

L'interdisciplinarité dans l'enseignement scolaire

Une source d'enrichissement indéniable, mais dont la mise en œuvre soulève des questions vives, d'ordres pédagogique et organisationnel.

La teneur de cette présentation diffère de celles qui se sont déjà tenues sur le thème de l'interdisciplinarité dans les sciences et de sa capacité à faire face aux grands défis d'aujourd'hui et de demain.

En effet, son contenu ne porte pas sur des considérations de nature scientifique, mais sur les aspects pédagogiques et didactiques liés à la mise en œuvre, au sein des classes (de l'école élémentaire aux classes préparatoires), de l'interdisciplinarité dans les sciences.

Le regard que je porte sur ce sujet est soutenu par la vision que j'ai pu acquérir au cours de mon activité professionnelle, d'abord comme professeur de mathématiques en classes préparatoires, puis comme inspectrice générale, vision dont la perspective a été légèrement déplacée par mon expérience actuelle de membre du Conseil supérieur des programmes, instance chargée de superviser l'écriture des programmes scolaires, et d'émettre des avis et des propositions à destination du ministre de l'Éducation nationale et de la Jeunesse.

Après avoir dressé un panorama historique de l'évolution des savoirs scolaires, en lien avec celle des savoirs savants, je présenterai un argumentaire en faveur de la prise en compte de l'interdisciplinarité dans l'enseignement des sciences, j'en expliciterai les modalités de mise en œuvre, sans omettre de spécifier ses limites, ses faiblesses et ses risques éventuels.

Du savant généraliste à la fragmentation disciplinaire

Lorsque notre ancêtre *Homo habilis*, il y a quelques 2 millions d'années, taillait les premiers outils, il devait certes avoir quelques savoirs (il lui fallait reconnaître le bon galet) et quelques savoir-faire (il devait le tailler correctement), mais il est probable qu'il ne s'est jamais demandé si son art relevait de la géologie, de la géométrie ou de la technologie.

Au IV^{ème} siècle avant notre ère, Aristote était tout à la fois philosophe, scientifique, poète, mathématicien, homme politique. Il était savant, voilà tout.

Au XVIII^{ème} siècle, Diderot et d'Alembert ne savaient sans doute pas tout, mais ils pouvaient envisager comme possible de concevoir un ouvrage rassemblant le savoir humain. Certes des rubriques apparaissent dans ce savoir maintenant vaste, mais l'honnête homme peut encore rêver de les fréquenter toutes.

Ce n'est qu'aux 19^{ème} et 20^{ème} siècles que les savoirs se morcelèrent en disciplines toujours plus précises, toujours plus nombreuses, leur nombre augmentant par scissiparité. En même temps, l'ambition scientifique de chaque homme se limite et cela semble

inévitable : devenir expert dans un champ de savoir exige, de plus en plus, que l'on se spécialise et donc que l'on abandonne d'autres domaines. Les disciplines savantes se multiplient. Les frontières se dressent, qui protègent des territoires et leurs habitants.

L'école suit, à sa manière, cette fragmentation tant dans l'organisation de ses enseignements que dans la spécialisation de ses professeurs.

Les premiers agrégés apparaissent en 1766 pour remplacer les professeurs jésuites expulsés par Louis XV. Ils ne sont pas spécialisés. En 1821, trois spécialités sont mises au concours : lettres, grammaire et sciences. L'agrégation de philosophie naît en 1828, celle d'histoire en 1830. En 1841, l'agrégation de sciences se scinde en agrégation de mathématiques d'une part et agrégation des sciences physiques et naturelles d'autre part. Les sciences naturelles se séparent des sciences physiques en 1881 et l'histoire abandonne la géographie en 1944. Le besoin de compétence scientifique du professeur s'exprime par sa spécialisation disciplinaire. Un lien fort s'affirme alors entre compétence et spécialisation ; ce lien persiste, et est l'une des causes de certaines résistances à la mise en place de l'interdisciplinarité.

La fragmentation des disciplines scolaires n'est donc pas un caprice infondé, elle est la conséquence de l'augmentation du volume des savoirs et de la nécessité de se spécialiser pour devenir compétent et pour avoir la légitimité de transmettre des connaissances.

L'interdisciplinarité, tendance de la vie intellectuelle depuis un demi-siècle

Rappelons tout d'abord un exemple emblématique en matière d'interdisciplinarité : le 25 avril 1953, la revue *Nature* publie un article majeur pour l'histoire de la biologie. D'à peine une page, signé de James Watson et Francis Crick, il contient une description d'une structure possible pour la molécule d'ADN. Voici donc deux biologistes, qui signent, pourrait-on dire l'acte de naissance d'une nouvelle discipline, la génétique moléculaire, et qui pour cela publient un article de chimie (une structure moléculaire) établi à partir de travaux de physique (la diffraction des rayons X par des cristaux) menés par Rosalind Franklin, qui n'est d'ailleurs même pas citée dans l'article...

Dans la sciences savante, les relations entre disciplines sont parfois difficiles et l'interdisciplinarité ne s'installe pas sans violence. Quoi il en soit, on voit ici un exemple de collaboration de regards disciplinaires qui fait progresser le savoir. Et cette collaboration aboutit à la naissance d'une nouvelle discipline, la biologie moléculaire. Comme on le voit, en matière de recherche, l'interdisciplinarité, souvent, ne fait pas disparaître les disciplines, mais les multiplie.

Dans le domaine des sciences, mais aussi dans ceux de l'art, de la littérature et de la philosophie, la vie intellectuelle, depuis le milieu du XX^e siècle, pousse à interroger les cloisonnements disciplinaires, parfois même à remettre en cause leur légitimité. Parmi les intellectuels dont la pensée a inspiré le développement de l'interdisciplinaires dans le monde scolaire, on peut citer Edgar Morin et Michel Serres.

Edgar Morin associe la nécessité de l'interdisciplinarité à la complexité du réel. Si le réel est complexe, c'est qu'il est multifactoriel. Aucune discipline ne saurait, à elle seule, rendre compte de cette complexité, seule le peut une coopération d'approches convergentes. Si les disciplines sont indispensables pour explorer chacune en profondeur une dimension

particulière du réel, l'appréhension de ce dernier dans son ensemble exige l'interdisciplinarité.

Quant à Michel Serres, il fait dans *Le Tiers-instruit* l'éloge de l'interdisciplinarité comme manière de sortir de soi-même, de rompre avec ses confortables habitudes. Lorsqu'on est confortablement installé dans ses savoirs familiers, sa discipline, on évolue peu ; l'enrichissement survient lorsque l'on quitte ce cocon.

C'est le sens de la phrase « *Certes, je n'ai rien appris que je ne sois parti, ni enseigné autrui sans l'inviter à quitter son nid.* », extraite du *Tiers-instruit*. L'interdisciplinarité est alors un moteur de développement personnel et de progrès professionnel.

Comment traduire ces considérations intellectuelles en termes pédagogiques ? Est-il possible de trouver, dans la classe, des vertus à l'interdisciplinarité qui traduiraient le rôle qu'elle joue dans la production de savoirs modernes et dans le développement de nouvelles compétences, tant pour les professeurs que pour les élèves ?

Les arguments en faveur de l'enseignement de l'interdisciplinarité

Loin d'être un appauvrissement, une perte d'expertise, la pratique de l'interdisciplinarité doit être considérée comme l'exploration de nouveaux territoires à l'interface des disciplines, la mise en commun et la confrontation féconde d'approches différentes. Ainsi, pratiquer l'interdisciplinarité change le regard sur les savoirs unitaires. En considérant un même objet sous plusieurs angles, on en perçoit mieux le volume et les contours. L'interdisciplinarité est à la pédagogie ce que la vision binoculaire, en relief, est à la perception du monde. L'interdisciplinarité permet en effet de mettre les savoirs en perspective les uns par rapport aux autres, de comprendre la complémentarité des approches et leur nécessaire mise en synergie pour relever les défis du monde actuel et de celui à venir.

Car pratiquer l'interdisciplinarité permet aussi de rapprocher les thématiques abordées à l'école de la complexité du réel. Étant un passage obligé pour dépasser les conditions « simplifiantes » d'acquisition du savoir, c'est un moyen de faire rentrer l'école dans la vraie vie. C'est vrai dans de nombreux domaines, mais cela l'est tout particulièrement lorsque l'on aborde des questions « socialement vives » comme la santé, le climat, l'énergie et, plus généralement, le développement durable.

Enfin, et ce n'est pas le moindre argument en sa faveur, pratiquer l'interdisciplinarité, c'est permettre aux enseignants de prendre conscience des difficultés qui se posent aux élèves confrontés à la multiplicité des approches, par exemple à la polysémie du vocabulaire employé dans chaque discipline. Lorsqu'on parle d'argumentation, parle-t-on de la même chose en sciences et en histoire ? Le sens du mot *hypothèse* est-il le même en mathématiques et en biologie ? La preuve a-t-elle le même statut en mathématiques et dans les sciences expérimentales ? Prendre conscience de ces difficultés permet, soit de les effacer lorsqu'une harmonisation est possible, soit de les assumer consciemment quand c'est la seule solution. On aura beau faire, le mot *milieu* n'aura jamais le même sens en mathématiques et en biologie, voire en littérature policière...

Enfin, pratiquer l'interdisciplinarité, c'est organiser une relation aux savoirs qui est celle qui sous-tend la construction des savoirs modernes ; c'est donc ainsi préparer les élèves à être plus tard, au moins pour certains d'entre eux, des acteurs de l'accroissement du savoir humain.

La mise en œuvre opérationnelle

Concrètement, la mise en œuvre de l'interdisciplinarité dans l'enseignement s'effectue selon deux modalités :

- par les liens entre les disciplines, systématiquement mentionnés dans les programmes scolaires (c'est le cas, par exemple, des statistiques entre mathématiques, physique, biologie, économie ou encore de la programmation informatique entre mathématiques et technologie au collège) ;
- mais l'interdisciplinarité a fait son entrée dans l'École en tant que dispositif institué (avec un programme, un horaire dédié et une évaluation aux examens) dans les années 2000 : tout d'abord à travers l'introduction des travaux d'initiative personnelle encadrés (TIPE) dans les classes préparatoires scientifiques en 1995, puis au niveau pré-bac avec l'introduction des travaux personnels encadrés (TPE) en première et en terminale et les itinéraires de découvertes (IDD) au collège.

Analyser les réussites (comme celle des TIPE) et les échecs (comme celui des IDD) de ces dispositifs et les confronter aux réflexions conceptuelles permet d'identifier les grandes questions que pose l'enseignement de l'interdisciplinarité.

- La question de l'expertise enseignante

Elle est essentielle pour au moins deux raisons : seuls des professeurs compétents réussissent leur enseignement et ce n'est qu'à la condition qu'ils sentent leur compétence sollicitée que les professeurs s'engagent dans la pratique de l'interdisciplinarité. Il convient donc qu'ils soient convaincus que, pour pratiquer l'interdisciplinarité, il ne faut pas être moins formé qu'un spécialiste, il faut déjà être un spécialiste très expert de sa discipline, et se former en plus pour pouvoir enseigner au-delà.

Ce dont les professeurs ont besoin, c'est, au sens strict du terme, de développement professionnel. La formation, souvent mono-disciplinaire qu'ils ont reçue leur a donné une forme, une enveloppe. Il leur est ici demandé de sortir de cette enveloppe disciplinaire, de se développer. Certes, cela confère une certaine noblesse intellectuelle à la pratique interdisciplinaire, mais cela crée aussi des devoirs à l'institution, notamment au niveau de la formation (initiale et continue) des enseignants et de leur accompagnement.

- La question de la prise en charge individuelle ou collective

Deux modalités existent, qui présentent chacune leurs caractéristiques propres.

1 – Un seul professeur porte l'approche interdisciplinaire

C'est ce qui a été expérimenté par le ministère en classe de 6^e, à partir de 2006, dans un l'enseignement intégré de sciences et technologie (EIST), avec l'appui de l'Académie des sciences. Mais cette expérimentation s'est avérée être un échec et a conduit à l'abandon

de cet enseignement intégré, alors même que le programme de sciences du cycle 3 (CM1-CM2-6^e) est commun aux trois disciplines impliquées (physique-chimie/SVT/technologie).

2 – Plusieurs professeurs interviennent dans la démarche.

C'est la logique des anciens *thèmes de convergence* au collège, des anciens *TPE* en lycée, et de l'actuel *enseignement scientifique* au lycée. Plusieurs regards, identifiables, sont présentés aux élèves sur des thématiques transversales. Concernant *l'enseignement scientifique*, on peut citer, parmi les thématiques transversales des programmes, l'âge de la Terre, l'évolution démographique, les sons et l'audition, le futur des énergies ou l'histoire du vivant.

L'important est alors que les élèves soient pleinement conscients de la complémentarité, mais aussi de la convergence des regards, qu'ils soient simultanés ou non.

Le succès de ces interventions à plusieurs voix autour d'un même thème est relativement mitigé, comme en témoignent le détachement des mathématiques de l'enseignement scientifique commun en classe de première et la création, à la rentrée 2023, d'un enseignement de mathématiques spécifique dit du *tronc commun* qui a fait récemment beaucoup de bruit. Les difficultés particulières de l'intégration des mathématiques dans ces dispositifs interdisciplinaires au niveau pré-bac sont analysées ci-dessous.

- La relation aux enseignements disciplinaires et le cas particulier des mathématiques

Les liens entre les dispositifs interdisciplinaires et les disciplines peuvent s'exprimer de plusieurs manières :

1 – L'interdisciplinarité comme moyen de traiter les programmes propres aux disciplines

Certaines parties de certains programmes disciplinaires peuvent se prêter à une approche interdisciplinaire. Le programme de sciences et technologie du cycle 3 (CM1-CM2, 6^e) a été écrit dans cet esprit, à travers le traitement de thèmes transversaux : *matière, mouvement, énergie, information ; le vivant ; les objets techniques au cœur de la société, la Terre.*

Il importe cependant d'insister sur le fait que l'utilisation, par une discipline « extérieure » d'une notion intrinsèquement liée à une autre discipline ne permet pas, en général, d'aborder tous les contours de son champ conceptuel. À titre d'exemple, si le concept de la proportionnalité peut être mis en pratique en physique, en biologie ou en géographie, sa bonne assimilation suppose, au-delà d'utilisations contextualisées, une exposition à :

- un vaste ensemble de situations, d'origines très variées (prix à l'unité, recettes de cuisine, déplacements à vitesse constante, pourcentages, agrandissements-réductions, échelles, situations géométriques relevant du théorème de Thalès, des triangles semblables, des homothéties, etc.) ;
- l'ensemble des invariants sur lesquels repose l'opérationnalité du concept (passage à l'unité, propriétés de linéarité, coefficient de proportionnalité) ;
- l'ensemble des formes langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept (les tableaux de proportionnalité, la règle de trois, les fonctions linéaires et leur représentation graphique).

La présentation de ces éléments dont beaucoup sont liés aux mathématiques, peut difficilement être externalisée sur le seul traitement d'une situation interdisciplinaire, surtout si elle est enseignée par un professeur d'une discipline autre que les mathématiques.

En revanche, d'autres thèmes des programmes de mathématiques du collège et du lycée, que ce soient les grandeurs et les mesures, les statistiques, l'algorithmique et la programmation, sont des supports de choix à une approche interdisciplinaire à travers la mise en place de projets liés à des questions socialement vives (santé, sécurité, climat), dans lesquels les mathématiques s'intègrent aux autres disciplines, au lieu de s'y juxtaposer.

2 – L'interdisciplinarité pour prolonger les programmes

Il s'agit alors de s'appuyer sur les acquis disciplinaires pour identifier un projet commun qui pourra être traité en interdisciplinarité. L'interdisciplinarité devient alors l'espace privilégié pour la pédagogie de projet dans son sens général, le travail collaboratif et le développement de compétences transversales (les *soft skills* anglo-saxons).

C'était notamment l'un des objectifs des EPI enseignements pratiques interdisciplinaires (EPI) instaurés au cycle 4 (5^e, 4^e, 3^e) lors de la réforme de la scolarité obligatoire de 2016, et fortement réduits à la suite de l'alternance politique de 2017.

Signalons que la mise en place de tous les projets pédagogiques engage alors l'organisation de l'établissement, celle de l'emploi du temps des élèves, mais surtout des services des enseignants en raison des besoins de concertation qu'ils nécessitent.

3- Le risque d'instrumentalisation et de contextualisation des mathématiques

L'un des griefs portés par les professeurs de mathématiques contre les dispositifs interdisciplinaires repose sur le fait que leur contribution se limite souvent à fournir des outils (la proportionnalité, les statistiques, les probabilités, les représentations graphiques, etc.), en réponse aux besoins ponctuels d'autres disciplines.

Il faut dire qu'au niveau scolaire, le rôle des mathématiques dans la modélisation de phénomènes naturels ou techniques est extrêmement limité, en raison de la faiblesse des outils de modélisation connus des élèves : jusqu'en terminale, les seules fonctions étudiées ne dépendent que d'une seule variable et le champ des équations différentielles est réduit à celles du type $y'=ay$. Cet aspect limitatif est beaucoup moins prégnant au niveau des classes préparatoires, ce qui est sans doute l'une des explications du succès des TIPE, contrairement à tous les dispositifs interdisciplinaires expérimentés, puis modifiés ou abandonnés au niveau pré-bac. La réussite de l'interdisciplinarité suppose en effet un équilibre entre les contributions des différentes disciplines impliquées. Et l'intérêt de la contribution des mathématiques repose en grande partie sur leur capacité à modéliser le réel, à condition toutefois que les élèves disposent des outils permettant de le faire.

Un autre risque concernant l'apprentissage des mathématiques à travers une situation interdisciplinaire repose sur la difficulté, pour certains élèves, de se détacher du contexte spécifique à la situation étudiée, et donc de ne pas accéder à la généralité de la notion mathématique sous-jacente, indépendante du contexte qui a permis de l'aborder.

Cet faute de temps, ce nécessaire travail de décontextualisation-recontextualisation ne peut être pris en charge dans le cadre de l'interdisciplinarité.

- La question du temps

C'est l'un des obstacles souvent mis en avant : l'interdisciplinarité prend beaucoup de temps, même si cette affirmation peut être nuancée.

L'état d'esprit interdisciplinaire est parfois simple affaire de présentation : il peut se limiter à un effort de prise en charge de la polysémie et à une explicitation des croisements de regards. Un projet interdisciplinaire très riche peut aussi se dérouler sur quelques heures à peine s'il ne concerne qu'un chapitre de physique et un de biologie, ou encore un moment d'histoire des sciences (par exemple, la mesure du méridien terrestre par Delambre et Méchain, au programme de l'enseignement scientifique de première, ou l'étude du modèle démographique de Malthus, au programme de celui de terminale). Il ne faut pas laisser croire que seuls les projets gigantesques ont du sens.

- La question de la formation et de l'accompagnement des enseignants

La réussite d'un enseignement se mesure à la qualité des apprentissages qu'il engendre auprès des élèves.

La mise en place d'un dispositif interdisciplinaire suppose un investissement important de la part de professeurs auquel leur formation initiale, essentiellement monodisciplinaire, ne les a pas préparés. Pour les aider, l'institution a toujours assuré des formations (nationales ou académiques) lors de la mise en place des dispositifs (les EPI au collège en 2016, l'enseignement scientifique au lycée en 2019) et des actions à plus long terme sont menées dans les *maisons des sciences* ou au sein des instituts de recherche sur l'enseignement des mathématiques (IREM). Cependant, le suivi de ces formations n'étant ni obligatoire ni toujours reconnu par l'institution, elles ne concernent souvent que des enseignants militants et convaincus plutôt que d'attirer ceux qui en auraient le plus besoin.

De même, de nombreuses ressources (documents d'accompagnement des programmes) sont disponibles sur le site institutionnel *Éduscol*, mais le suivi des connexions à ce site et les visites des inspecteurs montrent que leur consultation n'atteint pas le niveau espéré.

La création de licences et maîtrises bi-disciplinaires et l'évaluation des candidats aux concours de recrutement dans deux disciplines scientifiques (maths/physique-chimie, maths/info, physique-chimie/SVT, maths/SVT) permettraient sans doute d'assurer une meilleure formation initiale à l'interdisciplinarité, mais elles ne semblent pas être à l'ordre du jour, alors que le système éducatif pâtit fortement du défaut d'attractivité du métier d'enseignant et la de baisse du niveau des candidats aux concours de recrutement.

En guise de conclusion

Il n'est pas difficile de s'accorder sur l'intérêt global d'approches interdisciplinaires dans l'enseignement scolaire. Mais c'est loin d'être suffisant pour réussir leur mise en œuvre concrète et améliorer les apprentissages des élèves. Les questions suscitées méritent d'être posées à tous les niveaux : au niveau de l'engagement individuel des enseignants qui doivent sortir de leur zone de confort disciplinaire, au niveau des établissements qui doivent s'organiser pour la mise en place de projets pédagogiques d'un type nouveau, et

au niveau de l'institution, responsable de la formation, du recrutement et de l'accompagnement de ses personnels.

Anne Burban

Inspectrice générale honoraire de l'éducation des sports et de la recherche (groupe de mathématiques)

Personnalité qualifiée au Conseil supérieur des programmes