

Dynamique du langage et ontologie*

Frédéric Pascal
I.J.N / CeLiTh
fredericp.pascal@gmail.com

Samuel Tronçon
"Structures Formelles du Langage", Paris VIII
troncon@iml.univ-mrs.fr

Résumé

Nous proposons une conjecture qui vise à explorer les possibilités d'une théorie de la signification qui ne se baserait ni sur l'analyse des énoncés du langage, ni sur les références objectives de nos énoncés. Cette conjecture est permise par de récents progrès logiques qui donnent les bases nécessaires notamment à la fondation d'une signification par l'usage, dans un système conventionnaliste et holiste. L'intérêt d'une telle démarche, outre l'élaboration d'un modèle conceptuel, est de permettre une autre fondation de la communication inter-humaine et de l'apprentissage.

La réflexion proposée ici a pour objectif de tester les possibilités offertes par une théorie de la signification qui n'aurait pas recours à la notion de contenu, et dans laquelle l'intention serait entièrement opaque¹.

On considère deux agents qui ne peuvent communiquer qu'en échangeant des cartes sans signification : ils ne connaissent pas les figures, aucune inscription n'est présente, aucun manuel n'est fourni. La seule règle du jeu ne suppose rien concernant les figures représentées : *les joueurs peuvent échanger des cartes en les posant à tour de rôle*. Les joueurs ne partagent donc d'explicite que l'historique

*Version Préliminaire

¹Sur cette base, le modèle "double blind" que nous présentons, développé à l'origine pour la sémantique par Tronçon, est largement influencé par les travaux de Jean-Yves Girard, et plus particulièrement par la Ludique (voir à ce sujet [2]). Si cette inspiration est clairement présente dans le développement de notre réflexion, le modèle n'en reste pas moins, à cette étape, un modèle conceptuel et informatique. La convergence avec une présentation "logique" restant encore à construire. L'originalité de ce travail réside plutôt dans sa convergence avec les thèmes développés par Frédéric Pascal (voir notamment [4]), dans lesquels on constate l'intérêt de cette réflexion d'un point de vue d'ontologie formelle.

de l'échange privé de toute définition. Nous conjecturons néanmoins l'émergence progressive d'une valeur symbolique grâce aux nombreuses interactions qui permettent à chacun de stabiliser ses propres routines sur la base des réactions de son interlocuteur. Ainsi, chaque joueur suppose que les comportements répondant à ses routines sont eux-mêmes le fait de routines de son interlocuteur. En informatique théorique c'est la bi-orthogonalité, par laquelle on définit un type logique A comme l'ensemble des preuves π de A qui répondent aux preuves π' de l'orthogonal $\neg A$ (voir notamment [6] et [3]).

L'idée première de l'ontologie telle qu'elle est appliquée à la méthodologie de la création d'un système formel est de rendre explicite un domaine qui ne l'est généralement pas. Dans ce modèle, il s'agit de montrer par un système réduit comment non seulement rendre compte mais encore traduire dans la cohérence d'un système formel un certain nombre de phénomènes linguistiques pour lesquels la plupart des théories se trouvent prises au dépourvu apparaissent spontanément dès lors que la valeur d'interaction est considérée.

Si la valeur descriptive d'un tel modèle semble donc avérée, ce n'est pas sans poser certains problèmes ontologiques. Il faut notamment s'assurer que la procédure d'interprétation repose sur des constituants explicites. Il s'agit aussi d'élucider la relation que peut entretenir le modèle avec son domaine d'application extérieur, et donc avec tout un ensemble de contraintes qui ne peuvent être que faiblement spécifiées. Cette étude problématique se conclura par un examen de son application à la caractérisation de quelques formes de modélisation qui sont couramment utilisées. Nous pourrons observer de cette façon comment l'ingénierie des systèmes complexes pour la description joue son rôle par rapport aux objets réels dont elle entend fournir la description.

1 Modèle "double blind"

La théorie de la signification, qu'elle soit plutôt portée sur la sémantique ou sur la pragmatique, se confronte sans cesse à la question du contenu et de l'intentionnalité. Cette omniprésence cache néanmoins de réels problèmes conceptuels que l'on peut espérer contourner en adjoignant à la théorie classique de nouvelles hypothèses permettant d'enrichir ce que l'on entend traditionnellement par « signification ».

L'intuition qui préside au modèle qui suit a pour objectif de tester les possibilités offertes par l'abandon "relatif" de la notion de contenu, et par la « privatisation » de l'intention locutoire afin d'éviter toute incidence rétroactive sur l'ob-

jectivité de l'échange comme on peut la connaître dans le modèle cybernétique. Nous verrons que cela a pour conséquence notamment de recentrer l'analyse sur les processus de l'échange et sur les notions de compréhension et de connaissance.

Principe

Le « double blind » met en scène deux agents qui ne peuvent communiquer qu'en échangeant des cartes sans signification : ils ne connaissent pas les figures, aucune inscription n'est présente, aucun manuel n'est donné. La seule règle du jeu ne suppose rien concernant les figures représentées : les joueurs peuvent échanger des cartes en les posant à tour de rôle.

Chaque joueur est caractérisé par une certaine capacité mémorielle et un ensemble de procédures d'analyse sur les échanges passés qui lui permettent de décider de quelles cartes il va user dans l'échange. Au fur et à mesure de l'échange, un joueur peut enrichir et modifier une liste de routines auxquelles il accorde une certaine pertinence pour réguler ses échanges. Nous modélisons cet agent au moyen d'une base de données comportant la mémoire des coups, des modules agissant par induction sur les coups précédents, des routines de la forme *en échange d'une carte x, je peux donner la carte y*.

Il est important de noter qu'en l'absence d'explications supplémentaires, chaque joueur ne peut savoir si l'autre joueur connaît les mêmes règles que lui. L'objectif du jeu peut d'ailleurs être défini, pourquoi pas, comme suit : « Vous devez être en mesure de nous dire à l'issue de x échanges, quelles sont les règles appliquées par votre interlocuteur ».

De fait, il s'ensuit qu'un joueur est libre d'interpréter l'absence de carte posée en réponse à sa proposition soit comme absence de réponse de son partenaire (auquel cas il va donc rejouer), soit comme pause (auquel cas il attendra indéfiniment). Cette liberté vient du fait que les états d'absence ou d'attente de réponse sont interprétés arbitrairement vu qu'aucun des joueurs ne peut signifier explicitement à l'autre sa volonté d'abandonner. Cette première stabilisation relève de la règle privée, même si on peut facilement imaginer qu'elle se fasse autour d'une valeur temporelle arbitraire. La règle privée peut pourtant rapidement devenir publique car, même si les joueurs ne peuvent partager de signe explicite d'abandon, ils peuvent se baser pour cela sur leurs réactions mutuelles en situation d'attente.

Fonctionnement

On conjecture aisément que les premiers échanges se fassent de manière totalement aléatoire. Chaque fois qu'une carte est posée, une autre vient en échange. Chaque joueur fait par ailleurs les associations qu'il souhaite entre les cartes, et entre les figures qu'elles représentent.

Mais, au bout d'un certain nombre d'itérations, les joueurs commencent à faire des constats et à prendre des décisions : « pour cette carte, je donne cette carte », « il ne joue pas, c'est qu'il n'a pas la carte nécessaire », « je n'ai pas la carte que je souhaite, j'en place une autre quelconque » ... Ce sont ensuite des inductions qui apparaissent : « cette carte l'amène (toujours) (souvent) (plus tard) à une impasse », « cette carte permet (toujours) (souvent) (plus tard) d'obtenir telle carte », « cette carte ne m'inspire jamais » ? Puis des routines : « pour cette carte on peut avoir cette carte », « pour cette carte on doit rendre cette carte »... Et enfin des stratégies : « il devait rendre cette carte, il ne l'a pas fait, pourquoi ? Je le relance sur une autre routine pour voir s'il la respectera », « il respecte la routine, je peux donc attendre telle carte dans trois tours », « il ne respecte aucune routine, il me prend pour une bille ? Je fais pareil ? »

L'intéressant, c'est que les joueurs ne partagent explicitement que l'historique. Ils ont en propre la connaissance de ce qui a motivé leurs décisions, mais ne peuvent savoir si la réaction de l'interlocuteur est arbitraire ou est la conséquence de l'application d'une routine. Vu d'un joueur, les intentions de l'autre ne sont donc qu'hypothétiques et prennent la forme de re-constructions venant justifier précisément leurs propres intentions. Ce manque d'assurance concernant le jeu de l'interlocuteur ne doit pas masquer néanmoins l'émergence d'une forme d'intersubjectivité qui ne tient pas qu'à la mémoire des échanges. On peut invoquer pour cela plusieurs raisons. La première est purement statistique puisque chaque locuteur va puiser ses interprétations concernant d'éventuelles routines de son interlocuteurs dans l'historique des schémas les plus répétitifs, il a donc une forte probabilité de tomber sur de véritables routines stabilisées comme telles. La seconde raison tient au fonctionnement même du système : du fait qu'il stabilise ses propres routines sur la base des réactions de son interlocuteur, il a donc de fortes chances que les comportements répondant à ses routines soient eux-mêmes le fait de routines de son interlocuteur.

Ainsi, au delà de l'univers privé de routines, qui semble modéliser une partie de la connaissance propre à un locuteur, c'est à travers les routines qui lui répondent qu'il peut stabiliser son propre univers et révéler une partie publique dans l'univers de son interlocuteur. Par l'échange, les deux locuteurs s'explorent

donc mutuellement, et cette exploration est révélée, en creux, dans leur propre activité. L'exploration, sorte de connaissance constructive rendue uniquement par le jeu de l'échange, est donc, dans sa forme, totalement indépendante des conduites que développent en propre chaque locuteur. Celles-ci, attentes, intentions, comportements, ruses, éthiques et trahisons, servent néanmoins la connaissance qui s'en dégage puisqu'elles orientent l'exploration, et lui fournissent une motivation.

En somme, les joueurs établissent des catégories de comportement, grâce auxquelles ils identifient les actions et attribuent des intentions à leurs interlocuteurs. À force d'échanges certains de ces types deviennent communs, totalement ou partiellement, du fait que les inférences concernant les routines de l'interlocuteur portent sur un même domaine (la chronologie) suffisamment riche pour que les locuteurs aient à catégoriser des schémas d'action récurrents.

La différence avec un système naturel consiste essentiellement dans les contraintes sociales qui s'imposent : grands nombres d'interactions, interactions multiples en parallèle, introduction du contexte. La prise en compte de ces contraintes sociales nécessite un passage à la complexité. Il suffit néanmoins pour cela de jouer le même jeu avec plusieurs locuteurs, ou en considérant des interactions entre contextes plutôt qu'entre locuteurs, mais il ne s'agit là que d'une répétition du même schéma qui ne pose que des problèmes technologiques sans influence déterminante sur la partie conceptuelle : puissance de calcul et programmation concurrente. On considèrera qu'une modélisation de ce jeu pourrait constituer une bonne approximation d'une notion d'intersubjectivité qui ne soit fondée ni sur l'intentionnalité, ni sur la notion de contenu conceptuel. Rappelons que ce modèle n'a pas pour vocation de remplacer les théories actuelles, mais d'ajouter des dimensions insuffisamment prises en compte dans la théorie de la signification alors même qu'elles pourraient aider à résoudre certaines difficultés fondationnelles.

Implémentation

Nous simulons cette conjecture grâce à un modèle informatique qui comprend une base de données relationnelle, des routines et un module de visualisation des données. La chronologie du jeu est stockée dans une base libre d'accès, elle est unique. Seuls diffèrent les modes d'accès des joueurs à la chronologie, qui sont dépendants des caractéristiques des joueurs (mémoire, procédures inductives utilisées, profondeur de champ des procédures). Chaque coup de l'échange est enregistré comme un quadruplet qui comprend l'identité des joueurs, l'action ayant induit cet échange, et l'action jouée par le joueur actif à cette étape. L'échange est évidemment indexé par un entier correspondant à son numéro d'ordre dans la

chronologie. Un échange binaire comprend donc une action à destination d'un joueur, et la réaction de ce joueur. Un échange complexe, pourra comprendre plusieurs actions d'origine (ayant motivé une réaction), et/ou plusieurs actions-réponse. La particularité des échanges tels que définis ici est de valoir à la fois comme unité stricte (question-réponse, intervention-répartie, ...) et comme unité composable (en tant qu'elle résulte d'une action précédente, et engage une action future). L'échange est donc une unité strictement locale, qui se résout dans l'action.

Chaque joueur possède en outre une base privée, contenant la liste des actions qu'il a retenues comme pertinentes, *i.e.* comme actions répétables (on parle alors de renforcement). Cette liste est donc dépendante des procédures inductives qu'un joueur utilise pour renforcer ses actions. Une telle action renforcée sera nommée *tactique*. La création d'une tactique occure en fonction des procédures inductives de l'agent qui lui permettent de mesurer la pertinence de cette création. Une tactique sera définie à l'aide de l'action de l'interlocuteur, et de la réaction du locuteur. Il y a évidemment plusieurs tactiques opposables pour un coup de l'interlocuteur, et plusieurs tactiques pour atteindre un coup du locuteur. Les tactiques sont plus particulièrement différenciées par leur impact, à un pas, c'est à dire relativement à ce qu'elles permettent d'obtenir immédiatement, ou à plusieurs pas, ce qui nécessite de composer des tactiques et donc de calculer leur impact "composé".

On peut dès lors concevoir des stratégies, organisation arborescente de tactiques, qui permettent de répondre à différentes actions possibles de l'interlocuteur en fonction des coups prévus par l'agent. Une stratégie n'est donc possible que si le joueur possède un ensemble de tactiques non-trivial. Il faut notamment que ses tactiques soient connexes (qu'elles puissent se composer), ce qui suppose l'existence, chez l'autre joueur, de réactions potentielles permettant cette composition. Une stratégie est donc un arbre, potentiellement infini, comportant une base constituée par l'intervention actuelle, avec une alternance de coups joueur/opposant : l'intervention du joueur, les interventions possibles pour ses interlocuteurs, ses propres ouvertures à la suite de l'intervention de la partie adverse, etc... Certaines branches sont closes, lorsque le joueur est capable d'anticiper un abandon dans cette "partie" possible. En somme, une stratégie est un ensemble de parties. Comme suite d'échanges ayant mené à l'abandon, la dispute joue un rôle prépondérant dans la création des tactiques et la création de stratégies. Ce rôle n'est pas tant lié à l'abandon lui-même, qui n'a pas réellement de valeur dans ce jeu sans gain, mais à la possibilité qu'il introduit de délimiter un contexte, c'est à dire une partie. Par là-même, les joueurs sont aptes à discriminer les usages pos-

sibles, et à les rapporter à l'impact qu'ils ont dans le cours du jeu et leur propre représentation de l'échange.

Pour finir, le modèle comprend des procédures d'induction, par lesquelles les joueurs peuvent décider de leurs coups. Les caractéristiques d'un joueur sont définies en fonction des procédures appliquées et du paramétrage de leur utilisation. La principale méthode de décision porte par induction sur les coups similaires précédemment joués par l'un des joueurs. Ainsi, à l'occurrence d'une action, le joueur va activer sa mémoire des coups passés dans un contexte similaire. Il analyse alors les réactions possibles et l'impact qu'elles entraînent relativement aux possibles continuations (quels chemins peuvent être empruntés par la suite), et à l'issue de ces chemins prévisibles (notamment relativement à l'abandon). Cette analyse est donc dépendante de plusieurs facteurs : la profondeur d'analyse de l'impact (à combien de tours), la profondeur de mémoire de l'agent et le fait de se baser uniquement sur ses propres coups similaires, ou sur ceux des interlocuteurs. L'ensemble de ces paramètres, pour toutes les procédures inductives définies, constitue la caractéristique du joueur.

Ainsi, un joueur pourra avoir comme caractéristique le fait de chercher à explorer des voies abandonnées, ou au contraire le fait de ne pas retenter un chemin sur lequel son interlocuteur a précédemment abandonné. Autre caractéristique importante, cette recherche de chemins se fera par exemple à une distance de trois niveaux (les coups possibles après deux interventions et deux réparties), ou bien uniquement dans l'immédiateté (à une intervention).

2 Point de vue critique

Le fondement symbolique : une ontologie à deux niveaux

Le modèle "double blind" est basé sur une dynamique d'interaction à partir d'un domaine restreint d'éléments : les cartes. Ces éléments sont les devises qui seront les composantes de mises possibles des agents et des mises qui pourront être données en réponse.

Le développement de l'échange est alors montré comme solidaire de l'émergence progressive d'une certaine *épaisseur symbolique*. Le terme d'épaisseur symbolique signifie que ce qui est couramment nommé *contenu* est ici avant cela compris comme une stratification. La stratification en question est celle des procédures qui sont alternativement alliés à l'interprétation d'une même devise. L'épaisseur symbolique est produite à partir d'un ensemble de routines. Que celles-ci soient

respectées entérine le fonctionnement de ces routines comme telles. Nous verrons dans le développement suivant pourquoi la réalisation de ces routines sont en fait fondamentalement distinctes.

Il s'agit pour nous d'éviter le raccourci usuel statuant d'un contenu associé par convention à un terme. Ladite convention n'occupe aucune place dans notre modèle, pas plus que le réalisme sémantique direct liant le mot à l'item. Il s'agit donc d'une limite de ce modèle en même temps qu'une de ces vertus. La stabilisation de routines par convention – et tout autant par une autorité plus ou moins abstraite – saurait certainement être considérée positivement en tant qu'elle supplée les conditions de commodité des échanges ordinaires. La convention en question renforcerait des routines et scellerait un certain nombre de procédures d'usage ainsi que les devises qui leur sont associées. Il faut préciser que le modèle proposé restreint par commodité le nombre d'éléments susceptibles de compter comme devises. Cet artifice permet de situer un domaine qui peut être considéré comme constitutif d'une ontologie. Le terme d'ontologie est alors attaché à celui de modèle formel ou d'architecture informationnelle même si celle-ci n'est élaborée qu'avec un registre fort restreint.

Comme le soulignait très justement B. Smith, il importe de distinguer entre deux acceptions du terme *ontologie* [5]. L'une est une ontologie prescriptive, l'autre est une ontologie descriptive. L'ontologie prescriptive est celle qui est propre à l'élaboration d'une ontologie artificielle, celle qui est adoptée pour l'ingénierie des systèmes formels et informationnels.

L'ontologie descriptive est celle qui est traditionnellement l'objet de la métaphysique, à savoir la question du *mobilier du monde*. Elle porte par principe à la saisie des constituants du monde réel, celui qui est censé produire les conditions même du domaine de l'observation et de l'action.

Il faut voir dans le niveau de la devise et des mises et contre-mises qui sont réalisées dans le modèle le niveau ontologique prescriptif. Il s'agit en effet après tout de la manipulation d'éléments dont la valeur symbolique se définira progressivement, même si pas de manière absolument stable au cours de la transaction. À ce titre nous assistons à l'élaboration d'un modèle. Ce modèle établira par force un niveau d'interprétation qui imposera par le niveau d'usage la ressource de la description plus ou moins satisfaisante de l'ensemble.

L'objet de l'ontologie descriptive est toujours en jeu. En effet il convient de garder présente la limite entre le mode de la transaction décrite par notre modèle et ce qu'elle laisse dans l'opacité. Par force l'ambition d'une ontologie transparente à l'environnement paraît être celle qui doit être visée par le jeu de mise qui est décrit dans le modèle.

Il est permis de penser que la première agit comme modèle et toute la question est celle de son adéquation, certes par un facteur pragmatique, à la meilleure description du monde. Elle est en tous cas celle qui tache de favoriser les meilleures conditions de la conduite de l'action. Il semble à bon droit que l'on puisse parler d'effet de bord pour qualifier de façon plus générale la relation entre la manipulation réciproque de devises par différents agents et celui du niveau qui répondrait en propre de l'ordre des contraintes et des opportunités que les agents apprécient moyennant leurs différents niveaux de ressources.

Il faut alors souligner que ce niveau de l'ontologie prescriptive est celui qui s'ajoute à celui qui est l'objet de l'ontologie descriptive.²

La dynamique du langage, une dynamique des agents

C'est ici qu'il nous appartient de préciser ce dont ce modèle est fait. C'est ici du même coup, de par le lien que nous venons d'explicitier, que nous pouvons avancer ce que notre modèle nous fait mieux décrire. Le point clé de notre travail est largement dans son point de départ : le fait que les agents sont avant tout des agents dynamiques. Ceci signifie en premier lieu que les entités qui comptent au rang des agents sont d'abord animées. Ils ne sont pas animés de manière optimale. L'action n'est par conséquent pas à envisager selon le modèle traditionnel qui la fait penser comme la conclusion d'un schéma de décision à la façon dont l'envisageait Aristote. C'est en effet celui-là même qui fait supposer les conditions de correction comme étant antérieures au comportement même, ou plus largement au processus de décision.

Nous affirmons que la dynamique que nous décrivons est basée sur un facteur de mémorisation. C'est ici que notre hypothèse peut sembler mettre en danger la bonne économie du pouvoir explicatif de notre modèle. Or ce facteur de mémoire peut entièrement être décrit comme résultant d'une procédure ou plutôt d'une série de procédures distinctes par leur temps et leur espace. Fondamentalement, ceci nous conduit à conclure à l'existence de la particularisation de chaque occurrence. La traçabilité est le produit de l'interaction en elle-même, mais elle suppose le fait d'une différenciation forte de l'environnement et des procédures.

Cette différenciation n'est pourtant pas à strictement parler de l'espèce d'une différenciation épisodique. En effet aucune description de la singularité d'une situation n'est requise de la part d'un quelconque agent [1]. Il suffit que a) la procé-

²Il pourrait être dit qu'il l'enrichit même s'il n'est pas certain que le caractère laudatif de l'attribut soit toujours approprié. En effet le bénéfice de l'enrichissement ne saurait être garanti.

de cet agent en telle occurrence soit particulière à cette situation b) modifie en quelque façon la manière dont l'agent en question se comporte.

C'est le principe de la série qu'il convient de mobiliser pour saisir correctement le sens de notre conjecture. Ce principe peut être appliqué à la trajectoire ou encore à la réception d'une suite de sons. De la même façon qu'une série de sons peut sans cesse être ré-ordonnée de manière récursive tant que n'est pas jugé de son terme, l'action de l'agent sera étalonnée par sa propre unité étant donné son point d'aboutissement réel. Le qualificatif de *réel* s'applique à ce qui est réalisé physiquement.

Il s'agit bien par conséquent d'un ordonnancement chronologique au sens fort. En effet le facteur de la série suppose un ordonnancement dynamique qui est additif. Cette mémorisation des séries n'est pas encore à concevoir selon le modèle de la signification puisqu'il peut simplement être la mémorisation d'une procédure d'échange. Il est en revanche une condition de l'élaboration d'une procédure de signification.

La relation doit ici être approchée comme telle à partir de ces deux perspectives réelles. L'une est celle de l'agent, l'autre est relative aux déterminants physiques de ce qui se passe. La relation elle-même est la situation (ce qui est couramment traité comme une scène du point de vue de la psychologie contemporaine). La part de l'agent est celle du facteur mémoriel. La part de l'environnement physique est prise comme singulière. La dimension de mémoire est par conséquent à prendre à deux niveaux : la singularité de la situation réelle et l'inscription de cette singularité par l'agent au sein de son appareil constitutif. L'inscription en question entraîne une modification, c'est à dire un ajustement qui suppose une application prospective pour le traitement d'une occurrence du même type. Il s'agit alors de bien noter combien les actions menées par les différents acteurs agit en propre sur le monde réel et non seulement celui du cadre momentané de leur interaction mutuelle.

Conclusion

Nous pouvons considérer qu'un schéma d'interaction simple permet d'approcher quelques unes des caractéristiques du fonctionnement du langage. Le premier point est que la convergence sur la dimension de signification est à comparer à un schéma de preuve. Le second point est que cette signification est à comprendre comme une composition à partir de facteurs mémoriels. Ces facteurs mémoriels doivent minimalement être interprétés comme procéduraux. Leur articulation symbolique ne serait à considérer que relativement à un supplément de

signification, supplément qui ne préserve pas nécessairement l'identité de ce sur quoi il s'établit. Le point prometteur dans cette proposition nous semble être dans la vocation à articuler convenablement un domaine sémiotique sur un domaine purement physique auquel le premier reste réductible en principe. Cependant cette réduction n'en serait pas une acceptable étant donné que nous ne saurions ni rendre compte des comportements de nos organismes, ni même de circonscrire les unités physiques qui permettent de les articuler. Par conséquent nous ferions ainsi un pas dans l'explicitation objective d'un niveau relationnel. Celle-ci partirait du constat de l'articulation nécessaire des signes échangés sur des propriétés réelles du monde : les propriétés réelles du monde qui conditionnent cette interaction.

Références

- [1] John Barwise and John Perry. *Situations and Attitudes*. The MIT Press, 1983.
- [2] Jean-Yves Girard. Locus solum. *Mathematical Structures in Computer Science*, 11 :301–506, 2001.
- [3] Jean-Yves Girard. *Le point aveugle*. Hermann, 2007. Tomes 1 et 2.
- [4] Frédéric Pascal. Le langage et les deux plans de la cognition située. Prépublication. Institut des Systèmes Complexes de Paris, 2008.
- [5] Barry Smith. Ontology and information systems. Disponible en ligne sur [http://ontology.buffalo.edu/ontology\(PIC\).pdf](http://ontology.buffalo.edu/ontology(PIC).pdf), 2003.
- [6] Samuel Tronçon. *Dynamique des démonstrations et théorie de l'interaction*. Thèse de doctorat, Université de Provence, 2006. A paraître en 2009.