

UN PACTE SINGULIER ENTRE MATHÉMATIQUES ET INDUSTRIE

David Aubin

L'enfance chaotique de l'Institut des hautes études scientifiques

DAVID AUBIN,
Centre de recherche en
histoire des sciences et
des techniques, Cité des
Sciences et de l'Industrie,
La Villette, Paris.

Comment concilier la recherche fondamentale avec les intérêts pratiques de ceux qui la financent ? Pour justifier les sommes investies, cette question a donné lieu à diverses stratégies employées par les scientifiques et leurs mécènes. Il y a quarante ans naissait un organisme au caractère paradoxal, l'Institut des hautes études scientifiques (IHES). Financé par la grande industrie française, privée ou nationalisée, il était exclusivement dédié aux mathématiques pures, à la physique théorique et à la méthodologie des sciences de l'homme. C'est en son sein que furent notamment développés la théorie des catastrophes, par le mathématicien René Thom, et le chaos déterministe, par le physicien David Ruelle. Où l'on voit comment l'activité mathématique des scientifiques entretient de subtiles relations avec son inscription sociale...

La Sorbonne, 27 juin 1958 : Joseph Pérès, doyen de la faculté des sciences, tient une réunion dans son bureau. Un homme prend la parole pour s'inquiéter de la fuite des cerveaux : « Il faut arrêter l'hémorragie française vers les Etats-Unis ». Quasiment inconnu de la communauté scientifique, cet homme s'appelle Léon Motchane. Né en 1900 à Saint-Petersbourg, il a émigré en Suisse en 1918, où il a poursuivi des études de physique et de mathématiques. Intégrant le secteur privé, il n'avait publié que quelques notes, vite oubliées, dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, lorsque, vers 1948, il s'était présenté au mathématicien Paul Montel avec quelques résultats⁽¹⁾. Ce dernier lui proposant de préparer une thèse de doctorat, il l'avait soutenue — à plus de 50 ans ! — en 1954.

Quatre ans plus tard, cet homme au parcours inusité propose ainsi à quelques professeurs de la Sorbonne et représentants de grandes sociétés françaises, assemblés dans le bureau de J. Pérès, de

créer un Institut des hautes études scientifiques (IHES), association sans but lucratif dédiée à la recherche fondamentale et subventionnée par le secteur privé. Pour P. Montel, « c'est Motchane qui en a pris l'initiative et qui s'est consacré avec succès à la recherche de ses moyens d'existence, [...] il est tout désigné pour en prendre la direction. » Gagnée d'avance, l'assemblée accepte dans l'enthousiasme : l'IHES est né.

Le modèle explicite de Motchane, c'est l'Institute for Advanced Study (IAS) de Princeton, dont il a rencontré le directeur Robert Oppenheimer peu de temps auparavant. Fondé en 1929, grâce à une donation unique de cinq millions de dollars, l'IAS devait être une tour d'ivoire pour mathématiciens et théoriciens⁽²⁾. En s'attachant des savants comme Albert Einstein, Hermann Weyl, Kurt Gödel et John von Neumann, l'Institut se propulsa rapidement à l'avant-scène de la science. Dès son arrivée, en 1946, Oppenheimer avait franchement accru les dimensions et la notoriété de l'IAS, le transformant en un lieu de passage quasi obligé pour jeunes docteurs prometteurs. « Pour quelqu'un qui a besoin de contacts, déclarera-t-il, ou s'est un peu trop embourbé dans l'enseignement et les responsabilités dans son université d'origine, une année, ou plus typiquement six mois, avec rien d'autre à faire que de la physique et plusieurs physiciens avec qui parler, c'est merveilleux. Voilà le rôle de cet endroit. »

Sans l'IHES, il y aurait un obstacle insurmontable empêchant de franchir le seuil entre la théorie et la pratique

Tel est le genre d'établissement que Motchane veut créer dans la banlieue parisienne : deux ou trois professeurs permanents dans chacune des trois sections (mathématiques, physique et sciences humaines), recevant un nombre plus important de professeurs invités, à qui, malgré leur titre, aucun enseignement ne serait imposé.

Mais la France de 1958 n'est pas le New Jersey de 1929 et, dès sa création, l'IHES se démarque, dans ses prémisses

fondamentales, de son modèle américain. En effet, Motchane n'a pas de riche mécène sous la main. Il n'est en mesure de réaliser son projet que sur la base d'une singulière alliance entre industriels et mathématiciens, ce qui l'obligera constamment à entretenir un consensus fait de deux prémisses essentielles : la liberté de recherche des professeurs de l'IHES d'une part, et la conviction que, malgré tout, leurs recherches impliquent, dans le long terme, des applications pratiques, d'autre part.

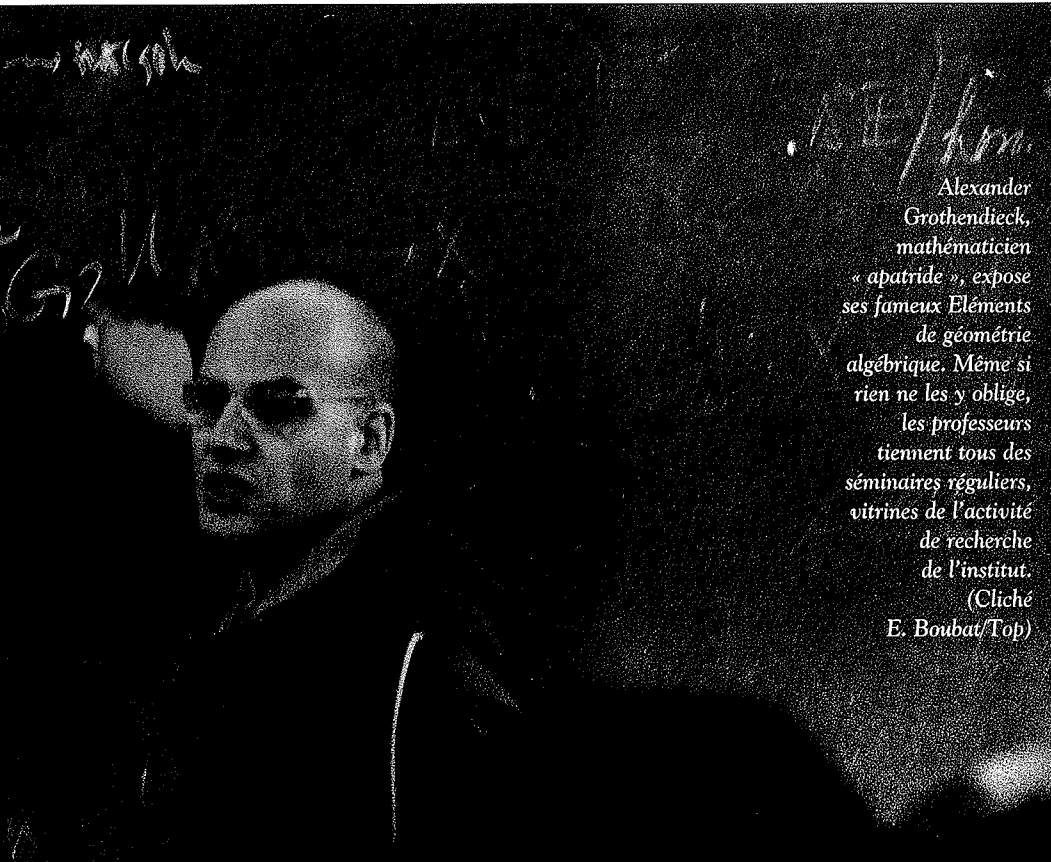
Par « recherche fondamentale », Motchane entend « limitativement les recherches faites sans préoccupations d'applications dans les domaines de mathématique pure, physique théorique et de méthodologie physico-mathématique des sciences de l'homme ». Dès le début, il estime qu'il est essentiel que « la direction scientifique de notre Institut [soit] entièrement libre et indépendante de toute influence financière. » Dirigé par l'assemblée des souscripteurs, l'IHES n'est soumis, concernant les décisions

La Recherche a publié :
(I) « 300 ans de science, les lieux de science », numéro spécial, juillet-août 1997.
(II) Ivar Ekeland, « La théorie des catastrophes », septembre 1977 ; « Relu vingt ans après par son auteur », septembre 1997 ; Michael V. Berry, « Les jeux de lumière dans l'eau », septembre 1978.
(III) Pierre Bergé, « Ordre et convection dans les fluides », décembre 1975 ; Pierre Bergé et Yves Pomeau, « La turbulence », avril 1980 ; David Ruelle, « Les attracteurs étranges », février 1980 ; Stéphan Fauve, « Les chemins de la turbulence », avril 1982 ; Monique Dubois, P. Atten et Pierre Bergé, « L'ordre chaotique », février 1987 ; Hermann Haken et Anne Wunderline, « Le chaos déterministe », octobre 1990 ; « La science du désordre », numéro spécial, mai 1991.

... scientifiques, qu'au seul comité scientifique composé du directeur, des professeurs et de personnalités savantes coopérées, à l'exclusion des bailleurs de fonds. Pourtant — et c'est la seconde prémisse rendant le consensus possible — les transferts de connaissances se faisant de plus en plus rapidement, cette recherche fondamentale est présentée comme désormais indispensable à la poursuite d'objectifs industriels. Et de rappeler la vitesse

velles structures, que rien n'est encore fixé⁽⁴⁾. En particulier, bien que nombre d'industriels se sentent directement concernés, ceux-ci sont partagés : certains souhaitent que la politique scientifique soit définie et gérée par le gouvernement, d'autres veulent tout de suite aller de l'avant, avec ou sans l'Etat dont ils se méfient parfois. Ce sont ces derniers qui fourniront l'essentiel des ressources nécessaires à la fondation de l'IHES.

Ponte, vice-P-DG de la Compagnie générale de télégraphie sans fil (CSF). Physicien normalien et père du radar français, Ponte participe alors activement aux réflexions politiques sur la recherche nationale. Mais les lourdeurs administratives l'agacent, il veut « *prouver le mouvement en marchant* ». Motchane a également su capter l'intérêt de Pierre Ailleret, directeur des études et recherches à l'EDF. Ce dernier s'en réfère au haut-commissaire à l'énergie atomique, Francis Perrin, lui-même un ardent promoteur de la recherche fondamentale. Convaincus par les deux prémisses de Motchane, ces administrateurs sentent bien qu'il leur faut s'allier.



Alexander Grothendieck, mathématicien « apatride », expose ses fameux *Éléments de géométrie algébrique*. Même si rien ne les y oblige, les professeurs tiennent tous des séminaires réguliers, vitrines de l'activité de recherche de l'institut. (Cliché E. Boubat/Top)

Les fondateurs de Bourbaki voient dans l'IHES un moyen supplémentaire de promouvoir les recherches qu'ils affectionnent

Le 18 juin 1958, Motchane écrit à Montel : « *En présence des réponses favorables qui se matérialisent en engagements précis, avec une louable monotonie, nous avons pris la décision [...] de procéder à la fondation de notre institut.* » De mars à juin, il ne lui a donc fallu que quelques mois pour s'assurer des moyens de son entreprise !

Mais encore lui faut-il des professeurs à cet institut et, en 1958, la France offre un terrain intellectuel singulièrement favorable. Cet été-là, au Congrès international des mathématiciens d'Edimbourg, après Laurent Schwartz et Jean-Pierre Serre, René Thom est le troisième Fran-

avec laquelle des découvertes théoriques avaient mené à la réalisation des piles atomiques et des transistors. Sans l'IHES, explique Motchane, il y aurait « *un obstacle insurmontable empêchant de franchir le seuil entre la théorie et la pratique : on mettra des années à former des interprètes capables d'instruire les techniciens* ». Bien sûr, les savants de l'IHES ne seront pas ces « interprètes », mais les séminaires qu'ils donneront à coup sûr, sans y être tenus, permettront aux spécialistes de l'industrie et de l'armée de le devenir.

En cette année 1958, la France, qui commence à goûter les fruits de la croissance, s'interroge sur la meilleure façon d'organiser la recherche. S'inspirant là aussi de l'expérience américaine, industriels et scientifiques rencontrent les politiques en vue de définir, à un niveau national, une « politique de la science⁽³⁾ ». Toutefois, la signification encore mouvante de cette catégorie en cours d'élaboration offre d'autant plus de possibilités à saisir, pour qui tente d'imaginer de nou-



En mars 1958, un comité d'organisation s'était mis en place, comprenant Motchane, Pérès, Montel, Oppenheimer et Fernand Picard, directeur des études et recherches chez Renault. Selon Motchane, « *le chef de file* » en était Maurice

Robert Oppenheimer, directeur de l'*Institute for Advanced Study de Princeton*, et Léon Motchane, directeur de l'IHES, répondent aux questions des journalistes en mai 1963 à l'occasion de l'installation de l'IHES à Bures-sur-Yvette. (Cliché tdr)

Motchane, CRAS, 218, 1949.

egis, *Who's Got Einstein's Office : Intricacy and Genius at the Institute of Advanced Studies*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1987.

alpin, *La Science et la France*, Gallimard, Paris, 1987 ; A. Prost, *Cahiers de l'histoire du CNRS*, 1, 41, 1987 ; J.-F. Picard, *La République des savants*, Éditions du Seuil, Paris, 1990.

q, *History and Philosophy of Science*, 12(4), 285, 1981 ; D. Pestre et F. Jacq, *Revue du travail*, 3, 263, 1987.

... çais à se voir décerner une médaille Fields — l'équivalent du prix Nobel en mathématiques, attribuée à deux (ou quatre) mathématiciens tous les quatre ans (voir encadré p. 103). Ce succès, la France le doit en grande partie au groupe de mathématiciens qui, sous le nom de Bourbaki, a su attirer les meilleurs représentants des générations suivantes⁽⁵⁾. Déjà en bonne voie d'asseoir leur domination sur les institutions traditionnelles, les fondateurs de Bourbaki voient dans l'IHES un moyen supplémentaire de promouvoir, hors de la rigidité des structures établies, les recherches qu'ils affectionnent. En

qui s'installe à l'IHES entre le purisme des mathématiciens et les soucis pratiques des sponsors industriels. Une tension qui ne sera pas sans conséquences...

Dans les premières années, l'installation reste modeste : deux bureaux loués de façon permanente à la fondation Thiers, à Paris, et une salle de séminaire un après-midi par semaine. L'IHES ne s'installera à Bures-sur-Yvette qu'en 1963. Malgré des débuts laborieux, il prend régulièrement de l'ampleur, et de plus en plus de visiteurs demandent à y venir sans même être payés. Dieudonné et Grothendieck font équipe, produisant, à partir de 1961, la somme des *Éléments de géométrie algébrique*. L'un des ouvrages mathématiques les plus cités des années 1960 à cause de la vaste ambition d'en faire « ce "lit", ou cette "rivière profonde", où viennent s'épouser la géométrie et l'algèbre⁽⁷⁾ », il fut aussi l'un des plus abstraits jamais écrits ! En 1966, Grothendieck obtient à son tour la médaille Fields, alors que ses travaux ont déjà fait de l'IHES un lieu de production mathématique des plus renommés⁽⁸⁾.

Loin de consolider le consensus, ce succès, au contraire, accentue le décalage entre les désirs des industriels et les travaux des mathématiciens. On frise le malentendu. Très tôt, dès décembre 1958, Pierre Besse et Léon Kaplan, représentants de BP et de Shell, s'étaient exprimés « sur l'organisation et sur les bases scientifiques et spirituelles du fonctionnement de l'IHES ». Visant à élargir la composition du comité scientifique pour y inclure des représentants de l'industrie et à définir « une politique de travaux et de recherche », leurs propositions avaient exaspéré Mot-

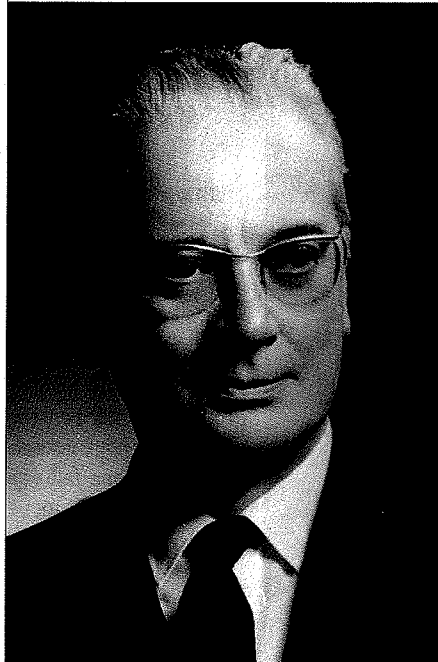
l'institut s'écarter des buts pour lesquels il a été créé : il est trop éloigné vers les mathématiques modernes. [...] Il résulte de cet état de choses que [...] l'institut ne recevra probablement pas en 1964 les contributions qui lui ont été accordées en 1963. » Réduisant sa subvention l'année suivante, il explique : « Il m'est simplement difficile, vis-à-vis de mes collaborateurs [...], de comprimer nos frais en continuant à plein un "mécénat" dont le placement "prospectif" apparaît comme très lointain. » En janvier 1966, Ponte, comme d'autres avant ou après lui, retire la subvention de la CSF.

Consensus ou malentendu, une véritable tension créatrice s'est pourtant établie à l'institut de Bures-sur-Yvette

Dans ce contexte, Motchane tente tant bien que mal d'entretenir le fragile consensus. « Fidèles à notre conception de la recherche fondamentale, déclarait-il par exemple en 1960, nous nous sommes tournés vers les problèmes nouveaux d'une grande généralité [...]. Il a appartenu à Grothendieck [...] de renouveler les méthodes de la géométrie algébrique, méthodes puissantes, originales, qui pourront servir avec succès ailleurs. » Quel est donc cet « ailleurs » ? En insistant sur l'unification des mathématiques, Motchane ne convainc guère et, malgré l'indéniable succès international de son institut, on mesure vite la distance qui le sépare des industriels.

Consensus ou malentendu, une véri-

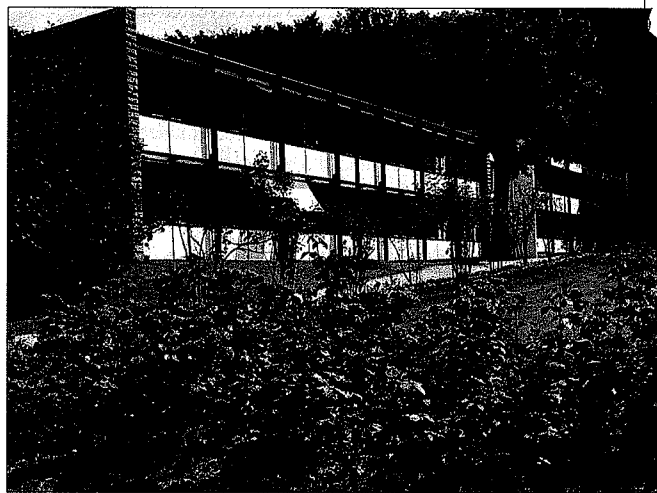
Autant par sa situation à la Compagnie générale de TSF (CSF) qu'au sein du Comité consultatif de la recherche scientifique (CCRST, « les 12 sages »), Maurice Ponte aidera Motchane à établir des ponts vers les milieux industriels et gouvernementaux.
(Cliché J.-L. Charmet/archives de l'Académie des sciences, Paris)



offrant un poste à Alexander Grothendieck, le meilleur poulain du leader de Bourbaki, Jean Dieudonné, Motchane convainc ce dernier de rentrer en France et de rejoindre l'IHES.

Pourtant — et c'est là le paradoxe capital qui sous-tend toute l'originalité de l'IHES — l'image des mathématiques défendue par Bourbaki semble bien difficile à conjuguer avec les soucis industriels. Voulant rénover « l'architecture des mathématiques », Bourbaki insistait sur la radicale autonomie de sa discipline vis-à-vis des applications, tout en affichant la conviction que l'axiomatisation est un moyen efficace d'atteindre les vérités profondes du monde réel⁽⁶⁾. Aussi lointaines soient-elles, les perspectives de rapprochement avec la réalité du monde industriel ne plaisent pas à tout le monde. En 1965, Grothendieck rapportera par exemple que « [Roger] Godement estime comme Schwartz que l'institut représente le début de la mainmise du capitalisme français sur l'université et est décidé à n'avoir aucun contact avec nous ! » Bien que motivées par des convictions politiques, ces prises de position soulignent la tension idéologique

Le site de l'IHES au Bois-Marie, à Bures-sur-Yvette : un agréable terrain fleuri, boisé et clos de murs, un pavillon de musique en guise de bibliothèque, une dépendance transformée en locaux administratifs... et des bâtiments préfabriqués pour les professeurs!
(Cliché E. Boubat/Top)



chane. Il s'était alors mis à envisager l'implication de l'Etat d'un autre oeil, préparant la voie à l'engagement financier définitif du Premier ministre Pompidou en 1965. Entre-temps, même les plus ardents supporters auront fait montre d'agacement. A la fin de l'année 1963, Ponte écrit par exemple : « Je crains que

table tension créatrice s'est pourtant établie à l'IHES, comme en témoigne le développement de la théorie des catastrophes par René Thom. Au début de 1970, Grothendieck sera séduit au point d'écrire que le topologue anglais E.C. Zeeman, un fréquent visiteur de l'institut, ayant « fait de grands efforts pour populariser les

(5) M. Andler, *Ecole normale supérieure. Le livre du bicentenaire*, Jean-François Sirinelli (dir.), PUF, Paris, 1994, p. 351.

(6) D. Aubin, *Science in Context*, 10(2), 297, 1997.

(7) A. Grothendieck, *Récoltes et semailles*, université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier, 1985, t. II, p. 43.

... idées de Thom sur les [...] "catastrophes" en sciences naturelles, il m'a convaincu de l'importance de ces idées et de la nécessité de les assimiler. [...] J'envisage sérieusement de mettre à profit les conditions de travail exceptionnelles que j'y trouve [à l'IHES] pour consacrer quelques années à acquérir certaines connaissances [en] physique et biologie avec l'espoir de pouvoir par la suite contribuer à une attaque interdisciplinaire de certains problèmes.» Qu'un Grothendieck — «unanimement considéré [...] comme l'un des plus terribles pourfendeurs des mathématiques appliquées⁽⁸⁾» — ait pu envisager de s'ouvrir aux sciences de la nature est assez surprenant pour que l'on s'interroge sur le caractère de l'institut ayant fourni un cadre à ce revirement spectaculaire.

Par son intransigeance, Bourbaki avait en effet imposé une dichotomie étanche entre mathématiques pures et appliquées, au prix d'affirmations péremptoires : «Pourquoi certaines des théories mathématiques les plus compliquées sont-elles devenues un outil indispensable

témoigne une lettre au Monde dans laquelle R. Godement se glorifiera de faire des mathématiques inutiles, soit, mais du moins inoffensives. Tour d'ivoire ou militarisme : que cette alternative a pu paraître perverse dans le climat issu de Mai 68 et de la guerre du Vietnam ! «Les mathématiques au service de l'ordre, lit-on dans les tracts de l'époque : un discours clos [...] terroriste dans lequel les scientifiques [sic] enferment leurs interlocuteurs ; [...] juger un discours sur sa seule cohérence interne, [c'est] n'accepter de naviguer que dans la mare des valeurs [...] de l'idéologie dominante.» Pour Grothendieck, qui démissionne en 1970 de l'IHES parce que 3,5% de ses subsides (soit 80 000 francs) proviennent des militaires, il faut donc quitter les mathématiques, fonder un mouvement écologiste et militer en faveur de la responsabilisation morale des scientifiques.

L'IHES fournira cependant le berceau d'une puissante alternative à cette dichotomie radicale. L'un des premiers «cobayes», «soigneusement sélectionné par

se sentant «plus assez actif mathématiquement», Dieudonné quitte l'IHES pour Nice, Thom est embauché par Motchane en 1963 et y incarne l'espoir d'occuper des secteurs peu marqués par le bourbakisme. «Il n'est pas du tout dans les intentions du Comité scientifique, écrivait Motchane, de laisser s'établir l'opinion que l'activité de notre institut est consacrée à une seule branche des mathématiques, [ni] que cette section est dominée par une chapelle.»

A l'IHES, Thom trouvera un environnement favorable à la réflexion indépendante, à l'échange d'idées, à la constitution d'équipes et à l'exploration des conséquences concrètes de ses théories. Le programme de recherche avec lequel il arrive à Bures reste pourtant très abstrait. Il s'agit de classer les singularités de fonctions réelles. Dans sa présentation conjecturale au séminaire Bourbaki, en mai 1956, il insistait déjà sur la distinction entre deux types de singularités selon qu'elles sont, ou non, stables, c'est-à-dire qu'elles subsistent lorsqu'on

on, *Entreprise*,
5/727, 25,
août 1969.

Bourbaki, *Journal of
Symbolic Logic*, 14, 2, 1949.

pu, n° 8, 1945, p. 2.
Je remercie Liliane Beaulieu
d'avoir procuré des
copies de la lettre interne
de Bourbaki.



au physicien [...] et au fabricant de bombes atomiques ? Heureusement pour nous, le mathématicien ne se sent pas obligé de répondre à de telles questions ni ne doit être tenu responsable de tels usages ou abus de son travail⁽⁹⁾.» Vingt ans après cette déclaration, en 1970, cette position gardera toute son actualité, comme en

[Henri] Cartan pour sa réceptivité notoire au virus bourbachique⁽¹⁰⁾ dès juillet 1945, René Thom s'était progressivement détaché de ses maîtres en s'orientant vers l'analyse et la géométrie et en dénonçant de plus en plus vivement le culte de la rigueur au détriment du sens en mathématique. Aussi, lorsque, ne

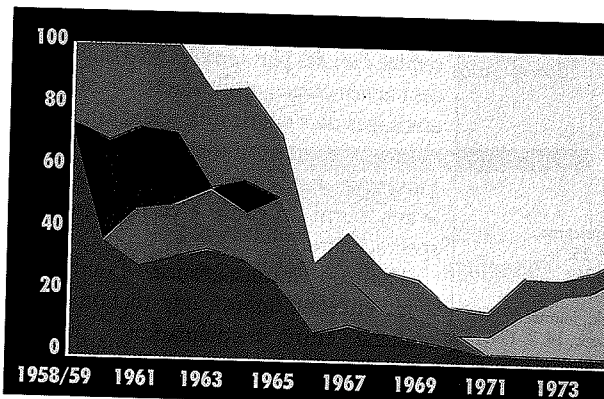
Au premier rang des auditeurs des séminaires, l'on retrouve souvent l'élite bourbakiste. Ici, l'on aperçoit Jean Dieudonné, Armand Borel de l'Institute for Advanced Study, et Jean-Pierre Serre, du Collège de France. (Cliché E. Boubat/Top)

... déforme suffisamment peu la fonction. Il accordera progressivement une grande importance méthodologique, puis philosophique, au concept de stabilité structurelle, introduit en 1937 par les mathématiciens russes A. Andronov et L. Pontrjagin. Censée être une propriété générique, la stabilité structurelle permettra la conception parallèle de programmes de classification topologique des singularités (et plus tard des catastrophes), par Thom, et des systèmes dynamiques, par le mathématicien américain Stephen Smale. Ces ambitieux programmes dépendent aussi, pour leur réalisation, de la possibilité de former des équipes de recherche. A Berkeley, Smale crée une brillante école de dynamiciens. De manière différente, Thom fait converger vers Bures les ressources dont il a besoin. C'est aussi à Bures qu'il rencontre Zeeman, de l'université de Warwick, qui, avant de devenir un célèbre propagandiste des « catas-

l'analyse classique, essentiellement linéaire, il y a le domaine pratiquement inexploré de l'analyse non linéaire ; là, le topologue peut espérer encore mieux utiliser ses méthodes, et peut-être sa qualité essentielle, à savoir la vision intrinsèque des choses. » De fait, dès le début des années 1960, Thom s'était engagé dans des expériences d'optique avec le physicien P. Pluvinaige et son assistant M. Goeltzene. En 1961, dans

suivante, propulseront cette théorie dans les médias, mais aussi provoqueront d'âpres controverses qui la créditeront. Tout en demeurant sceptiques vis-à-vis de l'échafaudage philosophique de Thom, d'autres topologues voient, dans son approche, une façon d'utiliser leurs outils afin de modéliser la nature. Ainsi, Smale s'attache-t-il à développer des modèles, en par-

Financement de l'IHES :
la part du secteur privé
français (rose foncé)
diminue rapidement
tandis qu'augmente celle
du secteur public
(en bleu, organismes
parapublics, en gris
ministères). Contribuent
aussi des organismes
internationaux (en vert)
et des fondations
étrangères (en jaune).



un musée de Bonn, il avait eu une révélation devant les modèles du développement d'un œuf de grenouille. « En voyant le sillon circulaire qui se formait pour se refermer par la suite, j'ai vu, par un phénomène d'association, l'image d'une [...] singularité. Cette sorte de "vision" mathématique a été à l'origine des modèles que j'ai ensuite proposés⁽¹¹⁾. »

En 1965, Thom prépare un manuscrit qui circule « souterrainement. » Publié en 1972, ce sera le célèbre *Stabilité structurelle et morphogénèse*, véritable manifeste de la théorie des catastrophes⁽¹²⁾. « Le modèle des catastrophes est à la fois beaucoup moins, et beaucoup plus qu'une théorie scientifique, écrit Thom ; on doit le considérer comme un langage, une méthode, qui permet de classer, de systématiser les données empiriques, et qui offre à ces phénomènes un début d'explication qui les rend intelligibles⁽¹²⁾. » Basés sur la topologie, ses modèles ne peuvent être, selon Thom, que qualitatifs ; ils ne fournissent donc pas de prédictions chiffrées contrôlables expérimentalement. Farouchement autonome vis-à-vis des applications concrètes, et malgré tout soucieuse du monde réel, la théorie des catastrophes cadre parfaitement avec la conception de la recherche fondamentale de l'IHES. Ce que Motchane ne se prive pas de faire remarquer, à maintes reprises, aux administrateurs...

Autour de Thom, plusieurs topologues s'intéressent à l'utilisation qu'ils peuvent faire de leur pratique dans divers domaines. Dès 1965, Zeeman produit de nombreux modèles « catastrophiques » (en hydrodynamique, en physiologie, en sociologie, etc.) qui, dans la seconde moitié de la décennie

culier en économie, et le mathématicien américain Ralph Abraham fera de l'approche thomienne la pierre angulaire d'un livre influent⁽¹³⁾. Tous, faut-il le souligner, visitent alors fréquemment l'IHES. Émerge ainsi un ensemble disparate de pratiques de modélisation s'attachant à l'étude des propriétés intrinsèques des phénomènes naturels à l'aide de notions topologiques.

Motchane s'attire les reproches d'Oppenheimer : « dans la physique théorique, la physique ne doit pas être négligée »

Comme le souligne Motchane en 1967, cette attitude permet « au mathématicien d'aujourd'hui, sans pour autant devenir un spécialiste expert dans une branche qui ne fait pas l'objet de ses études, d'en comprendre l'essentiel. » Encore fallait-il, pour faire de ces pratiques un outil efficace, que les experts se mettent à l'écoute de ces ambitieux topologues. Ce ne sera pas le moindre des succès de l'IHES que d'avoir permis, en dépit du rejet de la philosophie thomienne, que ces pratiques de modélisation soient reprises et transformées par des spécialistes d'autres disciplines, et en particulier des physiciens.

Dès sa fondation, il était clair que la physique théorique, comme les sciences humaines (qui ne s'établirent jamais vraiment à Bures), devait faire partie des champs d'étude de l'IHES. Mais, en 1958, le contexte français y était nettement moins favorable. Motchane avait été bien près de réussir un coup de maître en

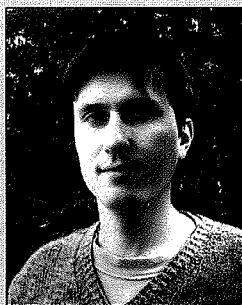
En 1973, au Canada, René Thom expose sa théorie des catastrophes. Le titre de sa conférence « La topologie et ses applications » signale la mutation profonde de l'une des branches les plus abstraites des mathématiques. (Cliché Memorial University of Newfoundland ; tdr)

trophes », suggère des modèles du vivant utilisant les outils de la topologie, cette généralisation de la géométrie née au début du siècle. Un réseau d'échange d'étudiants et de jeunes docteurs s'établit ainsi entre Berkeley, Warwick et Bures.

Déjà ces recherches mathématiques avaient d'autres buts que la simple classification d'objets abstraits. A Moscou, en 1966, Smale se voit décerner, lui aussi, une médaille Fields. Elle lui est remise par Thom qui déclare : « A côté de

NOUVELLE MÉDAILLE FIELDS À L'IHES

« Dépasse-toi et embrasse le monde » : cette citation attribuée à Archimède orne la médaille qui, tous les quatre ans, est remise aux quatre plus brillants mathématiciens de la jeune génération (moins de quarante ans). 42 médailles Fields ont été décernées depuis 1936. Cinq professeurs de l'IHES l'avaient déjà reçue (René Thom-1958, Alexander Grothendieck-1966, Pierre Deligne-1978, Alain Connes-1982, Jean Bourgain-1994). Un sixième vient d'être honoré par ses pairs lors du Congrès international des mathématiciens (icm) qui s'est tenu à Berlin au mois d'août. Né en 1964, Maxim Kontsevich a fait ses études à l'université d'Etat de Moscou, a obtenu un doctorat de l'université de Bonn en 1992, a été chercheur invité à Harvard, Princeton, Bonn et Berkeley avant d'être nommé



professeur à l'IHES en septembre 1995. Influencé par les travaux de Richard Feynman et Edward Witten, au carrefour des mathématiques (topologie) et de la physique, M. Kontsevich a étudié la théorie des cordes et la théorie des champs quantiques. Il a notamment démontré l'équivalence mathématique de deux modèles de gravitation quantique. Un autre résultat de Kontsevich a trait à la théorie des nœuds¹ : comme l'explique le communiqué de presse de l'icm, « bien que la théorie des nœuds fasse partie des mathématiques pures, il semble y avoir des applications scientifiques. Les structures de nœuds se retrouvent en cosmologie, en mécanique statistique et en génétique. » G.C.

(1) cf. Dana Mackenzie, « La géométrie de l'incertitude », *La Recherche*, mars 1998.

embauchant Murray Gell-Mann, le découvreur des quarks, qui avait finalement refusé son offre. En 1959-1960, l'IHES avait néanmoins accueilli une éphémère équipe de premier plan, rassemblant autour d'un jeune physicien de Princeton, Arthur Wightman, des physiciens travaillant à la théorie axiomatique des champs quantiques. En 1961, le physicien des particules français Louis Michel et l'Allemand Harry Lehmann, acceptent des postes permanents, le second décidant toutefois de rentrer bientôt dans son pays. Sur ces bases se forme alors une section de physique orientée vers ses aspects les plus mathématiques. Motchane s'attire vite les reproches d'Oppenheimer : « Dans la physique théorique, la physique ne doit pas être négligée ». Quand il rejoint l'IHES en 1964, le jeune physicien David Ruelle, marqué par le bourbakisme, ne fait qu'amplifier cette tendance. Jusqu'en 1968, il se consacre à la mécanique statistique et, selon son mentor, le théoricien zurichois Res Jost, « pour la première fois — cent ans après Ludwig Boltzmann et environ soixante-dix ans après Willard Gibbs — [en] établit finalement les fondations mathématiques ».

Thom et Zeeman étaient parvenus à nouer des contacts avec des physiciens fréquentant l'IHES (notamment Marcel Froissart et Jean Lascoux), autour de l'application de méthodes topologiques à la physique. En 1968, Ruelle commence à s'y intéresser à son tour. En visite à l'université de Californie à Irvine, il écrit à Motchane : « J'essaye

[...] pour l'instant de regarder certains problèmes d'hydrodynamique ou plus généralement de "phénomènes dissipatifs" d'un point de vue physique un peu analogue à celui de Thom. [...] Il y a une très bonne chance que rien ne sorte de tout cela, auquel cas je tirerai une ligne à la fin de mon séjour ici, je donnerai un séminaire et j'arrêterai les frais. » Comme on le sait, cela n'arrivera pas. L'article — « On the Nature of Turbulence » — qu'il écrira avec le jeune mathématicien hollandais Floris Takens, invité par Thom en 1969-1970, introduit la notion d'attracteur étrange qui, issue des travaux de Smale, propose une nouvelle explication, uniquement mathématique, pour l'apparition de la turbulence dans les fluides⁽¹⁴⁾. La turbulence n'est pas due au bruit, mais à la stabilité structurelle des attracteurs étranges, qui donnent lieu à des mouvements non périodiques. Quelques années plus tard, les physiciens J. Gollub et H. Swinney observeront effectivement de telles oscillations, invalidant ainsi l'ancienne théorie de la turbulence de Lev Landau et appuyant celle de Ruelle et Takens. Avec cette explication, la topologie faisait une entrée remarquée dans la physique des phénomènes communs, posant les jalons du chaos déterministe⁽¹⁵⁾.

Ainsi peut-on voir, dans le chaos déterministe, un prolongement pratique du discours philosophique que Thom avait construit à partir d'une théorie abstraite. Se servant de la théorie des systèmes dynamiques pour l'étude des comportements chaotiques, cette approche, dépouillée de ses ambitions philosophiques, a connu un succès

retentissant. Le contexte institutionnel a joué un rôle dans la façon dont se sont développées ces théories, mais aussi dans la manière dont elles se sont propagées et ont été adaptées par certains mathématiciens et physiciens. En insistant pour que la recherche fondamentale promue par l'IHES restât libre d'influences externes, tout en demeurant pleinement consciente des demandes du monde extérieur, ses fondateurs avaient favorisé l'émergence de théories visant non pas la prédiction, le calcul ou l'action, mais l'intelligibilité. Il est fascinant d'observer les analogies et les décalages entre l'idéologie de la recherche fondamentale, issue du consensus tissé par Motchane avec les bourbakistes et les industriels, et la science qui a effectivement été produite derrière les murs de l'IHES. Comment ne pas voir, dans la théorie du chaos, le lointain écho de ce pacte initial ? D.A. ■

Pour en savoir plus

- D. Aubin, « A Cultural History of Catastrophes and Chaos : Around the Institut des hautes études scientifiques, France », Ph. D. thesis, Princeton University, 1998 (travail financé en partie par le Conseil de recherche en sciences humaines du Canada et la bourse John C. Slater de l'American Philosophical Society).
- R. Thom, *Stabilité structurelle et morphogénèse*, Interéditions, 1977 [1972] ; *Modèles mathématiques de la morphogénèse*, Christian Bourgois, 1980 [1974].
- D. Ruelle, *Hasard et chaos*, Odile Jacob, 1991.
- I. Ekeland, *Le Calcul, l'imprévu*, Seuil, 1984.
- A. Dahan Dalmedico, J.-L. Chabert et K. Chemla (sous la dir. de), *Chaos et déterminisme*, Seuil, coll. « Points/Sciences », Paris, 1992.
- G. Israel, *La Mathématisation du réel*, Odile Jacob, 1996.

théorie
que au chaos
niste, en passant
mécanique
ue, le
n belge
Ruelle,
par la
on
xiste,
he la
matique
exposition
ories
es.
bat/Top)

