



Le modèle mathématique de la Morphogenèse chez R. Thom (1)

Abdelkader BACHTA

Université de Tunis

Introduction : La science du modèle, ses fondements philosophiques et son application au langage

L Le modélisme de René Thom a connu un grand essor entre les années 70 et 80. A l'heure actuelle, si on excepte certains travaux intéressants (2), on peut dire qu'il est plutôt éclipsé. Il y'a lieu de le réhabiliter car, à présent, la notion de modèle a envahi tous les domaines scientifiques (et même non scientifiques) et nourrit de diverses discussions qui touchent l'enseignement et la recherche académique, s'occuper de la pensée dont nous parlons, c'est se donner de nouvelles perspectives de discussions.

Nous avons choisi de contribuer à cet avancement ; notre originalité essentielle sera, probablement, d'examiner le contenu de Modèles mathématiques de la Morphogenèse (3) en tant qu'ensemble d'articles savants, relativement cohérent, reliant la période strictement mathématique de l'auteur et son parcours épistémologique ultérieur, au lieu de partir de l'ouvrage simple, bien que fondamental, intitulé Stabilité structurelle et Morphogenèse (4 ; dont l'essentiel sera, d'ailleurs, repris d'une façon plus technique dans notre point de départ), ou d'articles séparés qui risquent de cacher l'ensemble, ce qui est principal.

Or notre référence suit, à peu-près, le plan suivant :

1) L'auteur précise, d'abord, la signification du modèle : la réflexion débute par une détermination du cadre théorique où on peut, normalement, l'inscrire; on l'expose, en suite, d'une manière savante; le mouvement réflexif se termine par l'étude des « catastrophes » qui sont au cœur de la modélisation thomienne; notre penseur ne retient, pour des raisons internes que nous expliquerons, que « les catastrophes élémentaires ».

2) Cependant, cette évolution d'idées nous paraît être fondée philosophiquement. Ce recours à la philosophie nous semble normal dans l'étude et l'explication de tout modèle et tout à fait justifié lorsqu'il s'agit de René Thom, ce penseur proluxe

dont la formation philosophique couvre, manifestement, les Grecs et les modernes.

Justement les premiers permettent à l'auteur, en tout cas dans l'ouvrage qui nous occupe, d'expliquer des idées fondamentales dans la constitution de son modèle, comme celles de forme, de conflit et la distinction, si importante, entre comprendre et agir. La philosophie moderne, de son côté, déterminera son profil philosophique général, concordant avec sa science.

3) La seconde partie du livre (à partir du chapitre 6) est réservée aux applications du modèle. Thom ne s'arrête pas beaucoup à celles qu'il appelle « rigoureuses » et qui concernent la physique et la mécanique. Il voit que l'intérêt de son modèle réside surtout dans sa relation avec les sciences humaines (applications molles).

Dans la pratique, c'est essentiellement aux questions du langage qu'il destine le reste de son livre (à partir du 10e article) : commençant par une relativisation nette du formalisme logique et linguistique et d'une démonstration de l'insuffisance syntaxique, l'auteur arrive à mettre en relief la prégnance de la sémantique et, conséquemment, à affirmer la nécessité de géométriser les entités linguistiques conformément au modèle de la morphogénèse. C'est de toute façon ainsi qu'on peut reconstituer son parcours dans ce domaine.

Nous suivrons, donc, le mouvement général de ce document important, comme nous l'avons résumé^{4bis}, nous n'oublierons pas, à la fin, d'apprécier, sous cet éclairage, ce modèle original. Etant donné l'ampleur du sujet, nous serons, parfois, obligé d'être simplement allusif.

La science du modèle : Cadre théorique, présentation du modèle et catastrophes élémentaires.

Le cadre théorique : morphogénèse, topologie différentielle, et aspect anti-expérimental

a) L'analyse débute par l'explicitation d'un mot dont la signification est, certainement, très importante dans la constitution du modèle; il s'agit de « morphogénèse ». L'auteur écarte le point de vue de certains puristes qui pensent que ce terme français « ne s'emploie que pour désigner l'apparition de formes organiques nouvelles au cours de l'Evolution ». Thom voit, à ce niveau, que le vocable anglais « morphogenesis » a une acception plus large puisqu'il indique essentiellement « la formation de l'organisme adulte à partir de l'embryon »

Tout compte fait, l'auteur retient la signification suivante conforme à l'étymologie : « ...tout processus créateur (ou destructeur) de formes; on ne se préoccupe ni de la nature matérielle ou non) du substrat des formes, ni de la nature des forces qui causent ces changements. » De toute façon, cet élément théorique permet d'insister sur la prégnance du concept de formes qui va être d'une grande importance dans l'établissement du modèle en question.

b) René Thom nous révèle, ensuite, l'origine de sa théorie (une telle indication renseigne à coup sûr sur la nature de la théorie), il déclare, en substance, que celle-ci provient de la rencontre entre deux disciplines qui sont :

Ses propres recherches en topologie différentielle

L'embryologie à la Waddington (l'idée de chréodes notamment)

Mais le rôle du second élément est seulement de confirmer le premier. notre savant nous dit d'ailleurs que les idées de Waddington s'adaptent parfaitement au schéma abstrait qu'il avait établi dans sa théorie de topologie différentielle, « que

la théorie présente un grand caractère d'abstraction et de généralité, et son champ d'application dépasse largement l'embryologie et même la biologie ».

Notons au passage que la lecture des textes de René Thom montre qu'il a un grand intérêt pour la biologie en général et pour l'embryologie en particulier : elles lui permettent souvent d'illustrer sa pensée, il a essayé de les parfaire au niveau théorique, non expérimental.

C'est donc la Topologie différentielle qui est prioritaire, elle implique, selon l'auteur lui-même, l'idée de stabilité structurelle qu'il défendra plus longuement dans son œuvre fondamentale : « étant donnée une forme géométriquement définie par le graphe d'une fonction $F(x)$ par exemple, on se propose de savoir si cette fonction est (structurellement stable), c'est-à-dire si en perturbant la fonction F suffisamment peu, la fonction perturbée a encore la même forme (topologique) que la fonction F initiale » (5).

Plus précisément, il s'agit de perturbations infiniment petites qui ne changent pas les formes associées à deux fonctions différentes. Cette idée de différenciation nuancée va être, à son tour, essentielle dans l'institution du modèle thomien.

c) L'explicitation du terme « morphogenèse » nous a fait savoir que les formes considérées n'ont de rapport ni avec un substrat éventuel, ni avec les forces qui causeraient le changement. Il est loisible de voir, sur ce plan, un refus implicite de la méthode expérimentale qui tente toujours de détecter les raisons de toute transformation.

Plus loin, en traitant « l'indépendance du substrat, l'auteur va être plus explicite, il affirme, en effet « L'idée essentielle de notre théorie, à savoir qu'une certaine compréhension des processus morphogénétiques est possible sans avoir recours aux propriétés spéciales au substrat des formes, ou à la nature des forces agissantes, pourra sembler difficile à admettre, surtout de la part d'expérimentateurs habitués à tailler dans le vif, et continuellement en lutte avec une réalité qui leur résiste. ». Pour illustrer son point de vue, René Thom donne deux exemples :

Un œuf de grenouille fécondée : on pose que la considération du substrat est absente, pourtant la prédiction est parfaite.

Une falaise mise à jour à une date déterminée ; le substrat est bien déterminé, mais la prévision du processus ultérieur est impossible.

Cet aspect anti-expérimental de la théorie, qui est, du reste, établi dans plusieurs autres textes, sous des formes différentes, montre que le modèle sera plutôt spéculatif, qu'il se situera, pour reprendre une dualité grecque bien connue, sur le plan de la théorie, de la compréhension et non sur celui de la pratique et de l'action.

2) Présentation du modèle : Différenciation, dynamique et localisation

On part expressément de l'interprétation biochimique de la différenciation cellulaire (le chapitre 2 et 3 se débarrasseront de la biochimie pour n'examiner que des nombres réels) : Considérons des substances chimiques de concentrations $c_1, c_2, c_3 \dots$ différentes, situées dans une enceinte donnée. En soumettant ces substances à des réactions chimiques, on s'aperçoit que leurs concentrations varient. René Thom remarque, à ce propos, que cette variation se fait selon une loi différentielle qu'il écrit comme suit : $dc/dt = X(c_1 \dots c_k)$. La différenciation est sûre; cependant elle n'est pas statique, mais dynamique. L'équation exprimant la loi différentielle associe bien les concentrations au temps.

Justement l'auteur insiste sur cette caractéristique de la topologie différentielle : La diachronie (pour emprunter un mot du langage linguistique ; ce qui est opportun en parlant de René Thom qui a un grand intérêt pour cette science humaine). Il nous dit, par exemple : « En règle générale, le système va évoluer vers un état limite unique C_0 ; néanmoins des cas sont possibles où plusieurs points limites peuvent exister, on peut même obtenir parfois une trajectoire fermée comme état limite... » Thom précise que l'ensemble des points limites d'un système s'appelle un attracteur qui a un bassin formé des trajectoires qui tendent vers la limite ultime qu'il constitue. Il observe, en outre, que le système a plusieurs attracteurs disjoints, ceux-ci peuvent être en compétition, leurs bassins sont susceptibles, dans quelques cas simples, d'être séparés par des hypersurfaces de type ligne de crête (L'allusion est faite ici à l'idée de catastrophes et, plus précisément, à celles de catastrophes élémentaires ; nous y reviendrons.)

Plus tard, au chapitre 12, notre penseur distinguera cette dynamique différentiable mais, qualitative (qu'il a, en général, exprimé dans le langage ordinaire de sa spécialité) de la dynamique classique. Celle-ci présuppose :

Une connaissance a priori de tous les états d'un système.

L'instabilité d'objets indépendants.

Thom refuse l'une et l'autre de ces présuppositions. À l'encontre de la pensée classique, il établit la constitution d'objets indépendants à partir de leurs germes (plus exactement à partir de leurs dynamiques-germes); cette idée rappelle pourtant, toutes proportions gardées, les quantités naissantes et épanouissantes de Newton (6).

Jusqu'ici on a considéré un processus général dans l'espace euclidien. L'auteur passe, ensuite, à la localisation de la construction précédente (remarquons, à ce propos, que cette idée de localisation est très importante dans sa pensée), c'est-à-dire à l'examen d'une structure précise considérée comme un système de coordonnées, situé dans le domaine U qui est initialement le siège du processus qu'on vient d'analyser.

Ce qui est particulièrement nouveau, sur ce plan précis, ce sont les idées suivantes :

On parle, maintenant, de « champ de dynamiques locales » correspondant à un champ de vecteurs.

Les surfaces séparant les attracteurs en compétition sont dites explicitement « les points catastrophiques ».

L'affirmation nette du lien intime entre la différentiation et la dynamique « A tout point de x sur U se trouve ainsi associé un champ de vecteurs... autrement dit un « système dynamique ».

Le chapitre 2, réservé strictement aux mathématiques confirme bien cette idée d'union entre ces deux aspects si essentiels de notre modèle. On peut, en effet, y lire « Dans ce formalisme du système différentiel qui est aussi celui de la Dynamique (et, à y bien regarder, de toute Dynamique), il y a deux types d'entités :

L'espace dit « espace de phases » qui est « le champ des possibles » pour le système considéré.

L'évolution temporelle du système décrite par les trajectoires $h(t)$ à partir de toutes les positions initiales possibles. L'étude des espaces est l'objet de la géométrie différentielle ; l'étude des trajectoires, l'objet de la dynamique »

Il est certain que le modèle présenté est conforme au cadre théorique préalablement fixé : il est visiblement clair qu'il ne porte que sur des formes ; quant à l'aspect anti-expérimental, il saute aux yeux. De toute façon, Thom le montre clairement en dissertant sur « le contrôle expérimental » ; dans ce paragraphe, il prouve, en somme, qu'on n'a pas besoin d'expériences pour illustrer le modèle.

Reste une question à élucider, elle concerne ces surfaces qui séparent les bassins des différents attracteurs et que Thom a appelées « points catastrophiques ». La clarification de ces « singularités », de ces « ruptures » qualitatives permet de mieux comprendre le modèle thomien dont ils sont inséparables comme l'ont laissé entrevoir les analyses précédentes.

Pour cela, nous suivrons la méthode suivante qui épouse la pensée de l'auteur :

1) Nous exposerons des considérations générales relatives à la signification du concept et à son histoire.

2) Cependant la mathématique qualitative n'est pas très développée, l'auteur se contentera de l'étude des catastrophes élémentaires dont la liste est donnée à plusieurs reprises; nous préférons, à ce niveau, le chapitre 5 qui est plus clair et plus complet et qui distingue les différentes catastrophes élémentaires selon leur « corang » (c'est à dire, en fonction de leurs degrés de simplicité). D'après René Thom l'apparition de ces catastrophes élémentaires est tributaire de certaines conditions que nous tâcherons de préciser.

3) Les catastrophes élémentaires : Considération générales, liste et conditions d'apparition.

a) Au chapitre 4, l'auteur marque la différence entre le sens usuel de la catastrophe en général et celui qu'il adopte dans sa théorie; il nous dit, notamment, que la catastrophe comme il la conçoit « est donc une « manœuvre de survie » d'un système mis en demeure de quitter sa caractéristique normale. D'où l'aspect souvent bénéfique des catastrophes de la TC » (Par TC, il faut entendre la théorie de Thom, comme il le souligne lui-même). En d'autres termes, la catastrophe au sens de Thom, contrairement à sa signification habituelle, c'est ce changement qualitatif subit qui permet à une forme donnée de subsister alors qu'elle devrait, normalement, cesser d'exister ; ce qui se justifie géométriquement comme le fait notre penseur au cours de ses analyses (7). De toute façon, ce dont on doit se souvenir, à ce niveau, c'est l'idée de cette séparation formelle et brutale qui permet à un processus de persévérer dans son développement.

Au chapitre 5, René Thom, définit, plus précisément, la catastrophe élémentaire « Par catastrophe élémentaire, on désigne toute situation de conflit entre régimes locaux, minimum de potentiel, qui peut se produire d'une manière stable sur l'espace temps à quatre dimensions. Par abus de langage, on désignera, parfois, sous le nom de catastrophe, la morphologie qu'elle fait apparaître. » Mises à part les conditions d'apparition qu'on discutera plus loin, deux idées essentielles sont à retenir :

La catastrophe, au sens élémentaire, est issue d'un conflit entre régimes locaux, idée qu'on a déjà effleurée dans les analyses antérieures et qui se précisera davantage ultérieurement.

La catastrophe élémentaire est une forme (ce qui est normal puisque la catastrophe en général l'est).

Historiquement, et en tenant compte de la pratique technologique, on peut dire que l'idée de catastrophe est assez ancienne : Thom cite, à ce propos, les travaux d'Euler sur le flambage des poutres ; il voit que cette brusque augmentation, par exemple, supposait des calculs « certainement fort anciens » qui n'ont rien à voir, bien entendu, avec la mathématique en usage chez les modernes.

Chez ceux-ci, il ya justement, deux écoles que représentent Zeeman et Thom lui-même. Ce dernier avoue que la « théorie des catastrophes est due à son collègue, qu'il n'avait employé dans son livre fondamental, Stabilité structurelle est morphogénèse, que la terminologie « points de catastrophes » (que nous avons rencontré aussi dans l'ouvrage qui nous occupe). En général, les deux protagonistes sont assez différents. Thom nous fait connaître à ce sujet : « Néanmoins, mon point de vue reste assez différent de celui de Zeeman, en ce sens que la visée méthodologique de la TC (théorie des catastrophes) est chez Zeeman orientée vers la pratique et les résultats concrets, alors qu'elle est plus théorique et spéculative chez moi ». Mais il ajoute qu'il n'y a aucune opposition entre les deux points de vue.

b) Quant à la classification des catastrophes élémentaires, il y'a lieu de remarquer, selon l'auteur, que lorsque le conflit entraîne des situations où l'un, au moins, des attracteurs mis en compétition n'est plus structurellement stable (c'est-à-dire qu'il devient non valide), on a une bifurcation. C'est au niveau de ce mode de conflit que Thom fait sa classification.

-On cite d'abord les singularités (ou catastrophes) de « corang » un, c'est-à-dire le Pli, la Fonce, la Queue d'Aronde et le Papillon que représentent respectivement : $V=x^2/2$, $V=x^3/3$, $V=x^4/4$, $V=x^5/5$ et $V=x^6/6$.

On en vient ensuite à des singularités plus compliquées, de « corang » deux qu'on nomme les Ombilics et qui sont trois : l'Ombilic elliptique, l'Ombilic hyperbolique et l'Ombilic parabolique représentées dans l'ordre par les équations suivantes :

$$V = x^3 - 3xy^2 + w(x^2 + y^2) - vx$$

$$V = x^3 + y^3 + wxy - ux - vy$$

$$V = x^2y + x^4/4 + 5x + wy^2 - ux - vy$$

On voit bien que, dans tous les cas, il s'agit de formes géométriques dont les constructions faites par l'auteur ne paraissent pas étrangères à la géométrie classique (8).

c) Mais l'apparition de ces catastrophes élémentaires n'est pas gratuite ; elle obéit à des conditions bien déterminées. Signalons, d'abord, la nécessité du concept d'une forme qualitative sans quoi il est impossible de penser la discontinuité dans la continuité. La loi constructale de Bejan repose bien sur la continuité phénoménale. (Il y aurait d'ailleurs entre Bejan et Thom d'autres ressemblances, comme le recours à la voie dynamique), mais l'auteur est incapable de penser la singularité; il a besoin d'une pensée qualitative, absente dans son œuvre (9), Thom n'a pas manqué de traiter, à sa façon, cette condition dans le chapitre 1: « Il est pratiquement impossible - sans hypothèse plus précise - de spécifier la position des ondes de choc séparant les domaines des divers attracteurs, même dans les cas

théoriquement les plus simples.. Néanmoins, si l'on s'intéresse, non à l'évolution quantitative, mais seulement à la structure qualitative (topologique) des surfaces séparatrices, le problème devient plus accessible ».

- D'un autre côté, l'idée de variation, nécessairement liée à celle de catastrophe élémentaire, est définie par deux éléments : a) La règle de Maxwell (que notre auteur appelle souvent convention de Maxwell); cette hypothèse de caractère général exprime, d'une certaine façon, l'égalité des potentiels locaux (parce que dans tous les cas, on est à un niveau minimum en rapport avec tout attracteur valide.

En plus la dynamique locale devrait être une dynamique de gradient ($\text{grad } V$) qui est, en somme, un vecteur représentant la variation d'une fonction par rapport à celles de ses divers paramètres (10).

II. la philosophie du modèle : Des Grecs aux modernes

1-Les Grecs : forme, conflit, comprendre et agir la justification philosophique de l'idée de forme est, manifestement, aristotélicienne.

D'une façon générale, d'ailleurs, l'auteur paraît se ranger du côté d'Aristote. Platon dont le type de mathématisation implique l'analyse et la quantification, ne s'intègre pas dans sa pensée topologique et qualitative (11). De toute façon, l'auteur nous dit au chapitre 4: « d'un être ou objet on distingue, classiquement, son dasein, le fait qu'il occupe une certaine portion, et son essence, c'est-à-dire la totalité de ses aspects, de ses qualités. L'attitude matérialiste traditionnelle en science, consiste à dire que l'existence précède l'essence(en fait l'existence implique l'essence); le modèle de la TC en Morphogénèse va à l'encontre de cet axiome; car il présuppose que, dans une certaine mesure, l'existence est déterminée par l'essence, l'ensemble des qualités de l'être. On peut y voir une résurgence du schème aristotélicien de l'hylémorphisme : la matière aspirant à la forme... ».

Effectivement, et sans entrer dans des détails qui demanderaient de longues analyses dont on peut se passer ici, Aristote a marqué l'importance de la forme, contre certains prédécesseurs et en se référant, par exemple, à Empédocle et Démocrite, qui l'ont vue partiellement. Nous savons, en effet, que pour notre grand philosophe, la nature (vivante et inerte) est faite, d'une façon inséparable, de matière et de forme, mais que la forme est nécessairement cause efficiente et cause finale.

De plus, les formes, chez Aristote, ne semblent pas être des substances, des existences, mais, pour ainsi dire, de simples essences qui accompagnent obligatoirement toute matière, nous plongeant, de cette façon, dans une sorte d'idéalisme non platonicien. C'est ce que Thom paraît avoir vu dans ce texte contre la tradition cartésienne moderne qui reproche à Aristote d'avoir admis, dans son système, des formes considérées comme des substances existantes (12). Du reste l'aristotélisme de Thom est évident. C'est de ce grand maître à penser qu'il s'est surtout occupé au bout de son long effort de recherche. Dans l'ouvrage que nous avons choisi, cette dimension de la pensée thomienne est fort nette : outre ce qui précède, le chapitre 17 est, à cet égard, très révélateur. Il y réhabilite la vieille idée, qu'on a cru avoir oubliée, de tendances chez Aristote et affirme qu'en fait, Galilée n'a pas fait disparaître les qualités occultes, mais qu'il les a

simplement « occultées » dans le formalisme mathématique. Ce point de vue a, vraiment, de quoi nous pousser à revoir notre conception, devenue ordinaire, du passage de l'aristotélisme à la modernité.

b) Quant à l'explication du concept de conflit, l'auteur la trouve, incontestablement, chez un prédécesseur d'Aristote qui est Héraclite. Dans la conclusion du premier chapitre, Thom rapporte ce qu'a dit le penseur grec : « Rappelons ce qu'a dit Héraclite : Il faut savoir que le conflit est universel, que la justice est une lutte et que toutes choses s'engendrent selon la lutte et la nécessité ».

Seulement le vocable de conflit peut être considéré d'un « anthropomorphisme délirant » (comme ceux d'information, code, message, programme employés en biologie). C'est pourquoi Héraclite (et Anaximande) est taxé de « confusionnisme primitif » parcequ'il s'est permis, en parlant de la nature d'employer un langage humain et social. Dans le même texte, l'auteur répond à ce genre d'objection qu'adressent souvent les physiciens et les chimistes en disant : « Dans la mesure où on fait du « conflit » un terme exprimant une situation géométrique bien définie dans un système dynamique, il n'y a aucune objection à user de ce terme pour décrire rapidement et qualitativement une situation dynamique donnée. Qu'on géométrise de même les termes d' « information », « de message », de « plan » (ce que s'efforce de faire notre modèle) et toute objection à l'usage de ses termes tombera ». Quoiqu'il en soit, René Thom conçoit bien, dans son modèle, un conflit, une lutte entre des attracteurs en compétition, il lui est donc permis de faire usage de ce mot contre la volonté des physiciens et chimistes. Pour lui, il n'y aurait pas de frontière entre ce qui est humain et ce qui ne l'est pas.

En fait, la pensée héraclitienne renferme trois grands thèmes :

Celui du conflit des contraires, dont il souligne la nécessité car, pense-t-il, sans cette lutte permanente, on aboutit à la destruction et à la perte.

L'unicité de toutes choses : la contradiction continue se fait dans l'unicité et assure son maintien.

Le perpétuel écoulement des choses : « Tu ne peux pas descendre deux fois dans le même fleuve, car de nouvelles eaux coulent toujours sur toi ».

Cette vision ironique des contrastes qui fait qu'on préfère ce qui est inférieur et qu'on néglige ce qui peut être conçu comme supérieur (13).

Thom est attiré surtout par la première idée, la troisième doit l'intéresser aussi, mais il part de la différenciation dynamique qu'elle contient.

c) Enfin, il est tout à fait à propos d'examiner l'importance de la distinction que fait l'auteur entre comprendre et agir et qui est issue en réalité de la dichotomie grecque bien connue entre théorie et pratique.

Au chapitre 7, réfléchissant sur les buts de la science, René Thom montre qu'il y a deux voies qui sont comprendre et agir dont le lien n'est pas nécessaire : on peut bien agir sans comprendre, et on peut bien comprendre sans pouvoir agir.

L'auteur relève un paradoxe éclatant relatif aux deux méthodologies différentes associées à ces deux visées opposées de la science : « L'action vise essentiellement à résoudre des problèmes locaux, alors que la compréhension vise l'universel, donc le global. Par un paradoxe apparent, les problèmes locaux exigent, pour leurs solutions, des moyens non locaux; alors que l'intelligibilité, elle, exige la réduction du phénomène global à des situations locales typiques,

dont le caractère prégnant les rend immédiatement compréhensible » L'auteur est, en effet, convaincu que :

Toute action doit toujours dépasser et étendre le phénomène local considéré, « exploiter tous les modes d'action non locale qui peuvent être aisément contrôlés, c'est ce qu'exige l'humanité pour faciliter ses déplacements ses transports, ses communication... »

L'intelligibilité, qui est de nature extensive, nécessite de diviser le phénomène à traiter en ses composantes immédiatement intelligibles.

Pour notre auteur, à cette bipolarité méthodologique, correspondent deux types mathématiques employés en science qui sont :

La mathématique analytique et quantitative (dont la réussite est, pour Thom, plutôt réduite) qui se définit, en effet, par des procédés de propagation continue permettant d'étendre une connaissance locale sur une surface plus vaste, « Seul le prolongement analytique permet le passage du local au non local, caractéristique de l'action », nous affirme l'auteur.

Une mathématique qualitative qui fait de la notion de singularité un centre d'intérêt important et qui serait liée, inséparablement, au comprendre, à l'intelligibilité : De fait, comme on l'a déjà vu, « l'intelligibilité requiert la concentration du non local en une structure locale ».

Par conséquent, partant de l'opposition grecque entre théorie et pratique, qu'il reprend et interprète à sa manière, René Thom choisit de se situer au niveau de la spéculation et arrive, ainsi, à fonder non seulement l'idée de singularité si importante dans sa démarche, mais aussi le concept de mathématique qualitative à laquelle il appartient délibérément.

2) Les modernes : Le positivisme et la phénoménologie.

a) Outre ce qui précède, le rejet de la méthode expérimentale fait dire à Thom, dans le dernier chapitre, que l'originalité de Galilée n'est pas d'avoir utilisé la méthode expérimentale (qui est selon lui, fort ancienne), mais l'usage de l'idée de fonction (du reste ce point de vue est repris ailleurs, 14). Il ajoute, d'ailleurs, dans le même texte, que la méthode analytique et expérimentale (Analyse et expérimentation sont liées et caractérisent l'esprit scientifique dont Thom se détache) casse le système au lieu d'y entrer pour le comprendre.

Peut-on alors dire que notre penseur est un simple métaphysicien qui ne cesse de spéculer hors du réel ? Thom est tout à fait conscient de cette objection qui lui serait venue de penseurs d'inspiration baconienne, qualifiant sa démarche d'anti-scientifique. Nous tâcherons de résumer les arguments et réponses de Thom.

Notons, d'abord, que notre penseur déclare au chapitre 6 : « Le choix entre modèles de la théorie des catastrophes peut, parfois, être tranché par l'expérience, mais il faut d'abord concevoir ces modèles avant de les soumettre à l'expérimentation. »

Celle-ci n'est donc pas visée en elle-même, mais c'est une nouvelle conception de la science qu'on veut instaurer.

Dans le premier chapitre de cet ouvrage, Thom définit « le but ultime de la science et précise que ce n'est pas réunir indistinctement des données empiriques, mais c'est engendrer des structures qui les expliquent. Pour cela, « il faut avoir des idées a priori, il faut avoir des modèles. »

Cette idée est reprise de plusieurs manières dans d'autres textes de ce livre. Au chapitre 17, l'auteur marque une opposition entre l'existence d'une théorie

préexistence et le bricolage expérimental, entre le morcellement expérimental et l'unification théorique. Ce contraste est, en définitive, entre deux démarches différentes qui sont soit l'agencement du réel au moyen d'une structure organisatrice, soit la dispersion expérimentale incapable de créer une science.

Tout laisse croire que la théorie, chez notre penseur, est collée au réel empirique, malgré le refus de l'expérimentation séparatrice. On peut justifier l'adhésion thomienne à ce qui existe en fait, en revenant encore au premier chapitre.

Dans ce document, notre penseur parle d'un découpage de l'expérience phénoménale en diverses disciplines : la physique, la chimie et la biologie. Cette division suppose, d'après lui, une décomposition de notre champ perceptif qui est le niveau où il préfère se situer en tant qu'appartenant à la mathématique qualitative. Il nous assure, d'ailleurs, que « tout modèle quantitatif présuppose un découpage qualitatif de la réalité. »

Dans le même texte, critiquant le déterminisme lié à l'expérimentation, il précise qu'il n'est pas absolu, car les phénomènes présentent, même en physique macroscopique, une certaine instabilité, des dissymétries : un disque homogène, par exemple, décrit dans sa chute libre une spirale, ce qui n'est pas donné dans la loi officielle produite par Galilée.

L'auteur préfère parler, dans ce cas, de « stabilité structurelle » qui respecte les différences et qui est, dit-il, « une propriété empiriquement vérifiable ». Ainsi la raison, chez René Thom, est, nécessairement, pour ainsi dire, agglutinée au domaine empirique. On peut, par conséquent, soutenir le positivisme de notre savant illustre. Il serait assez proche de la philosophie positive de Comte, toutes proportions gardées, qui tout en étant au-delà de l'expérimentation proprement dite, reconnaît la pertinence de l'empirique.

De toute façon, Thom cite son prédécesseur français, dans le dernier chapitre, en traitant de la possibilité de revenir au premier état de la pensée humaine et en lui empruntant le concept de « synthèse subjective » qui réunirait, chez l'auteur de la théorie des catastrophes, des tendances diverses.

b) L'inconvénient est que le père du positivisme s'installe, manifestement, dans l'en soi dans le champ des choses en elles-mêmes, alors que la pensée de Thom, plus humble, paraît se déployer dans celui des phénomènes.

La seule fois, probablement, où notre savant parle positivement de Platon (en le déformant un peu), c'est au chapitre 10 (p 174), en essayant de caractériser la stabilité d'une forme spatiale, reliée à une interprétation dynamique, il nous dit : « Sans vouloir entrer dans des détails de technique mathématique assez difficiles, on peut, néanmoins, donner une idée assez précise des modèles employés ; l'idée à un illustre parrainage, à savoir le mythe de la caverne de Platon : nous ne voyons jamais que la projection des choses sur un écran plat, le mur de la caverne, et jamais les choses en elles-mêmes. » (En fait, le philosophe grec en tire la nécessité de monter vers l'en soi par l'intermédiaire de la dialectique)

Notre auteur n'a gardé que l'idée d'apparence, d'image de l'en soi et, pour employer un langage moderne, de « phénomènes ».

Ce penseur emploie souvent ce dernier vocable dans ses textes témoignant ainsi d'une certaine tendance phénoménologique. Dans le chapitre 9, déterminant l'objet de toute science, il souligne : « Nous partirons du principe général suivant : toute science est l'étude d'une phénoménologie. En se plaçant dans des conditions initiales convenables (décrites par un protocole de préparation explicite), le

spécialiste d'une discipline donnée peut « voir » un certain ensemble de phénomènes qu'il se propose d'étudier. Cette phénoménologie peut donc toujours-en dernière analyse-être une morphologie spatiale (ou spatio-temporelle) »

-L'idée du rapport à l'espace renchérit l'engagement phénoménologique de notre penseur : en effet, tous les phénoménologues à commencer par Kant (15) qui est, pour nous, le premier phénoménologue, pour finir par Maurice Merleau-Ponty et en passant par Husserl accordent une importance cruciale à cette entité dans leurs systèmes.

Conformément à cette tradition phénoménologique, René Thom s'attardera sur cette notion. Dans le même chapitre (page 140), il montre que le support ultime de toute forme est l'espace euclidien, bien qu'il y ait lieu de considérer un espace immédiat de « paramètres significatifs quelques fois difficile à préciser ». (L'auteur fait souvent cette distinction entre l'espace euclidien et un espace fibre qui y est relié)

Au chapitre 8, il s'occupe de la structure de l'espace, substrat ultime ; c'est alors qu'il passe en revue plusieurs concepts de cette condition nécessaire à sa pensée : la magie, Mach et Einstein sont les repères essentiels. Au premier niveau, c'est le concept d'action à distance qui est mis en relief et qui serait repris dans certaines théories modernes comme l'attraction universelle de Newton. L'idée de continuité aurait été pressentie par l'homme primitif. Après une longue évolution où les penseurs grecs auraient joué un rôle fondamental, elle est, largement, consentie par les modernes. Mach et Einstein s'y inscrivent. Toutefois le premier voit que l'espace-temps ne peut pas se dissocier de la matière qui le remplit et le constitue, alors que le second, dans la relativité générale, pense que matière et radiation ne sont que des « maladies », des « singularités » dans un éther homogène qui forme, en définitive, cet espace. Thom opte pour la position einsteinienne (comme il l'a comprise, elle se concilie mieux, naturellement, avec sa vision).

Evidemment, les phénoménologues de métier ne font pas les mêmes analyses de l'espace que Thom qui part de considérations topologiques et qualitatives. L'auteur du modèle mathématique en question est condamné, pour ainsi parler, sous ce rapport, à suivre une voie phénoménologique. en tout cas, monsieur Jean Petiot, l'un des plus grands connaisseurs de Thom, à l'heure actuelle, n'a pas manqué de rapprocher Thom de Husserl (16).

En définitive, s'il n'est pas faux de parler du positivisme de Thom, il serait plus exact de penser qu'il est plus proche du courant phénoménologique dans sa généralité.

III- L'application au langage : Critique du formalisme et l'insuffisance de la syntaxe-La géométrisation des questions linguistiques conformément au modèle.

1) La critique du formalisme et l'insuffisance de la syntaxe

a) La critique du formalisme logique est, en effet diffuse dans la seconde partie de l'ouvrage qui nous intéresse, mais nous allons nous arrêter uniquement aux textes les plus pertinents.

-Dans le chapitre 16, consacré à la langue universelle, l'auteur nous dit : «On n'a pas probablement assez insisté dans la genèse du rêve leibnizien (dont la logique formelle est, d'après l'auteur, une sorte de conséquence, de confirmation), sur

l'importance qu' a joué la mécanique newtonienne ; on avait là un exemple, où, effectivement, toute question pouvait -au moins théoriquement- être résolue par calcul. Certains ont pu croire que la logique formelle issue de Boole au 19e siècle avait offert une réalisation de la mathématique universelle.

Lourde erreur : cet exemple montre bien, en fait, pourquoi le rêve leibnizien débouche sur l'impossible; car la logique, en se constituant comme langage formel d'une rigueur absolue, rompt ses attaches avec le monde réel ; l'itération indéfinie des opérations crée des objets fantasmatiques comme on l'a vu dans la théorie des transfinis de Cantor. A vouloir maintenir dans la langue une générativité sans fin, l'expression formelle perd tout contact avec son signifié, en fait, perd tout sens. » Ce que reproche, donc, notre penseur à la logique formelle, dans ce texte et dans d'autres encore (sous des formes différentes), c'est de présenter des structures vides, bien qu'élaborées rigoureusement, c'est d'être irréaliste. Cantor dont les travaux peuvent être considérés, effectivement, comme le prolongement de la logique formelle, a donné lieu, d'après ses déclarations-mêmes, à des objets chimériques (17). Notons, déjà que cette absence de réalisme, équivaut à la négation de toute signification.

-Du reste, René Thom a toujours insisté sur ce défaut de sens accompagnant la déduction logique, il souligne, par exemple, dans le premier chapitre (article 2), en évoquant la question de l'implication, qu'il est inévitable que la signification s'éclipse devant la structure de la déduction, car le propre de toute implication logique est la perte en continu intentionnel.

-Il y a, d'autre part, toute une école en linguistique qui s'inspire fortement de cette approche formelle et formalisante. Notre auteur cite, sur ce plan, Bloomfield et Harris dont il révoque violemment la procédure à plusieurs reprises dans ce livre. Au chapitre 12, en discutant l'idée venant de la grammaire structurale que la phrase élémentaire (sujet, verbe, objet) peut être représentée par un arbre, il invoque cette méthode de la linguistique formelle (Bloomfield et Harris) qui, voulant profiter de ce point de vue grammairien, a eu l'ambition presque hilbertienne de formaliser totalement les règles de la syntaxe. Malheureusement leur tentative n'a pas abouti à cause de l'existence de phrases aberrantes, comme les interrogations et certaines subordonnées compliquées. La grammaire transformationnelle de Chomsky, qui a essayé de « colmater ces brèches », ne lui a pas été d'un grand secours. L'une des difficultés essentielles que rencontre cette école linguistique est, nous dit Thom, en substance, d'avoir omis la signification des noms dans une phrase, en particulier celle relative à la distinction entre actants et circonstants.

En fait, ce manque fâcheux, nous précise l'auteur, est inhérent à toute linguistique s'inspirant du formalisme logique. Thom déclare, par exemple, à propos du dogme de l'arbitraire de signe chez Saussure, (nous reprendrons à cette question ultérieurement) : « Devant ces difficultés, une école « formaliste » a repris en linguistique le programme de formalisation des mathématiques à la Hilbert; elle prétend (Bloomfield, Harris) qu'une étude correcte du langage, peut et doit se faire indépendamment de toute référence à la signification. On traite une langue donnée comme un système formel dont on s'efforce de spécifier les axiomes qui définissent les expressions « bien formées ». Cette attitude a conduit aux développements récents des théories de langages formels » (18). L'auteur voit que cette attitude formalisante a réussi plus au niveau mathématique (algèbre non

commutative, groupes, monoïdes libres) que sur le plan proprement linguistique, car, pour lui, une formalisation complète des langues naturelles est impossible.

Ainsi donc, tout formalisme (logique ou linguistique) faisant fi de l'étude du sens est, selon l'auteur, inapte à penser correctement le langage. Au fond, cette idée est intimement liée à sa critique des mathématiques quantitatives (dont il reconnaît, malgré tout, du succès dans un coin de la physique, qui intéresse ses lois fondamentales). On ne peut pas faire l'une de ses critiques et ne pas adopter l'autre. D'ailleurs les mathématiques quantitatives et analytiques sont elles mêmes taxées de formalisme. Le 16ème chapitre du livre est là-dessus explicite.

Pourtant, l'auteur consacre de longs passages à la syntaxe. Quel est alors le statut de la sémantique dans ces études syntaxiques ? Contenons-nous de quelques exemples rapides.

Insuffisance de la syntaxe : Quelques exemples.

-Au chapitre 12, Thom, examinant explicitement les structures syntaxiques des phrases élémentaires, qui ont beaucoup occupé les linguistiques, ne retient que les éléments significatifs, c'est-à-dire les phrases et les mots, et néglige ceux qui n'ont pas de sens en eux-mêmes : les syllabes et les lettres. « On n'entrera pas ici dans ces difficultés (il fait allusion aux définitions du mot par les linguistes) ; on ne s'occupera pas non plus des éléments inférieurs de la hiérarchie, lettres et syllabes, dont la signification n'est pratiquement jamais indépendantes du contexte. Par contre, les éléments supérieurs, mots et phrases peuvent être - au moins en première approximation- support d'une signification intrinsèque, largement indépendante du contexte et des circonstances particulières de l'énonciation. Nous nous intéressons essentiellement à la décomposition d'une phrase en mots, objet de ce qu'on appelle usuellement la syntaxe ».

-Au chapitre 13, l'auteur expose une théorie de la communication assortie à la théorie grammaticale et linguistique de JH Greenberg dans son article, Some Universals of Grammar. Obligé de faire la dissection des phrases atomiques en leurs éléments significatifs, notre penseur pratique, encore une fois, la syntaxe comme il l'a comprise. L'ordre d'émission des constituants d'une phrase élémentaire (qui sera renversé au niveau de la réception) suivra une distribution sémantiquement croissante. Ainsi le verbe, plus volatil, moins dense sémantiquement, arrive au premier lieu, puis viennent successivement l'objet et le sujet. Le processus de la réception suivrait une direction opposée.

Inutile d'aller plus loin et d'examiner la typologie des ajouts (adjectifs et génitifs), il nous suffit de remarquer que l'activité typologique, qui est, fondamentalement, syntaxique, requiert, dans le fractionnement qu'elle opère, des critères relevant de la signification des diverses fractions qui ont, finalement des fonctions grammaticales. En somme, la sémantique se présente ici comme le fondement même de la syntaxe, la condition nécessaire sans quoi elle ne peut pas fonctionner.

-La prédominance de la sémantique va avoir lieu, également, dans le chapitre 16, lors de l'étude de la langue universelle. Thom se demande, d'abord, si la science peut être considérée comme une langue universelle. La réponse de l'auteur en fin de compte est la suivante : « Il manque à cet ensemble une syntaxe qui l'organiserait. Et cependant, pour une part au moins du donné (la mécanique et la physique) la syntaxe existe : c'est la mathématique qui la fournit ».

Le problème est, par conséquent, syntaxique. Seulement il y a une première restriction qu'il est aisé d'entrevoir dans la citation : les limites des frontières où la mathématique peut réussir. Notre auteur vise, bien entendu, les mathématiques analytiques et quantitatives dont il a critiqué la portée universelle, ici et ailleurs, contre tout le mouvement platonicien qui l'a soutenue, et auquel il oppose la mathématique qualitative et topologique qu'il fait sienne.

Thom traite de la seconde limitation (qui est certainement liée à la première) dans la suite du texte : ce qui est, essentiellement, récusé c'est l'aspect formel de la mathématique quantifiante. Notre penseur passe alors à la critique du formalisme logique et linguistique qui est fortement lié aux mathématiques en question. Bref, là aussi la syntaxe, à elle seule, est insuffisante à penser le langage.

Jusqu'ici Thom a dénoncé l'échec de tout formalisme et l'insuffisance de la syntaxe. Par contre, il a marqué avec insistance la prégnance de la sémantique. Cette dernière va être, chez lui, au cœur de la linguistique elle-même qui, pour être traitée correctement, se doit de géométriser ses objets conformément au modèle mathématique de la morphogénèse. Cette géométrisation différenciante, inséparable de la dynamique lui assurera un contenu significatif. Nous donnerons, dans ce qui suit des exemples de cette géométrisation, que nous emprunterons à l'auteur lui-même. Nous parlerons donc, respectivement, de : 1) l'arbitraire du signe, 2) la sémiologie, 3) l'information, 4) la langue universelle, pour, enfin, aboutir à la linguistique en général.

2) Géométrisation des questions linguistiques conformément au modèle de la morphogénèse :

a) Thom réfléchit sur le dogme Saussurien de l'arbitraire du signe au chapitre 11 de cet ouvrage. Nous savons que Ferdinand de Saussure pose que la relation entre signifiant et signifié (formant pour lui le signe) est conventionnelle et arbitraire. Rien, selon lui, ne justifie le rapport d'une expression avec son contenu, son sens; autrement dit, rien n'explique la signification du signifié. Pour prouver son idée, il se réfère aux différences des diverses langues pour dire la même chose. Cette question a donné lieu à des études de linguistique et de sémantique (Hjelmslew). Thom refuse toutes ces tendances. Son point de vue, pour expliquer le rapport entre signifiant et signifié (et en même temps, en fait, pour fonder l'objectivité du signifié, problème que posent les linguistes de tendance formaliste) et, en résumé, le suivant : « Même en laissant de côté le problème métaphysique de la conscience et de la subjectivité, on peut admettre qu'un processus psychique est univoquement défini par la totalité des processus neurophysiologiques qui l'accompagnent (un matérialiste dirait qui le constituent). Or, nous disposons, grâce au modèle de C.Zeeman, d'une représentation mathématique - à vrai dire très générale- des processus neurophysiologiques... On peut ainsi espérer obtenir un modèle géométrique de la succession des idées dans « le flux de conscience » des philosophes de l'introspection. On notera d'ailleurs que l'emploi d'un tel modèle différentiel n'est nullement subordonné à une métaphysique matérialiste (bien que suggéré par elle). La signification d'une idée est alors entièrement définie par la topologie interne de l'attracteur structurellement stable A ». Pour prouver la nécessité du lien entre signifiant et signifié (et en même temps, en fait, l'objectivité de celui-ci), Thom utilise, par conséquent délibérément, l'opinion de son collègue (en matière de théorie des catastrophes), Zeeman montrant l'objectivation neurophysiologique inéluctable de tout processus psychique. Il en

tire la pertinence de l'application de son modèle et, donc, l'exigence de la géométrisation pour montrer la signification du signifié.

b) Au quatorzième chapitre de ce livre, Thom s'intéresse à la sémiologie, qui, en tant que science des signes, a, obligatoirement, une portée sémantique inévitable, et que l'auteur a frôlée au chapitre 11, en parlant du rapport entre signifiant et signifié chez Saussure. Ici il part de la classification de Charles Sanders Peirce affirmant qu'il y a trois types de signes :

Les images ou icônes, c'est-à-dire des représentations graphiques assez fidèles à l'objet représenté.

Les indices qui sont des signes (être ou objets) nécessaires à l'existence d'un objet, comme lorsqu'on dit que la fumée est indice du feu.

Enfin le symbole : il est question d'une forme tout à fait arbitraire qui provient d'une conviction sociale, d'ailleurs, limitée dans l'espace et le temps.

Ce qui occupe l'auteur, c'est, bien évidemment, la signification des signes, même si, pour y arriver, il se fonde, parfois, sur la forme du signifiant (les signes du code de la route par exemple); ce qui est normal à la suite de ce qu'on a déjà vu.

Or, à y voir clair, on s'aperçoit que toutes ces entités, conçues essentiellement comme des être significatifs, (Icône, indices et symbole) naissent et périssent en suivant une évolution différentielle conforme au modèle mathématique de la morphogenèse.

c) Notre savant note souvent qu'il y a, dans le langage (celui de la biologie en particulier), des termes dont le sens est équivoque, et qu'il faut éclaircir. Il cite, à ce propos, les mots de message, d'ordre, d'organisation et d'information. C'est au dernier vocable qu'il consacre le 15ème chapitre de cet ouvrage en soulignant que la procédure qu'il va employer « semble tout à fait adéquate, et on pourrait sans doute l'appliquer à d'autres concept 'à tout faire' ».

L'auteur passe, d'abord, en revue les divers usages du concept en question : sens général, judiciaire, journalistique, publicitaire, biologique... On remarque, premièrement, que ces emplois, sont, soigneusement, géométrisés; ce qui nous rapproche beaucoup de notre modèle. Ensuite, en précisant la méthode à suivre pour élucider ce concept (et probablement d'autres encore), Thom met en valeur la notion de forme; ce qui va tout à fait avec la géométrisation, et nous met encore plus près du modèle qui repose, largement comme on a vu sur cette idée. Il veut montrer, en général « dans quelle direction pourrait se constituer une véritable théorie de l'information, qui à mi chemin entre la sémantique et la sémiologie, véritable thermodynamique des formes, s'efforcerait de revenir à une analyse proprement morphologique des formes du message. »

d) L'étude de la langue universelle au chapitre 16 est aussi un exemple de l'approche linguistique chez Thom. Ce concept exigerait, comme on l'a montré, à la suite de l'auteur, l'idée de signification, corrélative à celle de réalisme.

Or, ce sur quoi l'auteur met l'accent dans ce texte, c'est la fait qu'il appartient au continu géométrique de combler ce vide sémantique, d'amener le réalisme signifiant. C'est ainsi qu'en parlant, par exemple, de l'impossibilité pour les mathématiques (formelles et quantitatives) à être rehaussées au rang d'une langue universelle, il déclare : « Alors, comment s'expliquer que les mathématiques puissent représenter le réel ? La réponse, je crois, nous est offerte par l'intuition

du continu. L'interaction indéfinie peut, parfois, conduire à un objet immédiatement saisissable connu infini en acte. »

e) Jusqu'ici on peut conclure que : 1) La linguistique, chez Thom, est à peu près l'équivalent de la sémantique. 2) Pour cela elle doit reposer, si elle veut réussir ses investigations, sur le modèle géométrico-dynamique que l'auteur a forgé.

Le premier chapitre de ce livre, en l'occurrence l'article 1, confirme parfaitement cette double conclusion : le lien entre sémantique et linguistique y est faite explicitement. En suite, Thom voit, expressément, qu' « aucune théorie un peu profonde de l'activité linguistique ne peut se passer du continu géométrique », uni, inéluctablement, à la dynamique dont le rôle est de penser le changement, la diachronie. L'auteur fait bien cette précision en affirmant, par exemple : « Mais cela ne suffirait pas pour aborder le problème du changement, de la diachronie. En ce dernier cas, il semble inévitable de doter le substrat de propriétés dynamiques indifférenciées... et d'en faire le siège d'un processus « dynamique permanent ».

Il y'a lieu, maintenant, pour conclure, d'apprécier le modèle, en montrant la valeur, mais aussi les limites tant sur le plan scientifique que sur celui de son application au langage. Au premier niveau, notre attitude sera au-delà du consentement et du refus et se contentera de relever les problèmes que la pensée de Thom peut poser à un historien des sciences. Nous irons chercher les limites chez l'auteur lui-même qui les reconnaît explicitement.

Conclusion. La valeur et les limites du modèle :

1) - a) Le modèle de René Thom remet en question, au moins partiellement, une tradition fortement enracinée chez les scientifiques et les philosophes des sciences de ce mouvement d'origine platonicienne qui fait des mathématiques un outil incontestable et universel de quantification malgré les réserves présentées par certains penseurs, comme Comte (19), et malgré les diverses formes que prend cette exigence impérieuse. Au fond, notre auteur préfère Aristote (plutôt sa dimension a platonicienne (20) à Platon et son mathématisme. Thom réduit le domaine des mathématiques quantitatives et les fait supplanter par la topologie qualitative dont il n'est, à vrai dire, ni le premier ni le seul auteur. Sous l'angle du calcul différentiel, où se déploie, en fait, la pensée mathématique de notre savant, on ne peut pas ne pas s'arrêter à cette façon de concilier le continu et le discontinu grâce à la notion singulière de singularité qualitative. Les autres auteurs appartenant au même domaine, comme l'américain A. Béjan, ne peuvent pas le faire, car, étant engloutis dans l'analyse et la quantification, sont incapables de percevoir l'idée d'une forme singulière.

- b) D'autre part, la linguistique Thomienne fait prévaloir la sémantique par le biais d'une critique serrée du logicisme. Cela nous rappelle, au fond, toutes proportions gardées, un mouvement logique qui a commencé avec Gödel, puis Tarski contre certains néo-positivistes de l'époque, mais ces logiciens mathématiciens ont conservé le langage logique et sont restés prisonniers de la quantification algébrique. Thom présente, au contraire, un nouveau modèle de géométrisation (dynamique). La ligne le séparant de la logique est, enfin de compte, celle qui existe entre l'algèbre et la géométrie.

2) - a) Sur le plan scientifique, Thom ne prétend pas avoir présenté un travail complet, sans restrictions. Il nous avertit, par contre, dès le premier chapitre, que

la mathématique qualitative ne connaît pas encore un grand développement, qu'il y a toujours des attracteurs très compliqués dont la détermination topologique est très difficile, que les surfaces qui les séparent sont jusqu'ici d'une complexité insurmontable. C'est pourquoi, l'auteur se contente d'analyser les sept catastrophes élémentaires qui obéissent à des conditions minimales, et qui ne réclament pas un grand progrès mathématique.

Cet aveu clair est confirmé au chapitre 6, lorsque l'auteur examine, franchement, « les limites de la théorie des catastrophes ». Il reconnaît, en effet, que le schéma donné par la théorie des catastrophes élémentaires souffre de limitations sévères qui compromettent les applications possibles.

-b) Quant aux limites relatives à l'application du modèle au langage, elles sont indiquées, par exemple, au chapitre 7 (p124) lorsque Thom avoue franchement que le programme lié à son modèle est à peine amorcé que « Tout au plus avec la théorie des catastrophes élémentaires et les extensions linguistiques qu'on peut lui associer a-t-on une formulation (relative) des situations syntaxiques des phrases élémentaires ou atomiques. »

Il rejoint, d'ailleurs ici, le formalisme logique dont l'objet essentiel est la phrase élémentaire ou atomique. Dans le même ordre d'idée, remarquons qu'il partage avec les logiciens leur rejet net du langage naturel, qu'il reconnaît, parfois, l'utilité de la déduction qu'ils professent (cf chapitre 7). Sa critique du formalisme logique n'est donc pas absolue.

Peut-être l'avenir nous dévoilera-t-il un perfectionnement de ce modèle à partir des fondements philosophiques indiqués; c'est en tout cas ce que messieurs Chaperon et Petitot (21) sont en train de faire sérieusement.

Notes

1) Nous employons le singulier, car nous considérons l'ensemble du processus de différenciation dynamique et des catastrophes élémentaires (sans distinction). La séparation de ces entités, au fond, inséparables donne lieu, bien entendu, à l'usage du pluriel.

2) Citons par exemple : a) René Thom : Aristote, topologue, in Revue de Synthèse, 1999 - Edition des Œuvres complètes de René Thom, IHES et EDP Paris 2003. b) Marc Chaperon - Qu'est-ce que la stabilité structurelle, Hermman 2007 -Images des mathématiques, CNRS, 2006. c) Jean Petitot - Physique du sens-1992 Ed du CNRS -*Morphogenesis of Meaning* -2003 Ed Peter Lang-Bern.

3) Ce livre est paru, pour la première fois, à l'union générale d'éditeurs, Paris 1974. Nous utilisons l'édition remaniée, augmentée et précisée de 1980.

4) Edité d'abord en 1972, puis en 1977- Interédition.

4 bis) En fait, ce sont les questions essentielles que pose la pensée de Thom (plus le problème biologique que nous n'oublierons pas entièrement). On peut avoir une idée plus précise sur l'ensemble des problèmes qui concerne Thom en revenant au texte du colloque organisée par J.Petito- Editions Patino, 1988.

5) Nous employons le futur, car l'article qui constitue notre point de départ, une théorie dynamique de la morphogenèse est parue en 1966 (cf. page 9 du livre), c'est-à-dire avant l'édition de l'œuvre fondamentale.

6) Cf. Abdelkader BACHTA L'espace et le temps chez Newton et Kant, L'Harmattan / 2002 Première partie.

- 7) Au lieu de reproduire les graphiques, nous préférons en indiquer la référence Cf. Page 85(fig1), page 86 (fig2).
- 8) Cf. Chapitre5 -pages 97,98 et 99.
- 9) Cf. Trois études sur la loi constructale, l'harmattan 2008 -Abdelkader BACHTA -Jean Dhombres et Angèle Kremer Marietti.
- 10) En ce qui concerne les conditions d'apparition des catastrophes, Cf. surtout le premier chapitre de ce livre.
- 11) Cf. Par exemple Ch7. Du reste la relation entre Thom et Aristote a été vue. Exemples : le document de Thom sur Aristote, le colloque dirigé par J.Petitot, déjà cités.
- 12) Cf. par exemple, Aristote - ou la raison sans demeure de l'abbé Paul Grenet – Vrin 1962 (pp 84 / 92)
- 13) Cf, par exemple, Histoire de la philosophie, d'Emile Bréhier- T1. Puf 1938.
- 14) Cf. La philosophie des sciences aujourd'hui Ed.Gauthier-Villard 1986. Le titre du texte de René Thom est : La méthode Expérimentale : un mythe des épistémologues pp 7 / 20
- 15) Cf. L'espace et le temps chez Newton et Kant Ibid. Première partie
- 16) Cet auteur s'intéresse beaucoup à la phénoménologie dans ses rapports avec la science, Cf. par exemple, Naturalizing phenomology, Issues in Contemporary Phenomology and cognitive science (Stanfort University Press,1999).
- 17) A propos de Cantor, Cf. Des monstres de Cantor et de Peano à la géométrie fractale de la nature, par Benoît Mandelbrot, in Penser les mathématiques, seuil 1982.
- 18) Chapitre 11.
- 19) Cf. notre étude, les modèles scientifiques en philosophie, in Dogma.
- 20) Nous pensons, en effet, qu'Aristote n'a pas complètement abandonné le mathématisme de Platon, mais qu'il l'a simplement limité, cf. notre livre en arabe Mathématique et physique chez Platon et Kant, dar Annahda-el-Arabia, 2008-2eme Partie.
- 21) Cf. Par exemple, les travaux cités ci-dessus.

