

Les modèles sémio-linguistiques de René Thom

Jean Petitot

octobre 2015

1 Les modèles

1.1 Syntaxe : morphologies archétypes

L'idée de “modèle sémantique” multidimensionnel apparaît dans [1] :

“This decomposition of a morphological process taking place on an Euclidean space \mathbb{R}^m can be considered as a kind of generalized m -dimensional language; I propose to call it a ‘semantic model’.”

Elle se spécialise de façon particulièrement originale avec l'introduction dans [3] et [4] des “morphologies archétypes”. Résumons brièvement ce dont il s'agit.

L'idée est de considérer les CE (donc des déploiements universels) (W, K_W) , d'introduire des sections (S, K_S) transverses de dimension 1 ou 2, et de traiter les minima m_i des potentiels générateurs $V_s(x)$ comme des *places pour des actants*. On introduit un axe temporel, i.e. une factorisation $S = B \times T$ (B n'intervient pas si $\dim S = 1$) de façon à pouvoir suivre l'évolution des m_i . A la traversée des strates de K_S qui les impliquent, les m_i *interagissent* entre eux à travers des catastrophes de conflit et de bifurcation. On obtient ainsi des “morphologies archétypes” d'interactions actantielles.

Ces morphologies archétypes dérivées des CE sont intimement liées aux “graphes actantiels” qui relèvent pour leur part de la phénoménologie de la perception. Ils en sont des modèles, comme les CE sont des modèles locaux de morphologies empiriques. On considère une scène spatio-temporelle où évoluent différents actants. Comme le note Thom dans [4], les actants occupent des domaines spatiaux qui sont en général des boules topologiques

$B_i(t)$ dans un domaine spatial $U(t)$. On contracte alors chaque B_i en un point b_i et on regarde les trajectoires $b_i(t)$. Une interaction entre $B_i(t)$ et $B_j(t)$ au temps $t = t_0$ sera un point commun à $b_i(t)$ et $b_j(t)$ en t_0 . On obtient ainsi topologiquement un graphe d'interaction temporellement fléché dit "graphe actantiel". Thom remarque alors que ces graphes sont également déductibles des morphologies archétypes. On trouvera dans [4] leur classification (capture, émission, transfert, excision, etc.) ainsi que les rôles actantiels qu'ils déterminent (sujet, agent, destinataire, destinataire, objet, bénéficiaire, instrumental, etc.).

Le lien entre les graphes actantiels enracinés dans la perception et les morphologies archétypes dérivées des CE est essentiel sur le plan théorique. Il est évident que de simples graphes ne sauraient définir des rôles actantiels. Mais si on les associe à une morphologie archétype qui provient d'un scénario dynamique d'interaction d'attracteurs, alors ils le peuvent. Par ailleurs ce lien entre perception et langage est également très important sur le plan des théories neuropsychologiques de la perception. Ce point a été toutefois peu approfondi par Thom. Le lecteur intéressé pourra consulter [P11].

Une thèse fondamentale de Thom, thèse qui a suscité beaucoup de débats, est que, au-delà de la description de simples scènes spatio-temporelles, les graphes actantiels associés aux morphologies archétypes sont des *schèmes universels* pour les structures syntaxiques et les rôles actantiels dans les langues naturelles. Thom justifie cette thèse d'universalité par l'évolution, la possibilité de décrire les scènes spatio-temporelles et de transmettre la description à des congénères ne voyant pas la scène étant vitale pour la survie des premiers hommes et constitutive de *l'origine* du langage. D'où une conception *réaliste* du langage enracinant la syntaxe dans les structures de la perception. Comme il est affirmé, toujours dans [4] :

"Le type topologique de l'interaction détermine la structure syntaxique de la phrase qui le décrit."

1.2 La valence verbale

Une des conséquences de sa théorie dont Thom était le plus fier était qu'elle expliquait la limitation drastique de la valence verbale. Dans un graphe actantiel, les vertex sont des noeux verbaux et les arêtes sont les actants que le noeud verbal fait interagir. Le nombre d'arêtes (le degré du vertex) s'appelle la valence du noeud verbal. On constate empiriquement que, dans toutes les

langues, celle-ci est limitée à 4. Pour Thom cela était la conséquence du fait qu'il ne peut pas y avoir plus de 4 déterminations en interaction locale dans les morphologies archétypes (ce qu'il comparait à la règle des phases de Gibbs).

1.3 Sémantique : fonction et signification

Mais Thom est allé plus loin que les modèles morphogénétiques de structure syntaxique et a posé les bases d'une conception dynamique de la sémantique des contenus mentaux.

Dès 1965, Zeeman avait introduit dans *Topology of the Brain* [Ze1] la considération d'attracteurs neuronaux de très grande dimension. Thom a repris la même hypothèse pour modéliser la *signification* des "idées" dans les modèles neuronaux d'activités mentales. Dans "Topologie et linguistique" [4], il explique bien ce point. Tout processus psychique est corrélatif des processus neurophysiologiques qui l'implémentent. Or les dynamiques neuronales sont essentiellement des dynamiques de couplage d'oscillateurs dans des espaces de dimension énorme et l'on sait (cf. par exemple les travaux de David Ruelle et Floris Takens de l'époque [R-T] sur la turbulence) que, sous la contrainte de stabilité structurelle, de tels couplages conduisent à des attracteurs étranges très compliqués. On peut donc faire l'hypothèse qu'un contenu mental est représenté par un tel attracteur, que sa signification correspond à la topologie de l'attracteur et que le "flux de conscience" est une dynamique "lente" faisant passer d'attracteur en attracteur par des bifurcations successives.

Il faut noter que cette idée pionnière sera retrouvée dans les années 1980, indépendamment de Thom et de Zeeman, par les spécialistes de réseaux de neurones. Un spécialiste de physique statistique comme Daniel Amit en fera même le titre de son ouvrage de référence de 1989 *Modeling Brain Function: The World of Attractor Neural Networks* [Am]. Un nombre considérable de publications sont parues dans ce domaine. Elles n'ont pas soulevé de problèmes épistémologiques particuliers car on y part d'équations différentielles explicites, de type équations de Wilson-Cowan-Hopfield. Si l'on veut faire le lien avec la TC, on peut dire qu'ils relèvent de la "première voie". Mais Thom et Zeeman n'ont toujours pas été égalés car la complexité possible des attracteurs et leurs bifurcations n'y sont presque jamais pris en compte.

Thom visait une théorie géométrique *commune* à la biologie et au langage où la morphologie et la fonction côté biologie correspondent respec-

tivement à la syntaxe et à la signification côté langage, la morphologie-syntaxe étant modélisée par des ensembles catastrophistes externes et la fonction-signification par la topologie des attracteurs internes. Le partage syntaxe/sémantique est assez clair. La syntaxe consiste à faire comme si les attracteurs A_i étaient des points et comme si les fonctions de Liapounov sur les $B(A_i) \setminus A_i$ étaient des fonctions potentiel et à se focaliser sur les interactions entre attracteurs simples. La sémantique consiste au contraire à se focaliser sur la structure interne (compliquée) des A_i . Cette conception était évidemment fort éloignée des conceptions formelles logico-combinatoires dominantes à l'époque.

2 La TC et la sémio-linguistique structurale et cognitive

Les propositions de Thom en sémio-linguistique ont été accueillies de façon mitigée par les spécialistes. Roman Jakobson était enthousiaste, ainsi que quelques autres linguistes comme Hansjakob Seiler (spécialiste des universaux du langage, cf. [Se]) et Wolfgang Wildgen (cf. [Wi]) en Allemagne, Bernard Pottier (cf. [Po]) en France, Per-Aage Brandt (cf. [Br]) au Danemark ou Umberto Eco en Italie. Mais la plupart sont restés assez réservés. Nous retrouvons là le même problème qu'avec la morphogenèse biologique. Pour les spécialistes de linguistique et de sémiotique connaissant bien l'histoire, les théories et les controverses de leurs disciplines, Thom était une sorte de météorite venu d'ailleurs dont ils n'avaient aucun moyen de comprendre les mathématiques. Et d'un autre côté, les scientifiques comprenant ces mathématiques n'avaient en général aucune idée des problèmes sémio-linguistiques auxquels s'attaquait Thom. Et pourtant, de même qu'en biologie Thom s'attaquait à l'antinomie mécanisme/hylémorphisme dont nous avons vu l'épaisseur historique et philosophique, de même en sémio-linguistique les propositions de Thom étaient en profonde résonance avec certaines des plus importantes et des plus anciennes traditions. Donnons quelques brèves indications.

2.1 La syntaxe structurale et les grammaires casuelles : de Tesnière à Fillmore

Thom a inscrit explicitement son approche dans les courants *structuralistes* de syntaxe *actantielle*. Son “héros” était Lucien Tesnière, grand linguiste de Strasbourg dont il a dit avoir toujours regretté de ne pas l’avoir rencontré lorsqu’il était à Strasbourg avec Henri Cartan. Tesnière publia en 1959 un ouvrage magistral *Eléments de Syntaxe Structurale* [Te].

Ces approches structurales et actantielles de la syntaxe reposent sur l’idée que les verbes (du moins les verbes d’action) lexicalisent des interactions entre actants et déterminent leurs rôles actantiels. Elles sont inséparables de ce que l’on appelle les *grammaires casuelles* car au niveau morphosyntaxique de surface les rôles actantiels sont marqués par des cas (nominatif pour l’agent, accusatif pour l’objet, datif pour le bénéficiaire, etc.) exprimés par exemple par des suffixes comme en latin ou des prépositions comme en français, ou la position dans la phrase (les solutions sont nombreuses). Dans la linguistique moderne, les grammaires casuelles constituent l’un des grands paradigmes alternatifs à celui des grammaires génératives de Noam Chomsky. Il est particulièrement bien exemplifié par les travaux de Charles Fillmore (cf. par exemple le célèbre “The Case for Case” de 1968 [Fi]).

Les théories structurales, actantielles et casuelles de la syntaxe constituent un véritable continent et Thom a été le premier mathématicien à leur offrir des outils mathématiques idoines non triviaux.

2.2 L’hypothèse localiste

Mais Thom a en plus spécifié ces théories de façon drastique avec sa thèse de l’enracinement de la syntaxe dans la perception et, plus précisément, que les interactions spatio-temporelles entre actants spatiaux servent de schèmes universels pour les rôles actantiels et les relations casuelles, autrement dit que la sémantique profonde et universelle des cas est d’origine spatiale.

Thom n’a pas approfondi lui-même l’histoire de la linguistique. Mais l’on peut montrer que sa thèse est en profonde résonance avec l’une des plus anciennes hypothèses linguistiques (remontant aux grammairiens byzantins) à savoir l’hypothèse dite *localiste* selon laquelle les cas fondamentaux sont enracinés dans les possibilités d’interactions entre actants spatio-temporels, interactions qui fournissent des scénarios perceptifs qui se trouvent dans un second temps typifiés et grammaticalisés. Le lecteur intéressé pourra se référer

à l'ouvrage de John Anderson de 1971, *The Grammar of Case: Towards a Localistic Theory* [An].

Ces approches localistes ont convergé avec des recherches de psychologie cognitive concernant les liens entre les structures profondes du langage et celles de la perception et de l'action. Une thèse fondamentale, analogue à celle de Thom, est que le langage étant très récent sur le plan évolutionnaire il doit être fondé sur des ressources cognitives et sensori-motrices que nous partageons avec les primates. Des Gestalten perceptives doivent donc être sous-jacentes aux structures grammaticales.

Comme l'a noté Ron Langacker dans un éloge [Lan2] de Claude Vandeloise spécialiste de la genèse spatiale des prépositions, il existe des "conceptual archetypes" hautement polysémiques qui :

"are experientially grounded concepts so frequent and fundamental in our everyday life that we tend to invoke them as anchors in constructing our mental world with all its richness and levels of abstraction. (...) Archetypes are basic conceptual units readily grasped in gestalt-like fashion. (...) Their emergence is a natural consequence of how we interact with the physical and social world, having evolved to cope with it successfully."

"Conceptual archetypes (...) provide the prototypical values of basic categories and canonical constructions."

Ces hypothèses venant des linguistiques cognitives sont confirmées par beaucoup d'autres études plus psychologiques. Par exemple, la perception *directe* de relations actantielles, et donc de relations apparemment aussi abstraites que la causalité, l'agentivité ou l'intentionnalité, est une faculté psychologique fondamentale qui est désormais bien documentée expérimentalement. Des inférences proprement perceptuelles conduisent spontanément les sujets à attribuer (d'où le nom de "principe de l'attribution") des rôles sémantiques animés et intentionnels à de simples formes en mouvement (cercles, triangles, carrés). Les premières expériences de ce genre ont été menées dans les années 1940 par Fritz Heider et Marianne Simmel (cf. [He]) qui ont montré que des mouvements purement cinématiques sont décrits par des scénarios actantiels sophistiqués. Depuis les années 1990, de nombreux travaux ont été accomplis dans ce domaine (cf. par exemple Blakemore & Decety [Bla], Scholl & Tremoulet [S-T], Zibetti & Tijus [Z-T]). Le lien de cette perception aux relations actantielles est confirmé par de nombreuses expériences (cf. par

exemple Mandler [Ma]) qui montrent qu’il existe chez les enfants une pensée conceptuelle préverbale construite à partir de la catégorisation perceptuelle d’objets, de relations spatiales et d’événements.

Tous ces résultats sur l’attribution spontanée de rôles actantiels à de simples mouvements de solides montrent à quel point il est pertinent de considérer que les graphes actantiels sont bien engendrés par des morphologies archétypes.

2.3 Vers une “geometry of thought” : iconicité profonde et image-schémes

En fait c’est tout un ensemble d’idées et d’expériences convergentes qui ont conduit les linguistiques dites *cognitives* à introduire ce qu’elles appellent une “iconicité profonde” du langage (cf. par exemple le recueil *Iconicity in Syntax* [Ha] édité par John Haiman en 1985), iconicité faisant appel à des “images-schémes” dont la ressemblance avec les morphologies archétypes de Thom est frappante. Les grands linguistes cognitivistes comme Ron Langacker (qui se considère comme un héritier de Tesnière) [Lan1] ou Len Talmy [Ta] parlent de “conceptual archetypes” et de “gestalts”. Comme l’affirme Peter Gärdenfors dans *Conceptual Spaces. The Geometry of Thought*,

“a central hypothesis of cognitive semantics is that the way we store perceptions in our memories has the same form as the meanings of words.”

Cette hypothèse d’un format schématique-iconique des représentations mentales remet en question le dogme du caractère symbolique et propositionnel (au sens logique) des contenus mentaux. Comme l’expliquent Benjamin Bergen et Nancy Chang dans “Spatial Schematicity of Prepositions in Neural Grammar” [2000] à propos des rôles actantiels définis par les images-schémes,

“although these roles can be represented in symbolic terms, this symbolic representation serves only to parameterize, and not to replace, the perceptual properties of the schema in question.”

Il faut ajouter que ces conceptions topologico-géométriques des représentations mentales convergent également avec tout un ensemble de résultats neurophysiologiques comme ceux de Roger Shepard, Lynn Cooper ou Stephen

Kosslyn sur l'imagerie mentale. Par exemple Stephen Kosslyn [Ko] a étudié le cas de certaines prépositions et a montré qu'elles sont traitées de deux façons bien différentes, l'une "continue" et métrique, l'autre "catégorielle" et binaire et que cela résulte cérébralement de la *latéralisation hémisphérique*, le traitement continu s'effectuant préférentiellement dans l'hémisphère droit et le traitement catégoriel dans l'hémisphère gauche. David Kemmerer (cf. [Ke]) a obtenu les mêmes résultats en étudiant les "neuroanatomical correlates of linguistically encoded categorical spatial relations".

Dans tout cela, c'est bien d'une "geometry of thought" qu'il s'agit et il est donc légitime de faire un lien étroit avec le projet de "géométrie du concept" de Thom. Les morphologies archétypes thomiennes ont fourni, bien avant les linguistiques cognitives, les outils permettant d'en modéliser les images-schémas.

Et ce n'est pas tout car la sémantique morphologique thomienne ne se réduit pas aux morphologies archétypes. Celles-ci ne constituent qu'un squelette syntaxique muni de la sémantique minimale qui est celle des rôles actantiels. Leur champ sémantique est le champ spatial. Mais évidemment il existe une foule d'autres champs sémantiques. Pour en rendre compte, Thom recourt, comme il l'a fait pour les fonctions en biologie, à des dynamiques internes complexes et pousse son localisme jusqu'à une théorie générale de la *métaphore* entre champs sémantiques disant que le champ spatial est structurant pour les champs sémantiques en général. Comme il l'explique dans [4] :

"en rajoutant des 'coordonnées internes' à certains actants, il n'est pratiquement aucune expression pour laquelle on ne puisse trouver une interprétation spatiale."

Cela rejoint les théories contemporaines de la métaphore (cf. George Lakoff [Lak]) et du "blending" (cf. Gilles Fauconnier [Fa]) qui affirment que le processus métaphorique est beaucoup plus profond que les simples jeux entre sens propres et sens figurés que l'on trouve dans les théories classiques des tropes et concernent bien plutôt la façon dont les structures actantielles d'un domaine sémantique concret de base, en l'occurrence le domaine spatio-temporel, servent à structurer d'autres domaines sémantiques plus abstraits.

Bibliographie de René Thom

- [1] Topological models in biology. *Topology*, **8**, 1969, p. 313–335.
- [2] Topologie et signification, in *L'Âge de la science*, **4**, Paris, Dunod, 1968, p. 1–24 [réédité comme chapitre 10 de [?], p. 193–228; réédité comme section 2 du chapitre 10 de [?], 1980, p. 167–192, avec un chapeau].
- [3] A mathematical approach to morphogenesis: archetypal morphologies. *Heterospecific genome interaction (Wistar Institute of Anatomy and Biology, October 22-23, 1968)*. Wistar Institute Press, 1969, p. 165–174.
- [4] Topologie et linguistique, *Essays on topology and related topics (mémoires dédiés à Georges de Rham)*, A. Haefliger and R. Narasimhan (Ed.), Springer, 1970, p. 226–248.

Bibliographie complémentaire

- [Am] Amit, D. (1989). *Modeling Brain Function: The World of Attractor Neural Networks*. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 1989.
- [An] Anderson, J. M. (1971). *The Grammar of Case: Towards a Localistic Theory*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1971.
- [B-C] Bergen, B.K., Chang, N.C. (2000). “Spatial Schematicity of Prepositions in Neural Grammar”, *Fifth International Conference on Conceptual Structure, Discourse and Language (CSDL-V)*, University of California at Santa Barbara, 2000.
- [Bla] Blakemore, S. J., Decety, J. (2001). “From the perception of the action to the understanding of intention.” *Nature Reviews Neuroscience*, **2** (2001): 561–567.
- [Br] Brandt, P. Å., (1986). *La Charpente modale du Sens*, Thèse d’Etat, Université de Paris III, Amsterdam, John Benjamins, 1992.

- [Fa] Fauconnier, G., Turner, M. (2008), *The way we think: Conceptual blending and the mind's hidden complexities*, Basic Books, New York.
- [Fi] Fillmore, C. (1968). "The Case for Case." In Bach and Harms (Ed.): *Universals in Linguistic Theory*, New York, Holt, Rinehart, and Winston, 1-88, 1968.
- [Ga] Gärdénfors, P., (2000). *Conceptual Spaces. The Geometry of Thought*, Cambridge, MA, MIT Press, 2000.
- [Ha] Haiman, J., (ed.), (1985). *Iconicity in Syntax*, Amsterdam, J. Benjamins, 1985.
- [He] Heider, F., Simmel, M. (1944). "An experimental study of apparent behavior." *American Journal of Psychology*, 57 (1944): 243-259.
- [Ja] Jakobson, R. *Essais de linguistique générale*, Paris, Editions de Minuit, 1963 (T.1), 1973 (T.2).
- [Ke] Kemmerer, D. (2007). "A Neuroscientific Perspective on the Linguistic Encoding of Categorical Spatial Relations", *Language, Cognition and Space*, (V. Evans, P. Chilton, eds), London, Equinox Publishing Co, 2007.
- [Ko] Kosslyn, S. M. (2006). "You can play 20 questions with nature and win: Categorical versus coordinate spatial relations as a case study." *Neuropsychologia*, 44 (2006): 1519–1523.
- [Lak] Lakoff, G., Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live By*. Chicago: The University of Chicago Press, 1980.
- [Lan1] Langacker, R. "Structural Syntax: The View from Cognitive Grammar." *Linguistique cognitive et Modèles dynamiques*, J. Petitot ed. *Sémiotiques*, 6–7 (1994): 69–84.
- [Lan2] Langacker, R. (2010). "Reflections on the Functional Characterization of Spatial Prepositions", *Espace, Préposition, Cognition. Hommage à Claude Vandeloise*, (G. Col, C. Collin, eds), Corela.
- [Ma] Mandler, J. (2004). *The Foundations of Mind. Origins of Conceptual Thought*, Oxford, Oxford University Press, 2004.

- [P79] Petitot, J. (1979). “Hypothèse localiste et Théorie des Catastrophes.” *Théories du langage, théories de l'apprentissage*, M. Piattelli ed. Paris: Le Seuil, 1979.
- [P11] Petitot, J. (2011) *Cognitive Morphodynamics. Dynamical Morphological Models of Constituency in Perception and Syntax*, Peter Lang, Bern, 2011.
- [Po] Pottier, B. (1992) *Théorie et Analyse en Linguistique*. Paris: Hachette, 1992.
- [R-T] Ruelle, D., Takens, F., (1971) On the Nature of Turbulence, *Commun. math. Phys.*, 20, (1971) 167-192.
- [S-T] Scholl, B. J., Tremoulet, P. D. (2000). “Perceptual causality and animacy”, *Trends in Cognitive Science*, 4, 8 (2000) 299-309.
- [Se] Seiler, H.J., ed. (1978). *Language Universals*, Papers from the Gumpersbach Conference (1976). Tübingen: Gunter Narr, 1978.
- [Ta] Talmy, L. *Toward a Cognitive Semantics, Vol. I et II*, Cambridge, MA, MIT Press, 2000.
- [Te] Tesnière, L. *Eléments de Syntaxe Structurale*, Klincksieck, Paris, 1959.
- [Wi] Wildgen, W. (1981). “Archetypal Dynamics in Word Semantics: an Application of Catastrophe Theory.” In *Words, Worlds and Contexts*, H. J. Eikmeyer, H. Reiser eds. New York: Walter de Gruyter, 1981, 234–296.
- [Ze1] Zeeman, C. (1965). Topology of the Brain, *Mathematics and Computer Science in Biology and Medicine*, Medical Research Council.
- [Z-T] Zibetti, E., Tijus, C. (2003). “Perceiving Action from Static Images: the Role of Spatial Context”, *CONTEXT* (2003) 397-410.