

René Thom (1923-2002)

GEORGES LOCHAK

Fondation Louis de Broglie, 23 rue Marsoulan, 75012 Paris

Il fut l'un des hommes les plus intelligents que j'aie rencontrés. En disant cela, je ne me fonde pas sur son talent mathématique qui s'exerça dans des domaines auxquels je n'entends rien, ce qui m'interdit tout jugement personnel, sinon de rappeler qu'il était titulaire de la prestigieuse Médaille Fields, qui atteste de la valeur qu'on reconnaît à ses résultats. Du reste, nous le laisserons, un peu plus loin, raconter lui-même sa biographie scientifique, ce qu'il fera mieux que quiconque ne le ferait à sa place.

Si je porte sur lui ce jugement flatteur, c'est que je l'ai assez bien connu. Nous ne nous rencontrions pas très souvent, mais c'était chaque fois pour de longues et passionnantes conversations qui me procuraient un grand plaisir, qu'il me faisait l'honneur de partager. Rapidement sa pensée devint pour moi un amer, pour parler comme les marins.

Ce qui caractérise Thom c'est qu'il était un esprit universel. Tout l'intéressait : la mathématique comme la philosophie, l'embryologie comme la physique, la grammaire et la sémiotique, la linguistique et le structuralisme, tout ce qui était susceptible d'allumer son regard bienveillant mais toujours en éveil et toujours perçant. Mais qu'on n'aille pas voir là quelque esprit touche à tout qui se perd en idées brillantes plutôt que d'en couvrir une. C'était tout le contraire. Il avait un esprit de système, toutes ses réflexions avaient une base mathématique et tout ce qui l'intéressait était là pour servir une cause : celle de sa vision du monde.

Il fut ainsi dès sa jeunesse. Il m'a raconté que, lorsqu'il est entré à l'Ecole Normale, en mathématique évidemment, il est allé voir le directeur et lui a dit qu'il préférerait faire de la philosophie. Le directeur, avec sagesse, lui fit remarquer qu'il était manifestement doué pour les

mathématiques et qu'il ferait mieux de commencer par cultiver ce don. Thom l'écouta, avec le succès que l'on sait. Cela lui apporta des résultats, une renommée, une carrière, une sécurité, un programme et une structure pour l'esprit.

Les résultats, la renommée et la carrière sont évidents. Mais la sécurité, matérielle et sociale, fut essentielle car Thom était un esprit solitaire et rebelle qui se lança bientôt dans une recherche qui n'eut l'heur de plaire ni aux mathématiciens ni à la plupart des autres scientifiques (même si elle en séduisit quelques uns) et, quel que fût son mépris du qu'en-dira-t-on, il était important que ceux qui le critiquaient fussent obligés de dire, à un moment donné : "C'est vrai que, par ailleurs, il a une médaille Fields de mathématiques".

Quant au programme, qui était celui de la *théorie des catastrophes*, il émanait, comme on le lira sous sa plume, de ses recherches mathématiques, et c'est évidemment l'élévation de ces recherches qui apporta une fois pour toutes à son esprit la structure mathématique sous-jacente à sa réflexion.

J'ai connu Thom dans les années soixante-dix, lors d'une série d'exposés qu'il faisait sur la théorie des catastrophes, à l'initiative d'un professeur de l'Ecole Centrale, si mes souvenirs sont bons. La théorie était alors en plein essor ; elle datait du début des années soixante et je crois intéressant de dire pourquoi elle m'a tout de suite intéressé.

J'étais l'un des proches collaborateurs de Louis de Broglie devenu la bête noire de la sacro-sainte "communauté scientifique", gardienne du temple qui ne lui pardonnait pas de s'obstiner, avec un groupe d'élèves, à chercher ce qui se cache derrière le formalisme un peu mystérieux de la mécanique quantique dont de Broglie n'était pas disposé à accepter sans discussion certains postulats. En particulier, nous faisons de gros efforts pour nous défaire du concept abstrait d'états quantiques donnés a priori, entre lesquels sont censés se produire des transitions instantanées. Nous avions en vue une idée plus physique selon laquelle les états quantiques ne seraient que des états singuliers, parmi d'autres états possibles, dont ils ne se distingueraient que par la stabilité. Les transitions ne seraient plus, dès lors, instantanées, mais de véritables mouvements transitoires, très rapides, qui se produiraient à la faveur d'une fluctuation extérieure, qui leur permettrait de franchir la barrière des états singuliers instables qui séparent les uns des autres les états stables.

Nous nous étions laissés guider par les célèbres travaux d'Henri

Poincaré sur la topologie des courbes définies par des équations différentielles, notamment par sa théorie des *cycles limites*, ainsi que par le bel ouvrage de George David Birkhoff *Dynamical Systems* et par le remarquable *théorème des mouvements centraux* qui s'y trouve démontré, qui était l'image même que Birkhoff se faisait de la théorie des quanta, ainsi que le soulignait le grand physicien russe Andronov lors d'un congrès tenu à Moscou en 1933. Lorsque j'ai rencontré Thom, je connaissais bien tout cela, y compris le théorème d'Andronov et Pontriaguine sur les systèmes "grossiers" (i.e. structurellement stables) qu'il citera plus loin dans son autobiographie, car j'étais lecteur de l'école russe des systèmes dynamiques, où s'étaient réfugiées les idées de Poincaré, très oubliées en France à l'époque.

Je dois dire tout de suite que notre tentative sur les transitions quantiques a échoué mais je ne regrette pas ce temps, bien au contraire. Comme l'a dit de Broglie de la vision dualistique de la lumière chez Newton, notre tentative est "peut-être venue trop tôt dans l'histoire de la science". Et surtout, je préfère rentrer les mains vides d'une chasse à la baleine blanche que de pêcher la crevette au haveneau. Pour moi, la science, ce n'est pas piéger les artefacts et cultiver la méthode, encore qu'il le faille, mais chaque chose en son temps : la science c'est d'abord une aventure de l'esprit. J'y étais accoutumé par instinct, j'y étais emporté avec de Broglie et je vis qu'avec Thom, j'allais être servi ! De là est née notre amitié et cette délicieuse complicité qui vous unit à un interlocuteur avec lequel il suffit qu'un mot innocent s'accompagne d'un certain regard pour savoir qu'on se comprend.

Techniquement, l'intérêt des catastrophes me parut évident. Mes propres recherches sur les transitions quantiques se fondaient sur cette lignée, que je viens d'évoquer, qui remonte à Poincaré et à laquelle Thom se rattachait. L'idée de singularité sous-tendait tout : la singularité ordonne, en quelque sorte, ce qui se passe autour. Cette idée remonte aussi à Pierre Curie (j'ignore si Thom en était conscient) car Pierre Curie, génial fondateur de l'idée de symétrie en physique disait déjà quelque chose de semblable : "*certaines éléments de symétrie peuvent coexister avec certains phénomènes mais ils ne sont pas nécessaires. Ce qui est nécessaire c'est que certains éléments de symétrie n'existent pas. C'est la dissymétrie qui crée le phénomène*", idée qui a fait fortune sous le nom de *brisure de symétrie*.

Mais Thom faisait un pas considérable, avec les singularités : *il les classait* . Il paraît qu'il ne l'a pas vraiment démontré et qu'il y a des

difficultés. Je l'ignorais à l'époque, mais de toute façon, cette tentative d'organiser le monde autour des singularités est une grande idée et nul ne sait si les difficultés qu'elle rencontre ne peuvent être vaincues ou contournées sous une forme ou une autre.

Rappelons par exemple – et cela s'y rapporte – que la stabilité structurelle à la Andronov et Pontriaguine est remarquable mais ne marche à peu près jamais. Elle est fautive en dynamique hamiltonienne. C'est très fâcheux car cela signifie qu'elle est interdite en dynamique analytique classique, en mécanique quantique, en relativité et en électromagnétisme, autrement dit dans presque toute la physique actuelle. Néanmoins, il est souvent possible d'y faire appel mais sous des formes affaiblies et un peu anarchiques, car dépourvues de définitions générales et de théorèmes fondamentaux, mais tout en conservant une signification intuitive. En outre, il faut préciser que si la stabilité structurelle sous sa forme stricte ne s'applique pas aux théories physiques actuelles, c'est qu'elles ignorent la flèche du temps, autrement dit l'entropie et le second principe de la thermodynamique. C'est donc en raison de leur incomplétude et non d'une insuffisance du théorème d'Andronov et Pontriaguine. Que diront les dynamiques futures ? Nous l'ignorons encore et qui sait si le problème n'est pas le même en théorie des catastrophes. En effet, comme Thom le dit lui-même, il y a deux façons d'appliquer la *théorie des catastrophes*, ce qui était déjà le cas pour la *cybernétique* de Wiener.

La première façon est d'en faire une sorte de grille de lecture pour une dynamique déjà connue, dont on interprète ainsi les solutions. Or, curieusement, les deux théories sont aussitôt pareillement limitées dans leur champ d'application : elles demandent l'une et l'autre une dynamique possédant des *attracteurs*, selon Thom, ou des *cycles limites* comme disait Poincaré, autrement dit des états asymptotiquement stables au sens de Liapounov. Pourquoi ? Tout simplement, comme le dit Thom, car “il est douteux qu'on puisse avoir une phénoménologie quelconque sans une certaine irréversibilité du temps : pour que quelque chose se produise il faut que la situation à l'avenir soit préférée à la situation présente, ce qui exclut une dynamique où la flèche du temps peut être retournée”¹. Ce qui exclut donc la dynamique hamiltonienne. Or il en est de même pour Wiener car la clé de la cybernétique est le *feedback*, autrement dit la commande d'une action extérieure sur le système (en fait une fourniture d'énergie) par son état présent et par sa pro-

¹R. Thom, *Modèles mathématiques de la morphogénèse*, Ch. Bourgeois éd., Paris, 1980, p. 54.

pre dissipation d'énergie, ce qui est exactement calqué sur les systèmes auto-oscillants d'Andronov et les cycles limites de Poincaré.

On voit donc que la stabilité structurelle, la théorie des catastrophes et la cybernétique excluent toutes trois – et pour les mêmes raisons – la dynamique hamiltonienne et avec elle toutes les grandes théories physiques actuelles. Est-ce à dire qu'elles ont tort toutes les trois ? Je ne le crois pas et je pense, au contraire, pour reprendre le mot de de Broglie, qu'elles sont “peut-être venues trop tôt dans l'histoire de la science”. En vérité, deux siècles de progrès des mathématiques, de l'astronomie et de la physique ont fait de la dynamique de Lagrange et de Hamilton une sorte d'Himalaya scientifique sur lequel nous nous sentons obligés de monter pour observer le monde, en oubliant que nous en tirons une image stationnaire, immobile, sans passé ni avenir, parce que le temps ne s'y écoule pas et qu'il s'y renverse, au contraire, à loisir. Cette vision du monde nous montre comment sont les choses mais non comment elles le sont devenues, ni ce qu'elle deviendront plus tard, car la notion de “plus tard” est absente de la théorie où le temps n'est pas une grandeur physique véritable mais un indice qui numérote les états dans un alignement qui n'est pas orienté.

On observera que cette critique ne s'adresse qu'à la dynamique analytique mais pas à la mécanique de Newton tout entière, dont la dynamique analytique, n'est qu'une partie : celle où la force dérive d'un potentiel. C'est sans doute pour cette raison que Thom m'a dit un jour qu'à son avis, “malgré l'idée admise, la mécanique de Newton est plus générale que la mécanique quantique”. Il me l'a dit avec une petite gêne et un certain air d'excuse souriante, comme quelqu'un qui se permet une énormité avec un ami tombé dès son jeune âge dans la marmite de la mécanique quantique. Mais je me suis empressé de lui dire – et je le répète – que je lui donnais raison.

C'est peut-être pour cela, également, que Thom a cru, à un moment donné, qu'il serait possible de retrouver la thermodynamique par la géométrie et même de substituer celle-ci à celle-là. Il y a renoncé en raison de certaines instabilités des attracteurs, mais je crois qu'il y a une objection plus générale et plus forte, à savoir que la mathématique ne saurait prendre le pas sur la physique parce que la nature pose plus de questions que le cerveau humain n'est capable d'en inventer et c'est là que se trouve, à mon avis, la limite de la seconde façon d'appliquer la théorie des catastrophes.

Cette seconde façon, dit Thom : “C'est de partir de la phénoméno-

gie des catastrophes et d'essayer de reconstituer en quelque sorte la dynamique de complexité minimale qui peut engendrer cet ensemble de catastrophes" (voir texte de Thom reproduit plus loin) ou, dit un peu autrement, on part "d'une morphologie empirique qu'il s'agit d'interpréter ; on construit alors un champ de systèmes différentiels sur un espace de contrôle, et on s'efforce de faire coïncider la morphologie observée avec un ensemble de catastrophes du modèle" (*Modèles mathématiques de la morphogénèse*, loc. cit. p. 101). C'est cette seconde façon qui m'avait séduit au début. En effet, dans notre recherche d'une dynamique des transitions quantiques, il nous manquait l'essentiel : l'équation. Et j'ai cru que la théorie des catastrophes pourrait nous aider sinon à la trouver, tout au moins à nous mettre sur le chemin. Or c'est là que j'ai été déçu car la théorie des catastrophes n'est pas quantitative, elle n'est que qualitative ... ; tout comme la cybernétique de Wiener.

Thom a très bien réalisé cela, il ne s'en est pas caché et, peu à peu, a été déçu par sa propre théorie qui fut son enfant chéri. Mais non sans avoir essayé pendant des années de faire vivre et grandir cet enfant au contact d'autres sciences. C'est de là que provenait son apparente "multidisciplinarité" pour prendre une expression post-soixante-huitarde. En fait, il cherchait tout ce qui pouvait, dans la nature, s'articuler autour des catastrophes. Comment ne pas songer à l'embryologie et à la différenciation d'un œuf qui s'épanouit en fœtus ? Ou, plus généralement, à la division cellulaire ? Aux oscillations de relaxations ? A une possible interprétation du "collapse" de la fonction d'onde en mécanique quantique ? Aux transitions de phase ? Et il a été chercher des questions beaucoup plus difficiles, en linguistique, en grammaire, en histoire (avec les collapses que sont les guerres et les révolutions). A chaque domaine, il se donnait la peine d'appliquer sa vive intelligence, lisant des ouvrages, interrogeant des spécialistes, leur soumettant ses idées, écoutant leurs critiques.

Souvent, disons le franchement, il passait pour un "original" et pour un ignorant. Car, figurez-vous qu'il connaissait l'histoire moins bien que les historiens, la biologie moins bien que les biologistes et la grammaire moins bien que les grammairiens. Le fait qu'il essayait de comprendre autrement échappait complètement car, inversement, les connaissances mathématiques de la plupart de ses interlocuteurs s'arrêtaient non pas à l'équation du second degré mais à la lettre "a" dès que celle-ci était censée représenter quelque chose de plus général qu'elle-même, on devine

le dialogue. C'est là que sa médaille Fields lui servait : d'abord elle mettait une borne à l'insolence et ensuite elle servait d'excuse à ne pas comprendre.

Cela étant, a-t-il fait ainsi des découvertes ? Je ne crois pas. Et même, on peut se poser une double question dont ses adversaires ne se sont pas privés car c'est une loi de nature : celui qui n'a pas de grand dessein est mortellement jaloux de celui qui en a un et il attend impatiemment sa chute. La double question est celle-ci : des deux façons d'appliquer la théorie des catastrophes, celle qui interprète une dynamique déjà connue et celle qui en cherche une parmi les faits observés, ne peut-on dire que la première est une tautologie et que la seconde est stérile ? Eh bien je ne le crois pas.

Tout d'abord, pour la raison que je donnais plus haut, à savoir que la théorie des catastrophes se heurte, comme toute nouvelle vision du monde, à la science acquise. Dans le cas présent c'est la dynamique hamiltonienne, la théorie des bifurcations, des singularités, et d'autres connaissances scientifiques.

Mais songez que les prévisions astronomiques de Copernic choquaient tout le monde et qu'en plus, ses prévisions étaient plutôt moins bonnes que celles de l'astronomie de Ptolémée. Songez que la théorie ondulatoire de la lumière de Huygens a été repoussée par Newton parce que la lumière devrait contourner les obstacles comme le son, alors qu'elle ne le fait pas (or elle le fait). Songez que la loi du corps noir de Planck violait la mécanique, l'électromagnétisme et les statistiques : c'est quand même une mauvaise réclame. Alors peut-on dire si la théorie des catastrophes, entre d'autres mains et dans d'autres temps, surmontera ou non ses difficultés ? Nous n'en savons rien.

Ensuite, il faut tenir compte du côté descriptif, intuitif de la théorie. On peut prendre pour exemple la cybernétique qui, les années passant, a fait entrer dans le langage et dans la représentation scientifique la notion de feed-back, beaucoup plus parlante que celle de système auto-entretenu et qui correspond à une vérité objective. Le mot catastrophe n'a pas ce degré de popularité mais il présente des qualités du même ordre car l'idée même d'articuler une description du réel autour de cette notion est suggestive et comporte une part de vérité qu'on ne saurait négliger.

La théorie des catastrophes est l'une de ces dangereuses et ambitieuses tentatives de description globale du monde comme la relativité

générale et le champ unitaire d'Einstein, la cybernétique, la double solution de de Broglie, qui partage avec la relativité générale l'idée de décrire la matière comme une singularité d'un champ (ondulatoire dans un cas, gravifique dans l'autre). Ces théories sont parvenues à des degrés divers d'achèvement mais il faut bien dire qu'à l'exception de la relativité générale, elles ont, pour l'instant, toutes échoué. Le miracle de la géométrie d'Euclide ou de la gravitation universelle de Newton ne semble pas se produire beaucoup plus souvent que tous les deux mille ans.

Mais Thom était de la grande catégorie. C'est pourquoi, quand Néel a exprimé le désir d'abandonner, en raison de son âge, la présidence de notre fondation et que je me suis adressé à Thom, il a aussitôt accepté (comme Néel l'avait fait avant lui) et il a ajouté avec un petit sourire : "Je sais que de Broglie est très critiqué mais ça m'est tout à fait égal". Il savait qu'ils étaient du même monde.

**René Thom a présidé la Fondation Louis de Broglie
de 1991 à 2000**

Avant de lui laisser la parole, je voudrais lui offrir ce petit florilège :

LA SCIENCE COMME AVENTURE DE L'ESPRIT

Louis de Broglie

“L’histoire des sciences montre que dans leur domaine, les plus grands progrès ont été effectués par des penseurs audacieux qui ont aperçu des voies nouvelles et fécondes que d’autres n’apercevaient pas. Si les idées des savants de génie qui ont été les promoteurs de la science moderne avaient été soumises à des commissions de spécialistes, elles leur auraient sans nul doute parues extravagantes et auraient été écartées en raison même de leur originalité et de leur profondeur.”

Louis Néel

“Je ne cacherai pas qu’emporté par mon imagination, j’ai été amené quelques fois à des conclusions que l’avenir devait démentir [...] Personnellement, je préfère explorer les forêts vierges que cultiver un jardin de curé.”

René Thom

“Ce qui limite le vrai n’est pas le faux mais l’insignifiant.”

Albert Einstein

- Question d’un auditeur à la suite d’une conférence d’Einstein:

“Et si la nature se révélait, contrairement à vos espérances, n’être pas simple?”

- Réponse d’Einstein:

“Alors je cesserais de m’y intéresser.”

Pasteur (et Platon)

“Le savant (le philosophe) est un homme qui sait s’étonner”.