



HAL
open science

Action et causalité: de la mémoire associative à la représentation conceptuelle et linguistique

Anne Reboul

► **To cite this version:**

Anne Reboul. Action et causalité: de la mémoire associative à la représentation conceptuelle et linguistique. 2005. hal-00003800

HAL Id: hal-00003800

<https://hal.science/hal-00003800>

Preprint submitted on 20 Jan 2005

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.

Action et causalité : de la mémoire associative à la représentation conceptuelle et linguistique

Responsable scientifique : Anne REBOUL

Anne REBOUL

Institut des Sciences Cognitives,
UMR 5015
67 bd Pinel
69675 Bron Cedex
Tel: 04 37 91 12 48

Équipes partenaires

- CSL : La Cognition Séquentielle et le Langage, Institut des Sciences Cognitives, tel: 04 37 91 12 66
- NMO : Neurobiologie de la Mémoire Olfactive, Institut des Sciences Cognitives, tel: 04 37 91 12 33
- CMC : Connexionisme et modélisation cognitive, Institut des Sciences Cognitives, tel: 04 37 91 12 25
- GRRT : Groupe de Recherche sur la Référence Temporelle, Département de Linguistique, Faculté des Lettres, Université de Genève, 2 rue de Candolle, 1211 Genève 4, tel: (41) 22 705 72 76, télécopie: (41) 22 705 79 31
- NAA : Neurobiologie de l'Apprentissage Associatif, Laboratoire de Neurosciences Comportementales et Cognitives, UMR 7521 CNRS/ULP, 12 rue Goethe, 67000 Strasbourg, tel: 03 90 24 19 34, télécopie: 03 90 24 19 58

Rappel des enjeux et objectifs

Les difficultés liées à la nature même de la causalité ont conduit un certain nombre de philosophes et de logiciens, à la suite de Hume, à concevoir la base de la causalité comme la perception de régularités, ce qui est précisément le noyau du fonctionnement d'une mémoire associative. On peut donc faire l'hypothèse que la notion de mémoire associative est à la base du développement de la représentation conceptuelle de la causalité. Le présent projet repose sur l'hypothèse selon laquelle la conceptualisation de la causalité se développe à partir d'une mémoire associative. Celle-ci permet de développer des schémas causaux généraux qui sont ensuite instanciés via des modules comme la physique naïve, pour aboutir aux liens entre schémas causaux instanciés et catégories puis à la lexicalisation de ces liens. Ce projet a donc plusieurs niveaux: a) un niveau neurobiologique centré sur la mémoire associative multi-modale; b) un niveau connexionniste de modélisation des données dans un modèle informatique multi-modal; c) modélisation pragmatique du développement de la conceptualisation de la causalité; d) simulation informatique du développement de la conceptualisation causale à partir de l'interaction entre données perceptuelles et données linguistiques; e) description du rôle des concepts causaux dans le lexique et de celui des schémas causaux dans l'interprétation, notamment temporelle, du discours.

Rappel du calendrier des travaux

Étapes (6 mois)	NAA + NMO Tests	CMC + CENECC	PC	CSL	GRRT
I	comportementaux Mise au point dans chacune des équipes	Adapter le modèle de mémoire associative sur le plan concret et abstrait	Mise au point des règles d'acquisition de l'association	Structure argumentale conceptuelle Structure syntaxique correspondante	Connecteurs causaux : fonctionnement et relations
II	Mise au point : Effets des lésions, Mise au point électrophysiologie	Etudier l'influence d'interactions entre traitements de bas-niveaux de plusieurs modalités	Mise au point des règles causales générales	Transition des instances de verbes vers des schémas généraux (niveau conceptuel)	Connecteurs causaux : extraction de schémas d'inférence causale
III	Imagerie c-Fos Enregistrements électrophysiologiques Analyses	Introduction de la dimension temporelle dans le modèle a) étude et mise au point	Instanciation de ces règles à partir des formalisations existantes de la physique naïve	Transition des instances de verbes vers des schémas généraux (niveau syntaxique)	Causalité et lexique : rôle de la causalité dans la sémantique des prédicats d'événements
IV	Expériences complémentaires Interprétations Rédaction	Introduction de la dimension temporelle dans le modèle b) expérimentation et validation	Production de schémas causaux liés aux concepts et au lexique	Discours Structure conceptuelle hiérarchique et compositionnelle Structure syntaxique hiérarchique et fonctionnelle	Causalité et lexique : extraction de règles conceptuelles causales sous-tendant l'organisation temporelle du discours

Etat d'avancement à mi-parcours (septembre 2002)

L'état d'avancement des travaux est détaillé ci-dessous équipe par équipe.

Équipe NAA

Conformément au calendrier prévisionnel, plusieurs étapes ont été franchies cette année. Sur le plan expérimental, deux protocoles de conditionnement aversif ont été mis au point : un protocole dit de masquage et un protocole de conditionnement discriminatif dans lequel les effets de lésions de l'hippocampe et du cortex entorhinal ont été étudiés. Sur le plan technique, un dispositif de codage automatisé de la réponse comportementale d'immobilité (« freezing »), ainsi que la technique de marquage de la protéine FOS ont été validés dans notre équipe.

Avancées expérimentales

Le premier protocole mis en œuvre avait pour but d'étudier les phénomènes de masquage entre stimulus conditionnel et contexte dans un conditionnement de trace. La tâche de conditionnement comporte une séance de conditionnement où le rat est exposé, de façon contiguë ou non, à des sons et des chocs aversifs dans une boîte de conditionnement (contexte). Plusieurs étapes de paramétrage ont permis de déterminer la durée du son, l'intervalle temporel (trace) entre les sons et les chocs électriques et le nombre d'association son-choc. L'animal

est réexposé 24 h plus tard au contexte seul, et 48 h plus tard uniquement au son présenté dans un contexte différent. Ces expériences ont montré que la présence d'un stimulus sonore signalant les chocs limite fortement la réponse aux indices environnementaux (contexte) s'il y a contiguïté entre son et choc. L'introduction d'un intervalle trace entre la fin du signal et le choc diminue le conditionnement du signal sonore au bénéfice d'un conditionnement au contexte, comme le prédit le modèle de compétition de Rescorla & Wagner (in : *Classical Conditioning*, 1972, p64). La réponse au son est alors, sinon supprimée, du moins retardée. En outre, après un nombre suffisant d'appariements, l'animal apparaît capable de prendre en compte la présence du signal malgré l'intervalle trace, avec pour résultat une diminution du conditionnement contextuel. Ainsi, les interactions entre signal et contexte dans ce conditionnement aversif soulignent l'importance des facteurs temporels dans l'attribution de causalité. Cette attribution n'est pas nécessairement exclusive puisqu'un conditionnement à la fois au son et au contexte peut être observé.

Le deuxième protocole mis en œuvre visait à explorer les mécanismes par lesquels un contexte est capable de résoudre l'ambiguïté d'une information. Ce protocole de discrimination contextuelle repose sur l'exposition du rat chaque jour à un son (SC) dans deux contextes différents. Dans un seul des contextes, le son est suivi d'un choc aversif (avec ou sans inter-

valle trace). Cette tâche a l'avantage de fournir des informations détaillées non seulement sur le conditionnement au son et au contexte, mais également sur des traitements plus complexes comme la discrimination entre deux contextes et la modulation par le contexte de la réponse au son. Comme le signal sonore est ambigu quant à la prédiction du SI, le traitement du contexte se trouve favorisé et sa prise en compte permet de lever cette ambiguïté. Ainsi, la réponse au son s'avère plus faible dans le contexte (neutre) où aucun choc n'est présenté. Comme précédemment, le traitement du contexte est favorisé par la présence d'un intervalle trace.

Les effets de lésion excitotoxique de deux structures de la formation hippocampique (l'hippocampe et le cortex entorhinal) ont été étudiés à l'aide de ce protocole. Alors que les lésions hippocampiques se sont révélées sans effet, les lésions entorhinales ont augmenté le conditionnement de trace au son et rendu cette réponse moins sensible au contexte dans lequel elle est mesurée (Luck et coll., 2002; Luck et coll., en préparation). Ce phénomène suggère que la lésion du cortex entorhinal n'affecterait pas directement le conditionnement contextuel, mais biaiserait le conditionnement en faveur du signal sonore. Il est concevable que le cortex entorhinal régule le maintien en mémoire temporaire d'une représentation sensorielle, qui apparaît nécessaire à la création d'un lien causal entre des stimuli non-contigus dans le temps.

Avancées techniques

Ces études comportementales ont été rendues possibles par le développement de la mesure automatisée du *freezing*. Le codage manuel représente une énorme charge de travail et le jugement de l'expérimentateur peut être biaisé. Afin d'y remédier, Anagnostaras et coll. (*Learn. Mem.*, 2000, 7 : 58) ont proposé de comparer le contraste global de chaque image, mesuré par l'écart-type du signal vidéo. Cette mesure simple et robuste s'avère remarquablement efficace. Nous avons perfectionné ce système en soustrayant de l'image numérisée toutes les secondes (par inversion et moyennage point par point), une image pré-enregistrée du fond, c'est-à-dire des cages de conditionnement vides. Ce perfectionnement garantit que seul le signal lié à la présence de l'animal est pris en compte et offre une plus forte stabilité du signal mesuré (Marchand et coll., en préparation).

La technique d'imagerie fonctionnelle de révélation de la protéine FOS par immunohistochimie a été mise au point : ainsi, des neurones immunopositifs ont été trouvés systématiquement dans plusieurs structures du système limbique à l'issue de conditionnements aversifs.

Équipe NMO

La première étape de notre travail a consisté à mettre au point chez le rat, le test d'apprentissage de peur conditionnée à l'odeur. Pour cela, nous nous sommes équipés des cages de conditionnement adéquates, d'un stimulateur électrique et d'un système d'enregistrement vidéo du comportement de l'animal. Après avoir mis en place l'ensemble du dispositif, nous avons réalisé les expériences suivantes.

Apprentissage de peur conditionnée à l'odeur dans un contexte classique

Un premier groupe de rats (Groupe Odeur, n = 8) a été conditionné à associer l'arrivée d'une odeur à la distribution d'un choc électrique aux pattes dans une cage expérimentale donnée. Les animaux ont reçu six associations Odeur-Choc au cours d'une séance unique. Un deuxième groupe de rats (Groupe Odeur Contrôle, n = 6) a subi le même protocole que le précédent, mais sans choc électrique. Les résultats montrent que, le lendemain, les rats « Odeur » ont bien fait l'association entre l'odeur et le choc électrique et présentent un comportement de peur prononcé en présence de l'odeur. Par contre les animaux n'ont pas acquis d'aversion au contexte expérimental seul. Cela peut s'expliquer par le fait que notre contexte expérimental ne présente pas de caractéristiques sensorielles suffisamment saillantes, ou que la valeur prédictive de l'odeur est telle qu'elle masque les indices contextuels.

2. Apprentissage de peur conditionnée à l'odeur dans un contexte sonore

Dans cette deuxième expérience, nous avons cherché à rendre un élément du contexte expérimental plus saillant, afin de pouvoir ensuite le manipuler aisément.

Un premier groupe de rats (Groupe Odeur + Son, n = 6) a été conditionné à associer l'arrivée d'une odeur à la distribution d'un choc électrique dans une cage expérimentale caractérisée par la présence d'un son continu. Un deuxième groupe de rats (Groupe Odeur + Son Contrôle, n = 6) a subi le même protocole que le précédent, mais sans choc électrique. Les résultats montrent que les rats conditionnés « Odeur + Son » ont fait une moins bonne association entre l'odeur et le choc électrique que les rats du groupe « Odeur » de la première expérience : leur comportement de peur en présence de l'odeur est atténué. Par ailleurs, les animaux ne présentent pas non plus d'aversion au contexte expérimental sonore seul. Tout se passe comme si les animaux avaient associé la paire d'indices (et non chaque indice pris isolément) au choc électrique.

Afin de tester cette hypothèse nous avons fait un troisième groupe de rats (Groupe Odeur + Son2, n = 6), conditionnés selon le même protocole que le groupe « Odeur + Son », mais testés en présence de l'odeur ET du son lors du test de rétention. Il s'avère que dans ce cas, les animaux présentent un comportement de peur comparable à celui des rats du groupe « Odeur », de l'expérience initiale. Cela nous conduit à déduire que les animaux ont bien fait l'association Odeur + Son = Choc électrique.

En résumé de cette étude comportementale il ressort que l'apprentissage de peur conditionnée à l'odeur est maintenant opérationnel. En revanche, la mise en évidence de l'apprentissage de l'indice contextuel sonore seul n'est pas encore faite et demandera une mise au point supplémentaire.

3. Mise au point de l'implantation d'électrodes dans l'amygdale

En parallèle de l'étude comportementale, nous avons réalisé plusieurs expériences sur l'animal anesthésié, destinées à nous familiariser avec le type de signaux potentiel évoqué recueillis

dans l'amygdale en réponse à la stimulation électrique du bulbe olfactif. La technique semble actuellement au point sur l'animal anesthésié.

Par ailleurs nous avons adapté notre système d'enregistrement électrophysiologique sur l'animal vigile, à la nouvelle cage de conditionnement.

Équipe CMC

Réalisation 1 : *Implémentation du modèle connexionniste de mémoire associative multimodale sur machine parallèle*

Le réseau de neurones modulaire modélisant une mémoire associative multimodale, travail développé dans l'équipe [Rey02], a été repris et découpé en trois modules fonctionnels qui ont été implantés, sous l'interface de programmation parallèle MPI, sur des processeurs distincts (trois stations de travail sous LINUX). La coopération entre les modules est assurée par des échanges de messages non bloquants. Le but de ce travail est d'apporter un aspect temporel au modèle en permettant l'exploitation de l'asynchronisme des échanges de messages pour simuler des communications plus réalistes, sur le plan temporel, entre les différents modules fonctionnels (traitements visuel et auditif bas-niveaux, mémoire associative). L'implantation parallèle est désormais fonctionnelle [Mas02]. Elle a été testée dans un environnement de robot virtuel, lui-même développé dans l'équipe [ReyPuz01].

Réalisation 2 : *Etude de l'influence d'interactions entre traitements bas-niveaux de plusieurs modalités*

En étroite collaboration avec les objectifs de l'équipe NMO, un module complémentaire a été défini et ajouté au modèle connexionniste de mémoire associative multimodale développé dans l'équipe et décrit dans [Rey02]. Ce travail a pour but de simuler une influence réciproque entre modalités, à bas niveau, afin de mieux comprendre les mécanismes de l'intégration sensorielle. Le module a été défini et implanté dans le réseau de neurones modulaire ; il a été testé dans un environnement de robot virtuel [ReyPuz01]. Sa présence améliore sensiblement les performances [Roe02].

Équipe PC

Comme prévu dans le calendrier, l'équipe s'est consacrée à la modélisation théorique des règles d'acquisition de l'association et des règles causales générales. L'idée de base est que la conceptualisation de la causalité dépend de l'association répétée entre deux événements et de la construction d'une règle causale les liant. L'acquisition de l'association dépend de la *contiguïté* (proximité spatio-temporelle) entre les deux événements et de la *contingence* (fréquence avec laquelle ils sont associés). La causalité dépasse l'association sur deux points : l'asymétrie temporelle (la cause précède l'effet) et la règle causale générale qui pose un problème annexe, celui des conditions *ceteris paribus* (conditions qui doivent être satisfaites pour que la règle s'applique). En bref, les points à prendre en compte pour une modélisation de la conceptualisation causale sont les suivants : contiguïté, contingence, règle causale et conditions *ceteris paribus*.

La contingence et la règle causale générale sont des notions étroitement liées à la conditionnalité (ex : *Si Chirac gagne, les cré-*

aits de la recherche diminueront) et plus encore à une de ses variétés, la contrefactualité (ex : *Si Jospin avait gagné, les crédits de la recherche auraient été maintenu/auraient augmenté*). La contrefactualité est couramment traitée dans la *théorie des mondes possibles*, une théorie modale qui rend compte de la *possibilité* et de la *nécessité*. La théorie des mondes possibles permet de modéliser la contingence, la règle causale et (via la notion de *distance* entre mondes possibles) les conditions *ceteris paribus*. En revanche, les notions de contiguïté et d'asymétrie temporelle lui échappent. Par ailleurs, il n'est pas sûr que le traitement qu'elle permet de faire des conditions *ceteris paribus* soit entièrement satisfaisant.

Il existe cependant une autre théorie modale, la *théorie des ramifications temporelles* (Xu à partir des travaux de Prior), qui repose sur la notion d'*histoire possible* et qui a adopté une représentation arborescente à tronc unique. L'idée est qu'un arbre correspond à un ensemble d'histoires possibles, chaque trajet sur l'arbre (du tronc aux feuilles) correspondant à une histoire possible. Ce système simple permet de définir la *directionnalité* du temps (et donc de donner un sens aux notions de *passé, présent, futur* et de *durée*) et de définir *transitions* et *événements*. La théorie des ramifications temporelles permet ainsi de rendre compte de la contiguïté, de l'asymétrie temporelle et des conditions *ceteris paribus*. On perd par contre la généralité de la théorie des mondes possibles.

Cependant les deux théories ne sont pas incompatibles et on peut les combiner en réinterprétant la théorie des ramifications temporelles dans la théorie des mondes possibles. Dans cette optique, un arbre est un ensemble de mondes possibles, chaque histoire possible (trajet sur l'arborescence) définissant un monde possible. Ceci revient à traiter la théorie des ramifications temporelles comme une spécification pour le temps de la théorie des mondes possibles. Le dispositif obtenu permet la modélisation de l'ensemble des notions liées à la causalité : contiguïté, contingence, asymétrie temporelle, règle causale et conditions *ceteris paribus*.

Équipe CSL

Développement et validation d'une simulation qui modélise le jeune enfant dans un "monde" perceptuel simple où il est exposé à des données linguistiques. Le système est basé sur l'hypothèse de mécanismes séparés pour la représentation conceptuelle d'une scène donnée et pour la représentation linguistique de l'entrée verbale, avec une interface bidirectionnelle entre ces représentations. Ainsi, l'entrée linguistique peut fournir des informations sur la "scène conceptualisée" et, de même, l'information de la scène conceptualisée peut être utilisée pour générer des représentations linguistiques pour la production de la sortie verbale.

Développement, validation et intégration d'un système d'analyse de scènes visuelles réelles pour extraire des événements causals de type "pousser, toucher, donner, prendre". La causalité est traitée comme une propriété physique, basée sur la vitesse relative entre deux entités (agent et objet). Analyses de différents types d'actions et leurs descriptions verbales avec ce système intégré, avec traitement des structures hiérarchiques (comme des phrases relatives).

Équipe GRIT

Le travail sur l'expression linguistique de la causalité a porté principalement sur les relations, exprimées dans le lexique, entre le contenu conceptuel et le contenu procédural des expressions linguistiques. L'option choisie pour rendre compte à la fois du contenu conceptuel (causal) et procédural (instructionnel ou relationnel) des mots causaux (*parce que* notamment) a été de faire de l'opposition conceptuel/procédural non une opposition de principe entre deux grandes classes d'expressions (les mots lexicaux et les mots grammaticaux),

Programme de travail pour 2003

Équipe NAA

La prochaine étape du travail consiste à identifier les circuits neuronaux intervenant dans les conditionnements explicites (liés au son) ou contextuels. À cette fin, le protocole de conditionnement de trace sera mis en œuvre et l'expression de la protéine FOS sera recherchée dans un ensemble large de structures cérébrales. Les corrélations entre niveaux d'expression permettront de déterminer la "connectivité effective" des circuits, à l'aide de modélisation par équations structurelles (outil statistique en développement; voir Horwitz et coll., *Trends Cog. Sci.*, 1999, 3: 91). Dans un deuxième temps, la combinaison de cette technique d'imagerie fonctionnelle avec des lésions cérébrales permettra également d'identifier les altérations fonctionnelles distribuées induites par une lésion (par exemple du cortex entorhinal), rendant compte des modifications comportementales observées.

Équipe NMO

À l'automne 2002, nous allons compléter notre étude comportementale par l'ajout d'un groupe contrôle pour notre groupe Odeur + Son2. En parallèle, nous rechercherons les conditions expérimentales favorisant l'apprentissage de l'indice contextuel sonore.

Une fois l'étude comportementale terminée, nous débiterons l'étude électrophysiologique sur les animaux au cours des différentes phases de l'apprentissage.

Cette étude fera l'objet du stage de DEA de Yannick Sevelinges qui a rejoint notre équipe en septembre 2002.

Équipe CMC

Les travaux réalisés en 2002 vont servir de base de travail à deux nouveaux stagiaires du DEA de Sciences Cognitives de Lyon, David Meunier et Yannick Bouchut, pour exploiter davantage les aspects temporels du réseau connexionniste modulaire, afin de simuler des relations de causalité, via ce modèle de mémoire associative multimodale amélioré, et d'en étudier la pertinence et les effets. On cherchera, d'une part, à

mais d'y voir deux paramètres définissant tant les expressions conceptuelles que les expressions procédurales. Les expressions conceptuelles sont dès lors définies comme une fonction monotone décroissante d'une information procédurale dans une information conceptuelle, alors que les expressions procédurales en sont des fonctions monotones croissantes. Le lexique verbal, les connecteurs et les temps verbaux reçoivent ainsi une description qui relie une variable d'information procédurale et une variable d'information conceptuelle.

redéfinir le module central (mémoire associative) en apportant un aspect temporel intrinsèque au traitement qu'il réalise, et d'autre part, à montrer comment la perception d'un stimulus visuel peut induire l'attente d'un stimulus auditif que le système a appris à lui associer par un lien de causalité.

Équipe PC

La tâche à accomplir en 2002-2003 consiste à instancier les règles d'acquisition de l'association et les règles causales générales dégagées sur les données de la physique naïve. Dans ce cadre, le développement d'une ontologie spatiale s'impose, qui devra se faire en collaboration avec les équipes CSL et GRIT. Par ailleurs, comme prévu, ceci devrait déboucher sur la production de schémas causaux liés aux concepts et au lexique.

Équipe CSL

Développement d'une ontologie plus riche des primitives spatiales et temporelles (entités, relations, propriétés), pour travailler sur leur compositionnalité et leur lien avec la langue (lexique et compositionnalité syntaxique et sémantique). (Interaction PC et GRIT)

Développement d'un traitement du discours plus riche, le problème de chaînes causales, et les représentations conceptuelles (mémoire à long terme, "scripts/plans") nécessaires. (Interaction PC et GRIT).

Équipe GRIT

Lors de la seconde partie du projet, nous nous proposons d'avancer dans la description pragmatique des mots causaux (connecteurs pragmatiques, prédicats d'événements, noms d'événement) sur la base du format de description générale proposé (un lexème est une fonction d'une information procédurale dans une information conceptuelle). Notre but est notamment de permettre de mieux différencier les informations intervenant dans la représentation de la causalité de celles intervenant dans la représentation des événements et du temps.

Publications issues du projet

Équipe NAA

Luck, D.; Di Scala, G.; Herbeaux, K.; Marchand, A.R. Differential effects of entorhinal cortex or hippocampus lesion on contextual and elemental conditioning in rats. (en préparation)

Marchand, A. R.; Luck, D.; Di Scala, G. Evaluation of an improved automated analysis of freezing behaviour in rats and its use in trace fear conditioning. (en préparation)

Équipe NMO

La première partie du travail a fait l'objet du stage de Lionel Augeul, dans le cadre de la Maîtrise de Neurosciences de l'Université Lyon I. Le travail a fait l'objet d'un rapport écrit de 15 pages.

Équipe CMC

- [ReyPuz01] Reynaud, E. & Puzenat, D. (2001). « A Multisensory Identification System for Robotics », in Proc. of IJCNN-01, IEEE Int. Joint Conf. on Neural Networks, pp.2924-2929.
- [Rey02] Reynaud, E. (2002). « Modélisation connexionniste d'une mémoire associative multimodale », thèse du Doctorat de Sciences Cognitives de l'INPG (directeur de thèse H. Paugam-Moisy)
- [Mas02] Massaro, A. (2002). « Modélisation parallèle connexionniste d'un processus de décision », rapport de stage du DEA de Sciences Cognitives de l'INPG (encadré par H. Paugam-Moisy et E. Reynaud)
- [Roe02] Roesch, E. (2002). « Modèle connexionniste pour un processus distribué : l'intégration sensorielle », rapport de stage de la Maîtrise de Sciences Cognitives des Universités Lyon 2 et Lyon 1 (encadré par H. Paugam-Moisy et D. Puzenat)

Équipe PC

- Reboul, A. (2002) « Review : Lycan, William G. (2001) Real Conditionals. Oxford University Press, 223pp, hardback ISBN 0-19-924207-0 », LINGUIST List : Vol-13-1632. Sun Jun 9 2002. ISSN : 1068-4875.
- Reboul, A. (en préparation) « Causality, dependence and counterfactuals : a modelization through branching time and the theory of possible worlds ».

Équipe GRTT

- "Pragmatics and linguistic encoding. Evidence from the conceptual/procedural distinction", in Schulz P. (ed.), *Semiotics and Communication Sciences*, Toronto, University of Toronto Press.
- "Connecteurs, encodage conceptuel et encodage procédural", *Cahiers de Linguistique Française* 24, Département de linguistique, Université de Genève.
- "Economy and Pragmatic Optimality : The Case of Directional Inferences", *Generative Grammar@Geneva* 3, Département de linguistique, Université de Genève.