

1

ECHANGES

Mathématiques et interdisciplinarité dans la formation universitaire

par André LICHNEROWICZ

A travers nos universités, la formation des hommes et l'acquis des résultats de leur recherche se trouvent fragmentés en disciplines aux frontières mouvantes, à la définition tantôt fine et tantôt grossière. Mais il est clair que, dans son emploi courant, la notion de discipline relève simultanément de plusieurs conceptions philosophiques d'époques différentes, souvent contradictoires, et qu'elle recouvre aussi des fonctions différentes attribuées à l'université. Dans un texte préparatoire à la première encyclopédie moderne et que les Français nomment l'Encyclopédie, Diderot au XVIII^e siècle distingue "les sciences, les arts et les histoires". Pour lui, en gros, une science se veut effort de connaissance et d'expectation d'un champ de phénomènes, définie par ce champ et contribuant à la définir. Un art — nous dirions aujourd'hui une technique — est un faisceau de procédés, plus ou moins inspirés par des sciences, pour construire et agir. Une histoire est une description classificatrice du monde, univers physique (voir l'expression histoire naturelle) comme univers social. Au triplet sciences, arts, histoires, toujours inconsciemment présents, il conviendrait d'ajouter les disciplines "normatives" (droit ou grammaire au sens traditionnel par exemple) pour obtenir les étiquettes qui ornent encore les frontons des temples universitaires.

Au cours du XIXe siècle, le positivisme n'a fait qu'approfondir la définition d'une science par le champ des phénomènes observables auxquels elle s'intéresse. Ennemi de toute entreprise véritablement théorique, il se veut cramponné aux observables et ne visant qu'à les relier par des lois numériques. Les essais embarrassés de classification linéaire des sciences qu'il inspire apparaissent comme l'équivalent à l'époque moderne des analyses médiévales des "miroirs du Monde". Le XIXe siècle est aussi le temps où tous croient que les mathématiciens règnent sur la quantité et sur l'étendue. Mais si le positivisme a été trop longtemps et demeure encore la philosophie explicite de beaucoup d'hommes de science, il reste que nous savons désormais qu'il n'est pas et n'a jamais été la philosophie implicite de l'entreprise scientifique elle-même, dont l'ambition est tout autre. Le stade dit "positif" représente en fait un stade infantile de la science.

Une discipline n'est plus aujourd'hui, sauf à ses débuts, accumulation lente et prudente de faits et de petites lois qui les relient. Elle est d'abord méthodes et techniques, arsenal conceptuel aussi et élaboration d'un discours adapté à traduire ses conquêtes, plus encore elle est *point de vue privilégié* sur une fraction du monde et, par là, elle se révèle souvent *impérialiste* vis-à-vis d'autres disciplines concurrentes. Il en fut ainsi hier de la physique, aujourd'hui de la biologie qui, à travers l'écologie, vise la primauté de l'étude de tous les systèmes vivants, y compris ceux où participe l'homme. La sociologie, même marxiste, n'abandonne pas à l'économie ce qu'elle considère comme de son ressort propre et demande en vain ce que peut bien être la géographie humaine. L'histoire, au sens moderne du terme, se veut analyse et synthèses globales de civilisations et aucune activité humaine des dix derniers millénaires ne saurait, en droit, lui être étrangère ; d'où ses difficultés à définir son statut au contact, par exemple, des sciences sociales.

Cette exigence impérialiste, manifestée par une discipline, n'est pas en soi malsaine pour les autres ; elle les oblige à recevoir, à accueillir, à nuancer les points de vue, à utiliser concepts, méthodes et techniques venus d'ailleurs. Elle traduit l'impossibilité d'une définition spécifique des champs de phénomènes et, paradoxalement, l'unité de la démarche scientifique. C'est pour la discipline trop impérialiste qu'est le danger, si elle finit par transformer ses maîtres mots et ses maîtres concepts en idoles intellectuelles, risquant ainsi de perdre ses pouvoirs de renouvellement.

Il est certes possible de faire indifféremment, des mathématiques, de la physique ou de la biologie, de l'histoire, de la sociologie, de la linguistique ou de l'économie, *la discipline reine*, de prétexter qu'au début est l'être vivant, ou le langage, ou le raisonnement, ou la société des hommes, ou ses forces de production. Mais ces jeux sont vains. Le "*savoir-faire*" global que sont devenues au vrai notre science et notre technique ne supporte pas un point de vue privilégié unique sur lui-même, ce qui ne saurait que le figer.

Ayant ainsi mis en garde contre une tentation, je vais m'empresser d'y succomber pendant quelques instants. Ce que j'appelle ici *mathématique*, c'est tout l'ensemble des sciences déductives, logique, mathématiques au sens usuel, informatique théorique aussi ; en fait tout cela est homogène à la démarche mathématique et à son ambition de bâtir un type de discours "sans bruit de fond", cohérent et contraignant pour l'autre, capable par sa forme d'interdire le refus de son contenu.

La logique mathématique nous a appris, avec Gödel, que les mathématiques sont non seulement infinies vers l'aval — cela, nous le savions déjà depuis longtemps — mais aussi vers l'amont et que ce n'est que conventionnellement que nous plantons, ici ou là, un drapeau portant "Ici commence le pays des mathématiques". Au cours des cent dernières années, la mathématique s'est aussi étudiée elle-même, a pris conscience de ses ambitions véritables et des limites imposées à ces ambitions ; elle a porté partout témoignage, un témoignage aseptique sur le fonctionnement de notre esprit et sur les conditions de la communication, témoignage dont le point essentiel est le suivant : tout discours qui se veut totalement sans quiproquo, ni malentendu, tout discours sans bruit de fond ne peut être qu'un discours soumis à l'ascèse mathématique, c'est-à-dire en fait un discours mathématique. A qui étudie l'optique de la mathématique contemporaine sur elle-même, trois traits principaux apparaissent.

Ce qui frappe d'abord, je crois, c'est *l'absence d'un plan privilégié des êtres mathématiques*. Un ensemble est, si j'ose dire, un ensemble de n'importe quoi, de nombres ou de fonctions certes, ainsi aussi ensemble de phrases d'une langue, des tâches élémentaires d'un projet ou des échanges au sein d'une économie. Sur ces ensembles peuvent être définies des structures variées, structures de composition ou structures de voisinage, la notion même de structure se prêtant à une définition technique qui n'a

pas sa place ici. Entre ensembles peuvent exister des *dictionnaires parfaits*, respectant ou transposant des structures, ce qui nous conduit à la notion d'*isomorphismes* entre structures.

D'autre part, il y a absence, au sein de l'entreprise mathématique, de toute *idolâtrie de la chose en soi*. Le mathématicien travaille toujours à un dictionnaire parfait près et identifie souvent sans scrupules des objets de nature différente, lorsqu'un dictionnaire parfait ou isomorphisme l'assure qu'il ne ferait que prononcer deux fois le même discours dans deux langues différentes. L'isomorphisme se substitue à l'identité. L'Être se trouve mis entre parenthèses et c'est précisément ce caractère *non ontologique* qui confère aux mathématiques leur puissance, leur polyvalence, leur universalité. A la vérité, tout donné peut être considéré comme mathématisable dans la mesure où il se soumet à ce singulier traitement de l'isomorphisme, ou plutôt dans la mesure exacte où ce que nous négligeons ainsi ne nous importe pas. Nous pouvons toujours tresser un filet mathématique aux mailles arbitrairement serrées, mais d'où s'écoulera nécessairement l'onde de l'Être.

Un troisième caractère de la mathématique contemporaine est son *unité*. Par l'élaboration d'un langage commun et le dégagement des structures élémentaires communes, elle a brisé les vieux cadres historiques qui auraient tendu à la fragmenter en disciplines évoluant de manière divergente. C'est pourquoi il nous est permis de parler de la mathématique.

Pour le savant contemporain, c'est la science toute entière qui est une, en droit comme en fait. L'interdisciplinarité n'apparaît pas comme un produit de la mode, mais comme une nécessité stratégique pour le succès global de la recherche. Nous allons y revenir. Pour qui prend au sérieux la science et son unité, celle-ci nous apparaît comme un tissu indéchirable dont la trame est faite des résultats des analyses et des expériences privilégiées par lesquelles nous enserrons le réel, tandis que la chaîne procède de la démarche théorique, donc largement mathématique.

Nos mathématiques jouent là en fait à deux niveaux : elles peuvent être outil auxiliaire de presque toutes les disciplines, intervenant notamment dans l'analyse du réel soit par l'informatique, soit par l'approche statistique et probabilitaire. Elles peuvent se faire aussi *instrument véritable de pensée*. L'ambition de beaucoup de savants est l'élaboration d'un *modèle mathématique* permettant

de prévoir, de dominer, à une approximation aussi grande que possible, une classe de phénomènes aussi large que possible. Ce n'est que lorsqu'un modèle a pu être construit que nous considérons qu'il y a véritablement explication et dénouement de la complexité des apparences. L'introduction de la notion de modèle appelle quelques réflexions.

Tout d'abord, savoir mettre les mathématiques à son service consiste aussi à ne pas leur faire dire plus qu'elles ne peuvent, à mettre en pleine lumière, de manière correcte, les présupposés et les approximations propres à chaque domaine. D'hypothèses trop éloignées de l'expérience, on ne tire, mathématiquement ou non, que des sottises.

D'autre part, il importe de ne pas succomber à une tentation, comme nous le faisons trop souvent : *identifier modèle et réalité*, confondre par exemple l'espace de la géométrie euclidienne et le substratum où jouent les phénomènes physiques. Tel modèle traduit au mieux, à un certain degré d'approximation, ce que nous pouvons dire aujourd'hui de sérieux sur tels phénomènes physiques ou économiques. Demain il sera englobé dans un nouveau modèle plus satisfaisant, mais que nous n'avons plus de raison d'identifier au réel. Gardons-nous de l'idolâtrie des modèles.

Pourrais-je indiquer un exemple privilégié : une théorie abstraite des échanges a pu être bâtie qui s'applique aussi bien aux échanges physiques qu'aux échanges économiques. Ainsi l'économie d'échange et la thermodynamique ont reçu un cadre commun où s'identifient prix et potentiels thermodynamiques. Une certaine forme de l'économie de production, à technologie fixe, trouve son analogue dans une cinétique chimique rigoureuse. On voit l'intérêt de tels modèles polyvalents, à interprétations variées, qui permettent l'échange des intuitions et l'unité des voies d'approches.

Que conclure ? Essentiellement, me semble-t-il à l'homogénéité de l'activité théorique à travers science et technique, indépendamment des domaines où elle s'exerce. C'est le développement et l'adaptation de cette activité théorique — voir par exemple la programmation convexe contemporaine, la théorie du contrôle optimal ou la théorie des jeux — qui supposent et imposent ce que j'appellerai la transdisciplinarité. C'est ainsi une démarche unique, théorique et expérimentale qui nous conduit à comprendre et à agir, qui inspire "sciences et arts", les pouvoirs acquis se révélant les garants de notre intelligence des phénomènes et nous permettant, sans rien perdre, de tout remettre en question.

Comment ces vues doivent-elles influencer toute formation universitaire ? Les universités modernes sont nées au début du XIXe siècle, de pensées convergentes en Allemagne et en Angleterre, pensées qui ont ici créé, là le plus souvent modifié. En un siècle, la formule universitaire a envahi le monde et s'est révélée l'un des plus puissants instruments de développement d'une région. Une université est un organisme social *qui doit assurer simultanément* trois fonctions en étroite interaction les unes avec les autres :

une formation générale des hommes — jeunes ou non — à un haut niveau

une formation professionnelle dite supérieure

une recherche fondamentale désintéressée capable de faire évoluer la connaissance.

Si l'une de ces trois fonctions manque, ce n'est pas une université, mais autre chose, quelque chose qui peut être estimable, mais dont la vocation est volontairement bornée.

La formule universitaire présente dans le cadre d'un Etat-nation des difficultés particulières : une université doit s'incarner vigoureusement *dans sa région*, contribuer largement au développement de ses hommes et de ses réalisations, mais elle doit aussi rayonner *à travers le monde*, faire connaître ses hommes et ses travaux, manifester son originalité. Son territoire exact ne coïncide presque jamais avec celui d'une nation, mais est défini par une ou plusieurs civilisations et les interactions. Ces nécessités ne facilitent pas, dans un monde fait de nations, l'action universitaire. Mais la formule s'est révélée d'une telle efficacité sociale à la fois dans la formation des hommes et dans la quête des savoirs qu'elle s'est imposée et s'impose toujours. Nous avons pu voir en France l'Ecole Polytechnique, aux Etats-Unis par exemple le M.I.T., créés avec une vocation différente, dériver fortement vers la formule universitaire et devenir désormais des universités. Il est fort important que chacun ait conscience des trois fonctions des universités et ne laisse jamais cette prise de conscience s'estomper.

Avant d'en venir à la formation, disons quelques mots de la recherche. *Recherche : ensemble des travaux, des activités intellectuelles qui tendent à la découverte des connaissances, de méthodes, de lois nouvelles*, dit le plus sérieux des dictionnaires français. Pour les uns, la motivation première de la recherche est le besoin de connaissance, l'ambition de la découverte du non-connu, notam-

ment dans le triple domaine de l'infiniment petit, de l'infiniment grand et de l'infiniment complexe (physique ou social), tous mesurés à l'échelle de l'homme. Pour les autres, la finalité première est *le faire*, tout le discours de la Science n'ayant qu'un rôle d'infrastructure ou de superstructure selon les moments.

Il convient, je crois, qu'il y ait, dans les universités ou hors d'elles, des hommes qui tiennent *le langage un peu provocant* que je vais tenir. La recherche fondamentale, pour quoi faire ? Réponse générale : *pour rien, sinon pour elle-même*, et s'il en est ainsi, tout nous sera donné par surcroît, y compris la formation générale des hommes. Le type de civilisation qui est né en Grèce, qui s'est largement développé au sein de la culture arabe, puis de l'occident et qui, sous l'aspect envisagé ici, a envahi peu à peu l'humanité toute entière est venu de gens qui aimaient se poser des questions, questions sur le fonctionnement de l'esprit, sur les possibilités du discours, sur l'adéquation de l'esprit et du monde et qui ne se satisfaisaient point d'histoires (au sens où Diderot employait le terme), mais se voulaient contraints par des processus convergents, cohérents, nécessaires. Au fil des siècles, le besoin scientifique est devenu un besoin primaire de l'homme et notre civilisation vit de science, comme elle a besoin pour vivre de musique, d'art plastique, ou de poésie.

Le lieu privilégié de la recherche fondamentale, de la quête de connaissance est une université. Sans elle, une université ne serait qu'un lycée supérieur, ou une Technische Hochschule. Inversement c'est toujours dans une université qu'elle trouve son milieu d'élection. Puis-je insister sur le fait que, contrairement à ce qui est souvent dit, la vraie recherche de pointe est *la recherche légère* et non pas la recherche lourde à laquelle nos sociétés ont souvent fait la part trop belle. Le rôle d'un vrai scientifique n'est pas de se transformer en gérant ou ingénieur d'une pseudo-usine à recherche. La recherche légère nécessite des moyens sûrs, mais relativement peu coûteux, sauf en hommes ; cette recherche peut être vraiment celle du non-connu et elle a d'abord besoin de s'épanouir d'un milieu favorable. Une université qui dispose de quelques points forts en recherche, les uns adaptés à son territoire, les autres d'intérêt général, contribue par cela même à la formation des siens, enseignants et étudiants.

Venons-en enfin à la formation. Les universités d'aujourd'hui doivent s'efforcer de former des hommes à la fois *autonomes* (ne

fût-ce que pour préserver leur activité propre et celle de leur société) et aptes à s'intégrer souplement à une activité collective complexe, ce que j'appellerai un *projet*.

Dans l'énorme majorité des cas, la formation des hommes, aussi bien générale que professionnelle doit transcender les disciplines, doit se faire pluri, inter ou transdisciplinaire. Si les disciplines représentent, comme nous l'avons vu, des modes de classifications commodes de champs de phénomènes ou d'actions, si elles se présentent comme des commodités bureaucratiques, ou dessinent des groupes de pression soudés par l'inceste intellectuel ou corporatif, elles sont de mauvais instruments pour l'analyse des activités elles-mêmes. La quasi-totalité des secteurs professionnels sont, par nature, pluridisciplinaires, comme l'atteste l'analyse des plus anciens métiers (médecins, ingénieurs, architectes...). Ne fait pratiquement exception à cette règle que la profession d'enseignant d'une discipline. Le chercheur lui-même (l'enseignant aussi à vrai dire) doit toujours bénéficier de clartés sur les disciplines voisines.

Il convient de créer pour la grande majorité des étudiants un petit nombre de filières correspondant chacune à un large spectre d'activités professionnelles, et par nature interdisciplinaires, basées sur les trois principes suivants que je me borne à esquisser.

Pour la majorité des étudiants, trois activités distinctes, exercées pendant des temps sensiblement égaux, devraient concourir à la formation :

1) Techniques d'expression et de représentation. Initiation mathématique recouvrant : informatique élémentaire, structures algébriques, éléments de programmation, de statistiques et de probabilités.

2) Savoir-faire concernant deux champs de phénomènes physiques ou sociaux. Analyse des faits, acquisition des méthodes, des concepts, des techniques principales.

3) Participation à un projet mené par l'université, de préférence de nature interdisciplinaire ; on peut multiplier les exemples : projets concernant l'agriculture, l'aménagement du territoire, les transports, l'urbanisme, le fonctionnement d'une collectivité, études économiques ou démographiques, élaboration d'un projet précis d'enseignement programmé, projet de recherche légère.

En résumé, partout à travers le monde, notre université présente forme une trop grande proportion de spécialistes de disciplines prédéterminées, donc artificiellement bornées, alors qu'une grande partie des activités sociales, comme le développement même de la science, demandent des hommes capables à la fois d'un angle de vue beaucoup plus large et d'une focalisation en profondeur sur des problèmes. Ces projets nouveaux transgressent les frontières historiques des disciplines. Ce sont ces hommes qu'il faut nous former.