage qui le précède dans une chronologie, et l'incorporation de cette information au symbole peut donner des propriétés systémiques intéressantes, puisque la marque peut rester accrochée au symbole S, même si on le sépare (au cours du calcul) du P qui le précède⁷.

D'autres linguistes souhaitent également mettre l'accent sur les chaînes causales et temporelles, mais ils veulent disposer des quatre catégories aspectuelles originellement introduites par le philosophe Z. Vendler ([7], [8]).

Une ontologie comportant 4 catégories verbales aspectuelles peut être construite avec les états S et les changements d'état \bar{S} (= ici les achèvements, considérés comme primitifs), auxquels s'ajoutent les activités P (processus macro-homogènes), et les accomplissements $P\bar{S}$ (processus introduisant un

⁷ Si l'on projette cet état dans une chronologie, on saura par exemple qu'il existe un petit voisinage à gauche de S dans lequel « non S » est le cas.

3. Conclusion

Notre approche des SRH (Systèmes de Représentations Hétérogènes) prend sa source dans le mouvement de réhabilitation des diagrammes du début des années 90 ([1], [2] et [3]). Nous pensons que les représentations iconiques et l'étude des systèmes les utilisant peuvent apporter des solutions à la modélisation de systèmes complexes incorporant plusieurs ontologies. L'iconicité des symboles est liée à leur ancrage dans le méta-langage du système qu'ils définissent. Dans la seconde partie, nous avons choisi d'illustrer ce qu'un ancrage iconique minimal (ici réalisé avec une flèche ou le caractère **gras**) pouvait permettre de faire pour spécifier des interactions entre plusieurs ontologies.

Bibliographie

[1] J. Barwise, J., and Etchemendy, J., Visual Information and Valid Reasoning, Visualization in Mathematics, 1990, Zimmerman W. (ed.), Mathematical Association of America, Washington DC.

[2] Barwise, J., and Etchemendy, J., Heterogeneous Logic., 1995, 211-234, J. Glasgow and alii (eds.), MIT Press, AAAI Cambridge, MA.

[3] Shin, S-J., The logical status of Diagrams, 1994, Cambridge UP.

[4] Recanati, C., Raisonner avec des diagrammes: perspectives cognitives et computationnelles, *Intellectica* 40, 2005, 9-42. <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00085004/fr>.

[5] Recanati, C., Hybrid Reasoning and the Future of Iconic Representations, *Artificial General Intelligence*, 2008, P. Wang et al. (eds), *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications* vol 171, 2008, IOS Press, 299-310. <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00262083/fr>.

[6] Fauconnier, G. and Turner, M., *The Way We Think: Conceptual Blending and the Mind's Hidden Complexities*, 2002, New York, Basic Books.

[7] Vendler, Z., Verbs and Times. *Linguistics in Philosophy*, 1967, 9-121, Cornell University Press, Ithaca, New-York.

[8] Recanati, C., et Recanati, F., La classification de Vendler revue et corrigée, *La modalité sous tous ses aspects*, *Cahiers Chronos* 4, 1999, 167-184. Amsterdam/Atlanta, GA. <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00085094>.