In Y. Lenoir, J. Bourque, A. Hasni, R. Nagy & M. Priolet (Eds.), Les finalités éducatives scolaires. Pour une étude critique des approches théoriques, philosophiques et idéologiques. T. 2 : Conceptions des finalités et des disciplines scolaires chez des enseignants du primaire. Une étude comparative internationale (pp. 353-371). Saint-Lambert : Éditions Cursus universitaire. 2020.

Chapitre 12

Les finalités éducatives scolaires en mathématiques : présupposés, égarements et quelques pistes pour retrouver la voie

Luis Radford

Introduction

Àu mois de septembre 2017, l'Office de la qualité et de la responsabilité en éducation de l'Ontario (OQRE) publiait les derniers résultats de ses tests normalisés. Les résultats mettaient en évidence le fait que seulement la moitié des élèves de sixième année avait atteint la norme provinciale en mathématiques. La situation n'avait pas changé par rapport à l'année précédente, malgré le fait que la province avait investi 60 millions de dollars pour améliorer les résultats des élèves en mathématiques. À la suite à l'annonce faite par l'OQRE, j'ai reçu plusieurs appels téléphoniques en provenance de programmes de radio et de journaux. On me demandait ce qui était en train de se passer. Un journaliste se disait inquiet, étant donné, disait-il, l'importance des mathématiques dans la vie de tous les jours. Mais il avait aussi un autre point d'inquiétude : son fils ne montrait guère d'enthousiasme pour apprendre les mathématiques. Le journaliste soutenait que, sans les connaissances adéquates en mathématiques, il est difficile de naviguer proprement dans la société d'aujourd'hui.

Les propos du journaliste vis-à-vis de l'importance des mathématiques dans la société contemporaine n'ont rien d'idiosyncratique. C'est, je dirais, l'avis de l'opinion générale. C'est une opinion véhiculée par les médias et eux-mêmes finissent par y croire.

Bien sûr, il est vrai que seulement la moitié des élèves de sixième année de l'Ontario ont atteint la norme provinciale en mathématiques. Il est aussi vrai que la province a investi 60 millions de dollars dans une série de stratégies pour améliorer le rendement des élèves. Et il est même vrai que les mathématiques sont devenues importantes dans maintes sociétés contemporaines. Il suffit de voir les tests internationaux comme ceux conduits par le programme pour l'évaluation internationale des élèves (Programme for International Student Assessment, PISA) de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Sur quoi portent ces tests ? Ils ne portent pas sur les connaissances des élèves en arts, en histoire, en philosophie ou en sociologie. Ils ne portent pas sur ce que savent les élèves au sujet de la distribution de la richesse autour de la planète. Comme les tests de l'OQRE, les tests PISA portent sur les mathématiques, les sciences et la langue. La question est, alors, pourquoi les mathématiques ? De manière plus précise, pourquoi l'éducation mathématique des jeunes générations est devenue une des finalités les plus précieuses de l'éducation scolaire aujourd'hui ?

Dans la première partie de ce chapitre, je présente une esquisse historique des finalités de l'éducation mathématique. Cette première partie est divisée en deux sections. La première porte sur le rapport entre les mathématiques et la société. J'y présente un argument selon lequel les mathématiques pratiquées dans une société à un moment historique donné sont porteuses des idées et des intérêts des classes ou des groupes détenteurs du pouvoir. De plus, je soutiens que deux éléments fondamentaux dans le maintien et l'exercice du pouvoir dans une société consistent, primo, à identifier les besoins que la société veut satisfaire et, secundo, à organiser la transmission et la diffusion des savoirs (mathématiques ou autres) aux jeunes générations. C'est ici qu'apparaît le rôle de l'école. Mon argument est illustré à l'aide de deux exemples provenant des mathématiques mésopotamiennes et des mathématiques de la Grèce antique.

La deuxième section de cette première partie du chapitre commence à rentrer dans le vif du chapitre : les finalités éducatives scolaires en mathématiques. Cette section porte sur une période plus récente : la fin du XIX^{e} siècle et le début du XX^{e} siècle. Cette période est importante pour notre discussion, car c'est à ce moment que l'éducation mathématique va se profiler comme un projet sociétal explicite. C'est le moment de la création du premier journal consacré à l'enseignement des mathématiques. Le titre du journal ne devrait pas être une surprise : *L'enseignement mathématique* (Corey, Furinghetti, Gispert, Hodgson et Schubring, 2003). C'est aussi le moment de la création de la Commission internationale pour l'enseignement mathématique (CIEM/ICMI) (Menghini, Furinghetti, Giacardi et Arzarello, 2008). Alors que le journal est fondé en 1899, la CIEM/ICMI est fondée en 1908.

Le survol historique de la première partie du chapitre nous aide à mieux comprendre l'intérêt économique et politique que suscite l'éducation mathématique des futures générations.

Dans la deuxième partie du ce chapitre, je réalise un survol des finalités de l'éducation mathématique aujourd'hui, tout en montrant les contradictions qui habitent le projet éducatif d'où émanent ces finalités. Ces contradictions, pour le dire rapidement, proviennent d'une transformation progressive qui a fini par réduire l'école en un lieu de formation au marché du travail, transformation qui a réduit du même coup l'élève en un capital humain.

Dans la troisième et dernière partie de ce chapitre, je propose une redéfinition de l'éducation en général et de l'éducation mathématique en particulier. L'éducation n'y est pas conçue sous un angle technique ; elle est conçue plutôt comme un projet de société dont le but est la production de sujets responsables, critiques, éthiques et engagés.

1. Mathématiques et société

L'articulation entre mathématiques et société a été un des thèmes centraux du travail entrepris par le sociologue des mathématiques Sel Restivo (1992, 1993). Contre les platoniciens et les formalistes, Restivo soutenait que

> [l]es fondements des mathématiques ne se situent pas dans la logique ou les systèmes d'axiomes, mais plutôt dans des formes de vie. La mathématique incarne des mondes mathématiques, et les mondes mathématiques sont configurés par des mondes sociétaux et culturels (Restivo et Bauchspies, 2006, p. 209).

En effet, les mathématiques ont toujours été façonnées par les structures économiques, sociales et symboliques à l'intérieur desquelles elles ont été pratiquées et développées. Bien que sans être nécessairement formulé de cette manière, cet argument apparaît dans le travail de Sohn-Rethel (1978), *Intellectual AMD manual labour*, où son auteur suggère que la source originale de l'abstraction (mathématique et autre) est à trouver dans la production matérielle de la vie et dans l'échange des biens ainsi produits. L'argument en question réapparaît dans maints travaux contemporains sur l'éthnomathématique (D'Ambrosio, 2006).

C'est à l'intérieur des structures économiques, sociales et symboliques d'un peuple que se définissent, en effet, les besoins à satisfaire par ce dernier. Et c'est à l'intérieur de ces mêmes structures que sont aussi définies les "manières" de satisfaire ces besoins. Ces "manières" sont en fait des "manières de faire" : elles apparaissent comme des "savoirs". Elles sont inéluctablement rattachées à une superstructure symbolique (Castoriadis, 1975 ; Lizcano, 2009 ; Radford, 2008) et aux questions du pouvoir (Foucault, 1980) – sa distribution, son maintien et son exercice.

Un élément central dans le processus social pour rendre les savoirs d'une culture en opération constante, c'est justement la création d'espaces organisés assurant leur transmission et diffusion. Prenons deux exemples. Le premier est celui des mathématiques développées dans les civilisations mésopotamiennes de l'antiquité. Le deuxième est celui des mathématiques chez Platon.

Premier exemple – Les mathématiques pratiquées dans les civilisations mésopotamiennes de l'Antiquité ont été une réponse aux besoins posés par l'administration des cités dans des domaines comme la mesure et la distribution des champs, la collecte des taxes, le calcul de distribution de nourriture, etc. (Høyrup, 2007). L'un des plus vieux problèmes mathématiques qui nous soit parvenu (un problème mathématique du 3e millénaire av. J.-C., retrouvé par une mission archéologique en Syrie et qui porte sur une quantité de grains (exprimée en une mesure appelée gú-bar) dit ceci : « Étant donné que vous devez avoir 1 gú-bar pour 33 personnes, combien [de gú-bar] devrez-vous avoir pour 260 000 personnes ? » (Friberg, 1986, p. 19).

Ce petit problème de division n'aurait pas été possible s'il n'y avait pas eu quelque chose à partager ainsi que des personnes possédant ce qu'il y avait à partager (les grains) et un système de distribution des richesses donnant à d'autres personnes le droit de recevoir les portions partagées. En d'autres mots, ce petit problème de division renvoie à toute une organisation sociale, économique et symbolique.

Pour pouvoir composer avec des problèmes comme celui-ci et d'autres problèmes plus complexes, il a fallu produire socialement des savoirs et ainsi répondre aux besoins administratifs mésopotamiens. Ces savoirs devaient être diffusés de manière systématique et organisée, ce qui a été fait dans les endroits fréquentés par les scribes, à savoir les écoles mésopotamiennes ou « Maisons des tablettes ».

Ce que nous venons de dire des mathématiques pratiquées en Mésopotamie vaut aussi pour les mathématiques pratiquées dans d'autres cultures et durant d'autres périodes de l'histoire. C'est le cas des mathématiques mercantiles produites et pratiquées par les maîtres d'abaque à la Renaissance et dont le but était de satisfaire la foule de problèmes de vente, investissement, etc., apparus lors de l'émergence du capitalisme occidental à la fin du Moyen-Âge. Ces mathématiques ont été aussi porteuses des idées et des intérêts des groupes en contrôle des moyens de production matériel (Radford et Empey, 2007). Et c'est aussi le cas des mathématiques aristocratiques de Platon, qui est le deuxième exemple que nous voulons discuter ici.

Deuxième exemple – Pour Platon, les mathématiques n'avaient pas pour but de résoudre des problèmes pratiques. Pour lui, il s'agissait plutôt d'entreprendre la restauration du monde grec dirigé auparavant par une "élite cultivée" (Levi, 1974, p. 58). C'est à l'intérieur d'une lutte sociale et politique d'une classe qui avait perdu peu à peu son pouvoir – une classe qui, suite à la guerre du Péloponnèse, se trouvait de plus en plus confrontée à un monde en turbulence influencé par les sophistes et leur relativisme épistémologique ; une classe qui méprisait le changement social et politique, le labeur pratique, le commerce et toute activité mondaine – que Platon formula sa philosophie des formes permanentes et son idée concomitante de la vérité comme quelque chose d'immuable, parfait et éternel. L'Académie, qu'il fonda autour de l'an 387, a joué un rôle de production et de diffusion du savoir similaire à celui qu'ont joué les écoles des scribes en Mésopotamie : c'est ainsi que Platon voyait l'Académie comme un espace « to instruct a new generation to become the legislators and the aristocratic statesmen of a future world » (Levi, 1974, p. 60). Et c'est ainsi que Platon considérait que « [t]he study of mathematics is good for turning [away from the sensible world] the souls of the future philosopher-kings » (Roochnik, 1994, p, 560).

Pour résumer, ce que nous venons de dire ne fait qu'illustrer le fait que le savoir que produit et diffuse une société est façonné par les structures économiques, sociales et symboliques de la société en question. Le savoir est porteur d'idées et des valeurs des classes ou des groupes qui gouvernent la société. Dans ce sens, le savoir nous renseigne sur des problèmes sociétaux dont il se veut une réponse. Le savoir nous renseigne aussi au sujet des manières dont il est idéologiquement exprimé. L'expression idéologique de ce savoir, y compris le savoir mathématique, trouve sa plus claire formulation dans la forme et les finalités que prend l'école. Et c'est justement cette question qui nous intéresse ici, en particulier dans le cas des mathématiques. La question n'est pas simplement de savoir à quels besoins les savoirs répondent, mais aussi, et surtout, qui ou quel groupe parmi les différents groupes qui constituent toujours une société formule ces besoins. Dans la section qui suit, nous restons encore dans le domaine de l'histoire, sans quoi, comme on le verra plus tard, il serait simplement impossible de comprendre le présent.

2. Mathématiques et industrie

Pour bien comprendre les finalités de l'éducation mathématique aujourd'hui, il nous faut commencer par nous placer vers la fin du XIXe siècle et le début du XXe siècle. C'est précisément à cette époque que le progrès d'un pays devint synonyme de progrès technologique. En effet, aux yeux des individus de l'aube du XXe siècle, un peuple civilisé était celui dont les moyens de production économique reposaient sur une industrie et une technologie "de pointe", c'est-à-dire sur une économie de production de masse, une économie basée sur la production industrielle.

On réalisa à cette époque, avec une clarté sans précédent, le rôle capital des mathématiques dans le processus d'industrialisation des pays. C'est justement cette idée qu'exprime en 1914 l'éminent mathématicien français Émile Borel : « Sans les principes de la mécanique, la géométrie analytique et le calcul différentiel, rien n'existerait de ce qui constitue la civilisation moderne » (Borel, 1914, p. 205).

Et c'est ainsi qu'on prend conscience que le futur d'un pays repose sur une éducation mathématique adéquate à l'école. Le progrès d'un pays, entendu comme l'a fait la modernité occidentale, c'est-à-dire le progrès technologique, ne pouvait être atteint sans assurer une éducation mathématique et scientifique à ses nouvelles générations. La conséquence était que les mathématiques ne pouvaient plus continuer à être considérées un luxe pour les élites. Il n'y avait pas de doute : le succès de la nation civilisée dépendait des mathématiques.

L'engagement de plusieurs pays dans la voie du progrès technologique a eu une répercussion importante dans la conception des mathématiques scolaires et de ses finalités et il a défini la voie qu'on a prise jusqu'à aujourd'hui.

La didactique des mathématiques a émergé directement du besoin de repenser le curriculum et des besoins de préparation des futurs enseignants des mathématiques. Cette didactique apparaît en même temps qu'on procède à remanier les heures consacrées aux mathématiques à l'école. En faisant référence au cas de la France, Schubring (2003) note que

> durant la plus grande partie du XIX[e] siècle, il n'y a pas eu d'enseignement régulier des mathématiques [...] plutôt [son enseignement] était réduit à quelques notions dans les premières années [de la scolarité] et une instruction concentrée vers la fin de l'école (p. 52-53).

Schubring montre, en effet, que dans les classes de début de l'école secondaire (sixième, cinquième et quatrième), les mathématiques en 1885 s'enseignaient une heure par semaine, ce nombre passant à quatre heures à la fin de la scolarité où les mathématiques faisaient partie du cours de philosophie (*Ibid.*, p. 51). Toutefois, avec les changements économiques de la fin du XIX[e] siècle qui ont sous-tendu l'industrialisation mentionnée auparavant et qui ont exigé une éducation mathématique plus approfondie afin de faire face à la formation des techniciens et des scientifiques au service de l'industrie, on trouve en France, en 1902, un changement radical dans le plan d'études de l'école secondaire, surtout avec la création de plusieurs "sections" d'études. Dans les premières sections, on continue à mettre l'accent sur les études classiques, alors que dans les autres sections, la priorité est donnée aux sciences où entre 11 et 18 heures par semaine sont attribuées à l'enseignement des sciences et des mathématiques.

Ce changement dans l'organisation scolaire n'est pas allé sans problèmes. Les enseignants des études classiques voyaient un danger dans la primauté qu'acquéraient les mathématiques. Dans son discours d'ouverture à la Conférence internationale sur l'enseignement des mathématiques, donné par le mathématicien Gaston Darboux en 1914, celui-ci raconte une anecdote qui illustre le sentiment suscité par la nouvelle organisation scolaire. Darboux, président perpétuel de l'Académie des sciences de France, mentionne le cas d'un enseignant de littérature qui commentait avec beaucoup de chagrin le fait que les sciences étaient en train d'envahir le monde. Cet enseignant disait que « [l]es mathématiques sont quelque chose de bien envahissant » (Darboux, 1914, p. 193).

Les changements au programme d'études scolaire que je viens de mentionner ne sont pas propres à la France. Il y a eu, à cette fameuse époque, un accord partagé par plusieurs nations (y compris les nations européennes et les États-Unis) qu'on était sur la bonne voie de développement. On pourrait dire qu'on vivait à l'époque avec un sentiment qu'on avait trouvé la voie vers une deuxième renaissance. En effet, la modernité de l'aube du XXe siècle épousait une vue du monde d'après laquelle toutes les nations devaient travailler ensemble vers un même but, un grand réseau d'individus travaillant ensemble et vivant en harmonie civilisée. Dans un article écrit par Darboux à peine quelques années avant la Première Guerre mondiale, le mathématicien français disait :

> [L]es nations se rapprochent de plus en plus les unes des autres, elles tendent de plus en plus à former une humanité civilisée, un concert de peuples dans lequel chacun doit s'attacher à exécuter sa partie de manière à concourir à l'harmonie de l'ensemble et au bien de tous (Darboux, cité par Nabonnand, 2003, p. 231).

C'est ainsi qu'on voit à cette époque apparaître des réformes aux programmes d'études dans plusieurs pays. La Commission internationale de l'enseignement des mathématiques (CIEM/ ICMI), fondée en 1908, va tenir des conférences périodiques pour échanger des idées et des informations sur les réformes autour du monde sur l'enseignement des mathématiques.

Or, le contexte historique de ces réformes a fait en sorte que celles-ci naissent à la suite de tensions dans la conception des finalités de l'enseignement des mathématiques. Une première conception peut être appelée "classique", étant donné son ralliement à la tradition humaniste. L'autre conception peut être appelée "moderne". Alors que la première prône un enseignement des mathématiques centré sur le pouvoir qu'ont les mathématiques à former un esprit rigoureux, cultivé et logique, la deuxième prône un enseignement centré sur la valeur utile, appliquée et transformatrice des mathématiques.

Un représentant de la position classique est le mathématicien M. Veronese qui affirme que « [l]es mathématiques ont un côté éducatif, elles doivent aider à la culture de l'esprit » (Veronese, cité dans Fehr, 1911, p. 464). Pour Veronese, les mathématiques doivent aider à contrer le virage utilitariste que prenait l'éducation à l'époque. Veronese disait que « Si l'industrialisme ou l'utilitarisme matériel avait en effet des influences prépondérantes dans l'enseignement des écoles moyennes, les mathématiciens devraient les combattre » (*Ibid.*, p. 465). Cette opinion est aussi exprimée par le grand mathématicien anglais A. N. Whitehead (1913) pour qui « To teach mathematics is to teach logical precision. A mathematical teacher who has not taught that has taught nothing » (p. 108), la raison étant que « the object of a mathematical education is to acquire the powers of analysis, of generalization, and of reasoning » (p. 110).

Un représentant de la position moderne est Carlo Bourlet. Le rôle des enseignants, disait Bourlet,

> est terriblement lourd, il est capital, puisqu'il s'agit de rendre possible et d'accélérer le progrès de l'Humanité tout entière. Ainsi conçu de ce point de vue général, notre devoir nous apparaît sous un nouvel aspect. Il ne s'agit plus de l'individu, mais de la société ; et, lorsque nous cherchons la solution d'un problème d'enseignement, nous devons choisir une méthode non pas suivant sa valeur éducative pour l'élève isolé, mais uniquement suivant sa puissance vulgarisatrice pour la masse (Bourlet, cité dans Nabonnand, 2003, p. 233).

Comme on le voit, le début du XX^e^ siècle est marqué par l'émergence d'une nouvelle forme de conscience : la conscience d'un individu qui se situe pour ou contre la technification de la vie et de la compréhension de ses propres possibilités dans la transformation de la nature. Il s'agit d'une conscience qui témoigne et participe (directement ou indirectement) au déplacement des valeurs classiques, représentées précédemment par la littérature et la philosophie et l'apparition de nouvelles valeurs promues par les mathématiques, les sciences et la technologie.

Ce grand rêve, que j'ai appelé ici la deuxième renaissance occidentale, a été arrêté par les deux grandes guerres. Mais celles-ci n'ont pas pu arrêter ce rêve de manière définitive. Au contraire, la reconstruction de l'Europe après les guerres a été relancée dans la direction des modes de production économique du capitalisme industriel du début du XX^e^ siècle. Les finalités de l'école en général et de l'enseignement des mathématiques en particulier ont continué sur la même voie, à savoir la préparation de la masse, pour reprendre le terme de Bourlet, au marché du travail, c'est-à-dire, une éducation pour le Capital.

3. Les finalités de l'enseignement des mathématiques au- jourd'hui

Les débats très vifs sur les mathématiciens tenus lors des discussions au sujet des finalités des mathématiques au début du XX^e^ siècle, débats qui ont débouché, comme nous l'avons vu, sur la création de deux camps, celui des finalités "classiques" et celui des finalités "modernes", ont eu un impact sur l'organisation du contenu mathématique à enseigner et sur la façon d'enseigner ce contenu, c'est-à-dire sur la pédagogie.

On peut dire que, quand on est passé à la question de la pédagogie propice pour mettre sur pied la réforme des mathématiques, les débats ont conduit à deux positions pédagogiques différentes, selon la conception de l'élève et de l'école. En suivant la vision du camp "moderne" appuyée sur l'idée d'une civilisation technologique, la reforme éducative a conduit à penser l'élève comme du capital humain et l'école comme l'espace institutionnel dont la finalité était de répondre aux besoins du commerce et de l'échange économique. En suivant la vision du camp "classique", la reforme éducative a aussi pu penser l'élève comme un individu en soi, un sujet en développement, en quête des conditions environnementales propices pour se réaliser pleinement. Alors que la première manière de penser l'élève s'inscrit dans une conception technologique et bureaucratique de l'école où l'élève apparaît comme future main d'œuvre, la deuxième manière de penser l'élève s'inscrit dans une pédagogie romantique, rationaliste et dont les racines sont à trouver dans la philosophie des lumières (c'est le cas des pédagogies inspirées par Rousseau, Pestalozzi et Piaget).

Le camp "classique" a donné lieu à une pédagogie centrée sur l'élève : une pédagogie dite progressiste, centrée sur l'étudiant et les idées d'individualité, d'expression de soi, de liberté et d'autonomie (Parker, 1990 ; Rugg et Shumaker, 1969). Depuis sa création jusqu'à aujourd'hui, les tenants de la pédagogie progressiste ont considéré la liberté et l'autonomie comme la condition centrale pour l'apprentissage authentique des élèves. C'est dans ce contexte que les partisans de la pédagogie centrée sur l'élève ont souvent considéré les principes de liberté et d'autonomie comme les objectifs de l'éducation (Dearden, 1972, 1975 ; Morgan, 1996). Selon eux, l'éducation ne devrait pas avoir pour but de recevoir de quelqu'un d'autre des vérités déjà toutes faites. Comme Piaget (1973) l'a dit vers la fin de sa vie, « [l]e but de l'éducation intellectuelle est d'apprendre à maîtriser la vérité par soi-même » (p. 106). Selon cette conception de la réforme, l'éducation devrait plutôt être la création d'espaces pour la croissance intellectuelle personnelle de l'élève (Cobb, 1988). Deux partisans de la pédagogie centrée sur l'élève le disent clairement : le but de l'école est de se concentrer « sur le développement de la personnalité, de l'individualité » (Rugg et Shumaker, 1969, p. vii). C'est ainsi que ce volet de la réforme s'est concentré sur la promotion de la « liberté [de l'élève] à se développer naturellement » et sur la capacité individuelle de l'élève « à s'exprimer de façon créative » (p. 57-58).

Tournons-nous maintenant vers le camp "moderne". Depuis son début, ce camp a inspiré une série de pédagogies dont peut-être les plus importantes sont, chronologiquement parlant, celle du savoir-faire et celle de la compétence. Dans la pédagogie du savoir-faire, l'élève est conçu comme un technicien ; son rôle est d'acquérir les savoirs disciplinaires et les habiletés nécessaires pour résoudre de problèmes spécifiques. Dans celle de la compétence, c'est un agir général qui est visé. Il ne s'agit plus d'un savoir ou des savoirs transdisciplinaires. On est, en fait, dans l'au-delà du savoir : on est dans un agir dont la sphère d'action est un marché de travail défini aujourd'hui par la marchandisation de l'imaginable et de l'inimaginable, et la technologie numérique. Il s'agit d'un marché du travail dont la caractéristique la plus profonde est son instabilité : ces objets changent quotidiennement, voire moment par moment, comme la bourse de valeurs. On est ainsi passé d'une société du savoir à une société de l'information et de la marchandisation. Pour pouvoir faire face au monde changeant et incertain, l'élève est censé pouvoir rentrer dans le champ de la production et l'interprétation des données, de pouvoir résoudre des problèmes complexes à information souvent incomplète, d'exercer une pensée critique et surtout d'être créateur. Du même coup, l'école devient une sorte d'usine tournée vers la manufacture de la créativité.

L'école est considérée comme une entreprise (Laval, 2003) et elle est vue

> sous l'angle des valeurs, des intérêts et des logiques des propriétaires et des entrepreneurs. La principale préoccupation est de savoir comment les écoles peuvent préparer les futurs travailleurs pour les entreprises et comment cette prépara-

> tion de la main-d'œuvre peut préparer le terrain pour « gagner » la concurrence économique mondiale entre les nations (Saltman, 2018, p. xiii).

L'école apparaît subsumée dans ce que Ferreira de Oliveira (2016) appelle "l'idéologie du marché", c'est-à-dire la « transformation des choses, inanimées ou vivantes, en éléments passifs de la commercialisation » (p. 113). L'idéologie du marché avec son accent sur la compétitivité réduit l'humain à un moyen : elle pervertit les bases des véritables relations humaines, débouchant ainsi sur un modèle de société aliénée que les écoles reproduisent sans arrêt. Dans ce contexte,

> La nature, l'eau, l'air, la terre, le monde, la planète, l'univers et les êtres humains ainsi que toute sorte d'êtres, leurs pensées, leurs organes, leurs sentiments, leur sexualité, leur beauté, leur force de travail, leur existence, leurs maisons et leurs vies, sont considérés comme des marchandises (*Ibid.*, p. 113).

Il n'est pas surprenant, étant donné les formes de production économiques dominantes aujourd'hui, que ce soit une éducation par compétence qui prime. Or, curieusement, malgré leur vocation économique marchande, les finalités éducatives contemporaines incluent aussi des squelettes excavés des ruines du camp "classique" du début du XX^e^ siècle et de sa version contemporaine, la pédagogie centrée sur l'élève. Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, les adeptes du camp "classique" faisaient allusion au pouvoir formateur de l'esprit qu'offrent les mathématiques ; ils soutenaient que c'est grâce à l'étude des mathématiques qu'on peut être initié à la rigueur et à l'esprit logique. Le XXI^e^ siècle a retenu l'idée, moyennant une influence importante. Au cours du XX^e^ siècle, sous l'influence de la psychologie, l'élève a souvent été conçu comme un sujet psychologique (Valero, 2004) dont les le développement et les anomalies peuvent être étudiées scientifiquement avec les concepts qu'offre la psychologie cognitive et la psychologie développementale.

4. Les systèmes éducatifs contemporains arrivent ainsi à une an- tinomie colossale

D'un côté, en effet, on prône une école tournée vers le marché du travail et dont la finalité est la préparation des futures générations à ce marché. Sa caractéristique fondamentale est la compétition. L'élève est vu comme capital humain et est destiné à participer à une lutte commerciale implacable qui se joue dans l'espace économique de la globalisation. L'élève deviendra une petite pièce dans l'engrenage d'une machine qui fait fi de sa caractéristique la plus fondamentale, à savoir sa caractéristique humaine, car, à l'intérieur de ce marché, les individus sont des moyens menant à une fin qui n'est pas la leur, une fin qui est celle de l'entrepreneur pour qui ces individus travaillent. Avant d'atterrir sur ce marché, pendant son séjour à l'école, l'élève est soumis aux exigences de la logique de l'"excellence". L'élève doit réussir les tests provinciaux et internationaux en mathématiques et montrer qu'il est bien engagé sur la voie de la compétence.

D'un autre côté, par contre, on voit l'élève sous la logique de l'individualité. On s'intéresse à son autonomie, à son développement, à son bonheur, à son bien-être, à sa pleine réalisation, etc. Une phrase clé qui accompagne les documents du ministère de l'Éducation de l'Ontario qui, comme beaucoup d'autres ministères d'autres provinces et d'autres pays, insiste sans se fatiguer sur le besoin de développer des compétences pour le marché du travail et un esprit entrepreneur chez les élèves, dit ceci : « Appuyer chaque élève ». L'école change de visage : elle abandonne le visage implacable de la compétition et prend celui d'un espace sécuritaire, consolant, bienveillant, pastoral. Maintenant, on demande à l'école et aux enseignantes et enseignants de s'intéresser à l'élève en tant que sujet. On s'intéresse à ce qu'il comprenne les mathématiques, à ce que les mathématiques soient intéressantes et signifiantes pour lui, à ce qu'il puisse produire de bonnes idées. On fait appel à la pédagogie différentiée, car chaque élève apprend différemment, chaque élève à son propre style et rythme d'apprentissage. On navigue ainsi entre une logique de la compétition et une logique de l'individualité. Cette antinomie colossale n'est pas propre à l'école. En fait, l'école l'hérite de la société. C'est là que l'antinomie siège. En adoptant une vision mercantiliste, tournée, comme dit Saltman (2018), vers les intérêts et les logiques des propriétaires et des entrepreneurs, l'école ne fait qu'importer et accueillir l'antinomie.

Le sociologue allemand Theodor Adorno (2001) avait déjà remarqué que cette antinomie est inhérente aux sociétés assises sur des économies de marché. Il parle de deux pôles, à savoir l'économique, dont la logique et la manière de fonctionner transcendent l'individu et sa volonté, pôle qu'il appelle le pôle de la réification, et le pôle du subjectivisme qui met l'accent sur le sujet lui-même. Adorno montre que, du point de vue historique, ces deux pôles ne sont pas apparus à l'improviste. Ils sont le résultat de nouvelles formes de production et de rapports sociaux qui ont émergé lors de la transition du monde médiéval au monde moderne, produisant une sorte d'aliénation qui était absente des formes de production médiévales basées sur une économie de subsistance. Cette aliénation ne fait qu'exprimer

> [l]'antinomie essentielle de la société bourgeoise en général [… où] les êtres humains ont de plus en plus fait le monde à leur image, et le monde est devenu progressivement le leur. En même temps, cependant, le monde est devenu de plus en plus un monde qui les domine (*Ibid.*, p. 115).

En empruntant un terme cher aux mathématiciens du début du XXe siècle, on peut dire que cette contradiction ou antinomie essentielle parcourt de long en large les systèmes éducatifs de la "civilisation moderne" et post-moderne. Au niveau des programmes d'études mathématiques, cela s'est traduit par un changement dans ce que les élèves sont tenus d'apprendre à l'école. En effet, le changement d'une société du savoir en une société de l'information et de la marchandisation a eu pour effet un changement d'intérêt. Depuis les Grecs anciens jusqu'à Kant, les mathématiques avaient été considérées comme la discipline de la vérité et de l'exactitude. Remplis de propositions et des théorèmes prouvés avec une logique rigoureuse, les *Éléments d'Euclide* écrits à la fin de l'Antiquité à Alexandrie avaient réussi à traverser des continents dans les bateaux de marchands et de missionnaires. Copiés par des scribes infatigables, les *Éléments* s'étaient imposés comme le paradigme de la pensée mathématique. Toutefois, peu à peu, au cours du XXe siècle, sous la pression du calcul des prix et des opportunités de vente, on a vu la disparition progressive de la géométrie euclidienne et son approche théorico-théorématique au profit d'un intérêt vers le calcul. Les mathématiques sont devenues la science du calcul et de l'approximation. Car, aujourd'hui, il faut savoir calculer, coûte que coûte. On est ainsi passé progressivement de l'ère de la vérité à l'ère de l'efficacité (Radford, 2004). L'intérêt est maintenant du côté de l'algorithmique. Ce n'est plus le sens du concept qui est en jeu, car, comme le voyait déjà Hegel (1939) dans la *Phénoménologie de l'esprit*, le sens s'efface au profit du calcul. Ainsi, aujourd'hui, les élèves doivent être entraînés à la création d'algorithmes permettant de calculer le monde et l'univers et tout ce qu'on y vend et achète. Il faut des élèves capables d'imaginer et de créer des applications comme celle d'Uber qui permettent d'appeler un taxi depuis un téléphone cellulaire et de le voir s'approcher, en temps réel, à sa destination. Et c'est ainsi que, même au préscolaire, on commence à préparer les enfants au monde qui les attend. Là, les enfants commencent déjà à rencontrer les nombres et le monde moderne de la numératie.

Conclusion

En guise de conclusion, dans la dernière partie de ce chapitre, je voudrais poser la question de ce que pourraient être les finalités de l'éducation mathématique à l'école, si on veut aller dans une autre direction que celle qu'on a prise aujourd'hui, c'est-à-dire celle qui fait de l'école une institution vouée à la satisfaction des besoins entrepreneuriaux.

La nouvelle direction ne saurait pas être un retour à la voie tracée par le mouvement "classique" à la fin du XX[e] siècle : elle ne saurait pas être un retour à la formation d'un esprit rigoureux, pas plus qu'un retour à la recherche de la vérité, telle que pensée par Euclide et les Grecs de l'Antiquité. Elle ne saurait pas être non plus celle de la pédagogie progressiste centrée sur l'élève, son autonomie et son épanouissement personnel. Il nous faut penser à l'élève autrement que comme capital humain ou propriétaire privé (Radford, 2012, 2014) en même temps qu'il nous faut repenser l'éducation autrement que comme processus technologique utilitariste (D'Ambrosio, 2004).

Mais pourquoi allons-nous enseigner mathématiques à l'école alors ? Comme nous le rappelle Ferreira de Oliveira,

> Du point de vue de Freire, le processus éducatif est beaucoup plus que la connaissance qui s'acquière didactiquement dans les institutions formelles. L'éducation est, pour Freire, une clé pour l'exploration du propre dilemme de l'existence humaine, un phénomène transcendantal en même temps qu'il est moyen et terrain créateur (Ferreira de Oliveira, in Freire, 2016, p. 110).

La position du chef d'orchestre philharmonique de Los Angeles, le Vénézuélien Gustavo Dudamel, n'est pas différente de celle de Freire. En effet, Dudamel participe à un mouvement, appelé *El Sistema*, qui transforme des enfants de la rue en musiciens. Avec l'orchestre des jeunes musiciens Simon Bolivar, il organise des concerts dans des quartiers populaires de son pays d'origine. Dans une entrevue conduite par la radio BBC à Londres (The Lebrecht Interview), on lui demande pourquoi amener l'orchestre dans les rues. Sa réponse n'est pas pour que les enfants marginalisés aient la possibilité d'écouter Beethoven, Mahler ou Stravinsky pour la première fois. Sa réponse est que la musique a un pouvoir de transformation de l'être et que, à travers la musique, nous rencontrons une beauté qui nous transcende et que cette expérience esthétique nous permet de mieux nous comprendre comme humains.

Je voudrais soutenir qu'il en va de même des mathématiques. Les mathématiques devraient donner l'occasion aux élèves d'entamer un dialogue critique avec l'humanité et, à partir de ce dialogue, nous permettre de mieux nous connaître en tant qu'humains.

Le sociologue Michel Freitag (2002) se plaignait qu'il n'y a plus, à l'heure actuelle, de mouvement social qui produit une intelligibilité de l'existence collective. Il disait que

> [a]ucun [mouvement social] n'élabore une nouvelle conception de l'ordre d'ensemble […]. Aucun [mouvement] ne produit une nouvelle intelligibilité générale de la société et de l'histoire, de l'existence collective, de ses finalités et de ses contraintes. En un mot, il n'y a plus de politique. Le politique, comme réflexivité du vivre ensemble (cette fois-ci à la dimension de la planète, et cette fois-ci comme savoir-vivre avec les techniques), et le politique comme responsabilité collective des finalités de la vie sociale, est à réinventer (p. 243-244)

C'est justement à l'école que les bases de ces mouvements sociaux de nature politique devraient commencer. Et comme la musique, les mathématiques devraient y jouer un rôle de premier plan.

Dans d'autres travaux (voir, par exemple, D'Amore et Radford, 2017), j'ai suggéré que l'éducation mathématique devrait s'inscrire dans un projet différent de ce qui l'a justifiée jusqu'à aujourd'hui comme discipline scientifique. Jusqu'à maintenant, on trouve *grosso modo* deux réponses. La première trouve la finalité de l'éducation mathématique dans la diffusion du savoir mathématique. On reconnaît les échos de la position "moderne" mentionnée dans les premières parties de ce chapitre. La deuxième trouve la finalité de l'éducation mathématique dans la création, chez le sujet qui apprend, des structures cognitives puissantes. On reconnaît dans ces propos les échos de la pédagogie progressiste mentionnée dans les sections précédentes. Il me semble que ces deux réponses ne sont plus suffisantes aujourd'hui. Je suggère que la finalité de l'éducation mathématique devrait s'inscrire dans un projet éducatif différent qui conçoit l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques comme un effort politique, social, historique et culturel dirigé vers la création de sujets réflexifs et éthiques qui se positionnent de manière critique dans des discours et des pratiques mathématiques constitués historiquement et culturellement ; des sujets capables d'imaginer de nouvelles possibilités d'action afin de bâtir un mode d'existence humaine digne et juste pour tous.

Références

Adorno, T. W. (2001). *Kant's critique of pure reason*. Stanford CA : Stanford University Press.

Borel, É. (1914). L'adaptation de l'enseignement secondaire aux progrès de la science. *L'enseignement mathématique*, *16*, 198-210.

Castoriadis, C. (1975). *L'institution imaginaire de la société*. Paris : Seuil.

Cobb, P. (1988). The tension between theories of learning and instruction in mathematics education. *Educational Psychologist*, *23*(2), 87-103.

Corey, D., Furinghetti, F., Gispert, H., Hodgson, B. et Schubring, G. (dir.). (2003). *One hundred years of* L'enseignement mathématique*. Proceedings of the EM-ICMI Symposium, Geneva, 20-22 October, 2000*. Genève : L'enseignement mathématique (Monograph No. 39).

D'Ambrosio, U. (2004). Una riflessione dell'etnomatematica : Perché insegnare matematica ? *In* G. Arrigo (dir.), *Atti del convegno di didacttica della matematica* (p. 29-37). Locarno : Quaderni Alta Scuola Pedagogica, Centro didattico cantonale.

D'Ambrosio, U. (2006). *Ethnomathematics*. Rotterdam : Sense Publishers.

D'Amore, B. et Radford, L. (2017). *Enseñanza y aprendizaje de la matemática : Problemas semióticos, epistemológicos y prácticos*. Bogotá : Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Darboux, G. (1914). Discours à la réunion d'ouverture de la conférence internationale de l'enseignement mathématique. *L'enseignement mathématique*, *16*, 192-197.

Dearden, R. F. (1972). Autonomy and education. *In* R. F. Dearden, P. H. Hirst et R. S. Peters (dir.), *Education and the development of reason*. London : Routledge & Kegan.

Dearden, R. (1975). Autonomy as an educational ideal. *In* S. Brown (dir.), *Philosophers discuss education* (p. 3-37). London : The MacMillan Press.

Fehr, H. (1911). Compte rendu du congrès de Milan. *L'enseignement mathématique*, *13*, 437-511.

Foucault, M. (1980). *Power / knowledge*. New York, NY : Pantheon Books.

Freire, P. (2016). *Pedagogia da solidariedade*. São Paulo : Paz & Terra.

Freitag, M. (2002). *L'oubli de la société : pour une théorique critique de la postmodernité*. Québec : Presses de l'Université Laval.

Friberg, J. (1986). The early roots of Babylonian mathematics. III. Three remarkable texts from ancient Ebla. *Vicino Oriente*, *6*, 3-25.

Hegel, G. (1939). *La phénoménologie de l'esprit*. (Traduction de J. Hyppolite). Paris : Aubier.

Høyrup, J. (2007). The roles of Mesopotamian bronze age mathematics tool for state formation and administration. *Educational Studies in Mathematics*, *66*(2), 257-271.

Laval, C. (2003). *L'école n'est pas une entreprise. Le néo-libéralisme à l'assaut de l'enseignement public*. Paris : La découverte.

Levi, A. W. (1974). *Philosophy as social expression*. Chicago, IL : The University of Chicago Press.

Lizcano, E. (2009). *Imaginario colectivo y creación matemática*. Madrid : Gedisa.

Menghini, M., Furinghetti, F., Giacardi, L. et Arzarello, F. (dir.). (2008). *The first century of the international commission on mathematical instruction (1908-2008). Reflecting and shaping the world of mathematics education*. Rome : Enciclopedia Italiana.

Morgan, J. (1996). A defence of autonomy as an educational ideal. *Journal of Philosophy of Education*, *30*(2), 239-252.

Nabonnand, P. (2003). Applications des mathématiques au début du vingtième siècle. *In* D. Coray, F. Furinghetti, H. Gispert, B. Hodgson et G. Schubring (dir.), *One hundred years of L'enseignement mathématique. Proceedings of the EM-ICMI Symposium, Geneva, 20-22 October, 2000* (p. 229-249). Genève : L'enseignement mathématique (Monograph No. 39).

Parker, F. (1990). The Quincy method. *American Journal of Sociology*, *6*(1), 114-120.

Piaget, J. (1973). *To understand is to invent. The future of education*. New York, NY : Grossman.

Radford, L. (2004). From truth to efficiency : Comments on some aspects of the development of mathematics education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education / Revue Canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, *4*(4), 551-556.

Radford, L. (2008). Culture and cognition : Towards an anthropology of mathematical thinking. *In* L. English (dir.), *Handbook of international research in mathematics education* (2e éd., p. 439 - 464). New York, NY : Routledge, Taylor and Francis.

Radford, L. (2012). Education and the illusions of emancipation. *Educational Studies in Mathematics*, *80*(1), 101-118.

Radford, L. (2014). On teachers and students. *In* P. Liljedahl, C. Nicol, S. Oesterle, et D. Allan (dir.), *Proceedings of the joint 38th conference of the international group for the psychology of mathematics education and the 36th conference of the American chapter* (Vol. 1, p. 1-20). Vancouver : Psychology of Mathematics Education (PME).

Radford, L. et Empey, H. (2007). Culture, knowledge and the self : Mathematics and the formation of new social sensibilities in the Renaissance and medieval Islam. *Revista Brasileira de História da Matemática* (*Especial no 1 – Festschrift Ubiratan D'Ambrosio)*, 231-254.

Restivo, S. (1992). *Mathematics in society and history, sociological inquiries*. Dordrecht, Boston, London : Kluwer Academic Publishers.

Restivo, S. (1993). The social life of mathematics. *In* S. Restivo, J. P. V. Bendegem et R. Fischer (dir.), *Math worlds* (p. 247-278). New York, NY : State University of New York Press.

Restivo, S. et Bauchspies, W. (2006). The will to mathematics : Minds, morals, and numbers. *Foundations of Science*, *11*, 197-215.

Roochnik, D. (1994). Counting on number : Plato on the goodness of arithmos. *American Journal of Philology*, *115*, 543-563.

Rugg, H. et Shumaker, A. (1969). *The child-centered school*. New York, NY : Arno Press & The New York Times (1re éd. 1928)

Saltman, K. (2018). *The politics of education. À critical introduction*. London : Routledge.

Schubring, G. (2003). L'enseignement mathématique and the first international comission (IMUK) : The emergence of international communication and cooperation. *In* D. Coray, F. Furinghetti, H. Gispert, B. Hodgson et G. Schubring (dir.), *One hundred years of L'enseignement mathématique. Proceedings of the EM-ICMI Symposium, Geneva, 20-22 October, 2000* (p. 47-65). Genève : L'enseignement mathématique (Monograph No. 39).

Sohn-Rethel, A. (1978). *Intellectual and manual labour : A critique of epistemology*. Atlantic Highlands, NJ : Humanities Press.

Valero, M. (2004). Postmodernism as an attitude of critique to dominant mathematics education research. *In* P. Walshaw (dir.), *Mathematics education within the postmodern* (p. 35-54). Greenwich, CT : Information Age Publishing.

Whitehead, A. N. (1913). The principles of mathematics in relation to elementary teaching. *L'enseignement mathématique*, *15*, 105-112.