

Enseigner les sciences en mettant la main à la pâte

Aurélien Alvarez^(*)

Résumé

La Fondation *La main à la pâte* a pour mission de contribuer à améliorer la qualité de l'enseignement de la science et de la technologie à l'école primaire et au collège. Son action, conduite au niveau national et international, est tournée vers l'accompagnement et le développement professionnel des professeurs enseignant la science. Dans cet article, nous insistons davantage sur l'interaction entre mathématiques, informatique et sciences de la nature dans différentes actions conduites au sein de *La main à la pâte* ces dernières années.

1. « Qu'est-ce qu'une bonne définition ? »

En 1902, une grande réforme des lycées vit le jour avec pour ambition de former non seulement les garçons de la bourgeoisie libérale destinés « aux hautes spéculations », mais également ceux de la bourgeoisie économique et industrielle. Cette réforme mit fin au monopole de l'enseignement des humanités classiques au lycée, de la classe de sixième à la terminale, et la place accordée à l'enseignement des sciences et des mathématiques fut profondément renouvelée. C'est à l'occasion d'un cycle de conférences sur les sciences dans l'enseignement dans le cadre de cette réforme qu'Henri Poincaré adressa aux professeurs de sciences des grands lycées parisiens la question suivante : « Qu'est-ce qu'une bonne définition ? », non pas pour le philosophe ou le savant, mais spécifiquement dans l'enseignement. À partir d'exemples bien concrets, Poincaré donna des conseils pédagogiques précis argumentant qu'une bonne définition reste une définition comprise par les élèves et signala le paradoxe suivant face auquel les professeurs se doivent de trouver une solution :

« Qu'ils [les élèves] soient incapables d'inventer, passe encore, mais qu'ils ne comprennent pas les démonstrations qu'on leur expose, qu'ils restent aveugles quand nous leur présentons une lumière qui nous semble briller d'un pur éclat, c'est ce qui est tout à fait prodigieux. »

Ce que résuma très joliment Marcel Ascoli dans son compte-rendu de la conférence en écrivant : « [...] on présente aux gens la lumière elle-même, qui les aveugle, et non les objets qu'elle éclaire ».

Plus de cent ans après, il y a un besoin urgent de *montrer les objets*, de ne pas laisser la logique seule guider le pédagogue. Il faut au contraire laisser suffisamment de temps aux élèves pour se forger une intuition des phénomènes et surtout leur montrer la variété des problèmes que les mathématiques et les sciences de la nature permettent d'aborder.

(*) aurelien.alvarez@fondation-lamap.org

2. La cohérence des enseignements scientifiques

La question de la cohérence des enseignements scientifiques est au cœur des actions que mène la Fondation *La main à la pâte* au service du développement professionnel des formateurs et des professeurs au sein de son réseau des *Maisons pour la science* depuis 2012. Les ressources produites au bénéfice des jeunes élèves de l'école primaire depuis vingt ans et des collégiens depuis dix ans, toutes testées en classe, bénéficient des apports de diverses disciplines et sont disponibles sur le site la Fondation [1]. Nous montrons ci-dessous quelques exemples de ces actions, dans le but de faire émerger certaines des interactions qu'elles supposent et des résistances qu'elles tentent d'abolir, tant au sein de la communauté des chercheurs que de la part de professeurs polyvalents dans les écoles et spécialisés dans les collèges.

2.1. Sur les pas d'Ératosthène

Nous sommes environ 245 ans avant Jésus-Christ quand Ératosthène, directeur de la célèbre bibliothèque d'Alexandrie, réalise que l'ombre projetée par un obélisque sur le sol pourrait servir à calculer le rayon de la Terre. Il était connu d'Ératosthène que, le jour du solstice d'été à midi, les objets ne projettent aucune ombre dans la ville de Syène (actuelle Assouan) ; autrement dit, la lumière du soleil pénètre dans les puits aussi profonds soient-ils. Et ce fait n'est pas vrai au même moment dans la ville d'Alexandrie, située sur le même méridien mais à une latitude différente. Partant de la connaissance approximative connue à cette époque de la distance entre les deux villes et de la mesure de l'angle fait par les rayons du soleil par rapport à la verticale à Alexandrie, un calcul tout simple permet à Ératosthène d'en déduire une circonférence d'environ 40 000 km pour la Terre, soit une erreur de moins de 10% par rapport à la valeur moyenne réelle. Impressionnant !

Aujourd'hui, des enseignants un peu partout dans le monde font vivre cette expérience à leurs élèves [Era]. Cette expérience est belle pour plusieurs raisons : elle est simple, facile à réaliser et on calcule au final la circonférence de la Terre, ce n'est pas rien ! Et puis surtout, elle est intrinsèquement pluridisciplinaire puisqu'elle met en jeu à la fois l'astronomie, les mathématiques et la technologie⁽¹⁾. Cette expérience est également l'occasion de faire un peu de géométrie (méridiens, parallèles, ou comment se repérer à la surface de la Terre) et d'ouvrir une page d'histoire aux plus belles époques de la science grecque. Éric Vayssie est professeur de physique au collège Antonin Perbosc de Lafrançaise dans le Tarn-et-Garonne, près de Montauban, et fait partie des professeurs qui entraînent leurs élèves chaque année sur les pas d'Ératosthène. Dans son établissement, plusieurs clubs sont proposés par les enseignants pendant la pause déjeuner, dont un club sciences. Pendant leurs réunions, Éric et ses élèves font des mesures solaires, préparent des conférences, la Fête de la science, etc. Un tel projet fédère les enseignants mais surtout les élèves, notamment les plus timides que l'on voit participer et s'impliquer autant que les autres.

Certains élèves d'Éric Vayssie viennent régulièrement au club sciences pendant les quatre années du collège, si bien qu'il peut facilement suivre les progrès qu'ils

(1) On peut construire soi-même le gnomon, l'outil de mesure.

font, les voir expliquer aux nouveaux des petites choses qu'ils ont bien comprises, faire du bouche à oreille pour attirer d'autres camarades, etc. Bref, une dynamique est créée, dans l'esprit de *La main à la pâte* : bien que les mesures demandent une certaine méthode, elles n'enlèvent rien à l'aspect ludique de l'expérience. Les élèves sont amenés à comparer les résultats de leurs mesures entre eux et se retrouvent de fait confrontés à la notion de proportionnalité. Selon Éric Vayssie, on voit les élèves progresser sur cette notion mathématique fondamentale, ainsi que sur les mesures d'angles ou la notion d'angles alterne/interne : ce sont des choses qu'ils intègrent facilement lorsqu'elles apparaissent dans des problèmes bien concrets. Dans un tel projet, les graphiques sont également au rendez-vous et aussi les interpolations. Eh oui, parfois il pleut le jour où il faudrait faire la mesure ! Ou alors c'est un dimanche... Faire des mesures les jours précédents et suivants, puis interpoler plaît beaucoup aux élèves qui, d'une certaine façon, aiment l'idée de prévoir les choses. Comprendre les phénomènes et essayer de les prédire, finalement n'est-ce pas essentiellement cela faire de la science ?

2.2. 1, 2, 3... codez !

La Fondation *La main à la pâte* a été intégrée de façon informelle à un groupe de travail de l'Académie des sciences sur la place de l'informatique dans les enseignements primaire et secondaire. Ce groupe de travail a produit en mai 2013 un rapport intitulé « L'enseignement de l'informatique en France – Il est urgent de ne plus attendre » [2]. Il y est notamment question de l'effort de formation des enseignants qui doit accompagner une introduction des sciences informatiques dans les programmes. La Fondation *La main à la pâte* et le réseau des *Maisons pour la science* se sont saisis du défi de la formation et testent à petite échelle des prototypes d'actions de formation. Comme le montre l'offre de formation du réseau des *Maisons pour la science* [3], certains de ces prototypes dédiés aux sciences informatiques ciblent les professeurs des écoles, d'autres les professeurs de collège, d'autres enfin sont inter-degré. Certains traitent d'informatique débranchée, d'autres de robotique, d'autres de programmation sur PC, d'autres encore de création numérique. Certains se déroulent en présentiel, d'autres comportent une part de formation à distance. Les programmes de ces formations, co-construits et co-animés par des scientifiques et par des formateurs, s'améliorent d'année en année. Ils sont destinés à être repris et adaptés, au-delà des académies bénéficiant de la présence d'une *Maison pour la science*. Cette diffusion des prototypes passe notamment par la formation de formateurs, qui est une priorité du *Centre national* de la Fondation *La main à la pâte*.

Même déployée intensivement, la formation institutionnelle des enseignants aux sciences informatiques prendra toutefois des années. C'est pourtant dès septembre 2016 que les sciences informatiques font leur entrée dans les programmes. Face à ce constat, la Fondation *La main à la pâte* active un autre levier de formation, complémentaire du précédent : elle produit des ressources pédagogiques permettant aux professeurs des écoles et aux professeurs de mathématiques, de technologie et de sciences des collèges de s'auto-former tout en préparant leurs séquences de classe. Un premier module pédagogique, intitulé « 1,2,3... codez ! » [123], a été publié le 2

juin 2016. Ce module propose des séquences pédagogiques clé-en-main pour les cycles 1, 2 et 3, parfaitement utilisables pour des élèves de cycle 4 qui débutent en sciences informatiques, ce qui sera le cas à la rentrée 2016. Pour chaque cycle d'enseignement, le module « 1, 2, 3... codez ! » propose au moins une séquence d'informatique débranchée et une séquence d'informatique branchée. Les séquences sont scénarisées et certaines s'appuient sur une pédagogie de projet. Toutes laissent une large place à l'investigation et à la formalisation des concepts clés des sciences informatiques (algorithmes, machines, langages, ...). Un second module pédagogique est actuellement en préparation. Destiné à des élèves de cycle 4 ayant déjà une première expérience des sciences informatiques, il proposera des projets concrets, parfois interdisciplinaires, pouvant être mis en œuvre en classe de mathématiques, en technologie ou dans le cadre des Enseignements Pratiques Interdisciplinaires (EPI).

2.3. L'investigation au collège

L'EIST, enseignement intégré de science et technologie, a été initié sur l'impulsion de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies en 2006. Il cherchait à répondre à cet enjeu : quel format imaginer pour laisser le temps nécessaire à l'investigation au collège, tout en facilitant la transition entre le premier et le second degré ? Cet enseignement s'adresse aux classes de 6^e et 5^e et propose aux enseignants de physique-chimie, sciences de la vie et de la Terre et technologie de travailler ensemble à l'élaboration d'une progression unique de science et technologie élaborée à partir d'un thème commun. Au cours de l'année, chaque enseignant travaille avec un groupe d'élèves pour lequel il n'est plus professeur disciplinaire mais devient enseignant de science et technologie.

L'idée de l'EIST est d'amener les élèves à découvrir le monde qui les entoure. Pour comprendre les phénomènes auxquels ils seront ainsi confrontés, ils croiseront, sans le savoir car les disciplines ne sont plus étiquetées, les regards du biologiste, du géologue, du technologue, du chimiste, du physicien, ... De plus, l'EIST repose sur un fonctionnement en effectifs réduits : deux classes sont réparties en trois groupes suivis chacun par un seul enseignant. Ainsi, les élèves, habitués à être encadrés par un enseignant unique au primaire, qu'ils connaissent et qui les connaît bien, retrouvent ce format en sciences au collège.

L'autre richesse de l'EIST est le partage de compétences entre pairs. Cet enseignement ne prétend en aucun cas à la trivalence de l'enseignant, qui nierait l'expertise disciplinaire de chacun. Au contraire, il se nourrit de l'expérience que chaque professeur a acquise dans son domaine. Les échanges et débats occasionnés par ce travail en équipe coûtent certes un effort conséquent, mais donnent souvent naissance à des projets innovants et motivants pour les élèves.

Comment se construit concrètement un EIST ?⁽²⁾ Dans un premier temps, les enseignants échangent sur les objectifs de leurs programmes respectifs afin de

(2) Concernant les aspects pratiques et administratifs, consulter la présentation de l'EIST sur le site Interfaces <http://www.fondation-lamap.org/fr/interfaces>, mis en place par la Fondation *La main à la pâte* pour accompagner les projets interdisciplinaires au collège. Ce site remplace l'ancien site dédié à l'EIST, avec une vision élargie à l'EIST, les ÉPI et toute autre forme d'interdisciplinarité au collège.

prendre connaissance des contenus des trois disciplines. De là, ils cherchent à identifier un thème fédérateur qui sera le fil rouge de l'année et qui leur permettra d'aborder les notions de chaque discipline de la façon la plus naturelle possible. Ce thème peut ensuite prendre une coloration particulière selon les envies ou le contexte spécifique à chaque équipe. Par exemple, une équipe parisienne a choisi une année d'emmener ses élèves de sixième dans l'aventure du Tour du monde en 80 jours de Jules Verne. Chaque séance débutait par la lecture d'un court extrait de l'histoire dont les péripéties avaient été adaptées afin qu'elles ouvrent sur une question explorable par les élèves. Ceux-ci attendaient avec impatience le cours d'EIST pour connaître la suite de leurs aventures. Le thème de l'habitat quant à lui est bien adapté aux programmes de cinquième. Selon l'inspiration des enseignants, il peut être décliné sous différentes formes : l'habitat du futur, la ruche, les cités aztèques, ... L'exploration spatiale permet également de judicieux recoupements entre disciplines : comment emmener un équipage sur Mars et lui donner les moyens d'y vivre et d'étudier cette planète ? Les élèves s'interrogent ainsi sur les besoins du corps humain, les matériaux nécessaires à la construction de la navette, les ressources énergétiques, etc. En général, une année d'EIST se conclut par une production de fin d'année, ce qui peut donner l'occasion d'organiser un événement à destination des parents dans l'établissement.

L'EIST est avant tout une démarche d'une équipe volontaire qui a envie d'aller plus loin dans ses interactions. Témoignage de Virginie Biscarat, enseignante d'EIST au collège Pierre de Castelnau à Geaune⁽³⁾ : « Le travail d'équipe en EIST qui part d'une faiblesse de chaque enseignant de l'équipe car nul ne maîtrise les connaissances et les compétences de ses collègues, va devenir la force de cet enseignement : les professeurs vont mutualiser leurs connaissances disciplinaires, préparer leurs séances en commun, réfléchir à leur façon de faire, à leur progression, à leur démarche, échanger, analyser leurs pratiques, faire le bilan, et évoluer, ... Avec l'expérience, l'EIST est l'occasion d'homogénéiser nos objectifs (autonomie, rigueur, expression écrite et orale, compétences du socle commun, ...) et de construire une culture scientifique commune aux trois disciplines ; objectifs et culture que nous réinvestissons dans nos enseignements disciplinaires. »

D'abord testé par quelques collèges, puis étendu progressivement, ce dispositif compte à la rentrée 2015-2016 quelques deux cents établissements en France et une quinzaine dans le réseau de l'AEFE. Pour accompagner l'EIST, la Fondation *La main à la pâte*, ainsi que le réseau des *Maisons pour la science*, proposent des actions de développement professionnel axées autour du travail en interdisciplinarité. Cette offre est complétée par le site *Interfaces*, dédié à l'interdisciplinarité au collège, et sur lequel les enseignants pratiquant l'EIST ou tout simplement intéressés par le travail à la croisée des disciplines, peuvent trouver des ressources pour la classe, des éléments de culture scientifique et des annonces de formation.

(3) académie de Bordeaux

3. Une offre de développement professionnel en science ancrée dans la science vivante

Tandis que la réforme des programmes se met en place à la rentrée scolaire 2016, abolissant les disciplines différenciées au profit d'un enseignement de science et technologie en sixième, introduisant les enseignements pratiques interdisciplinaires (EPI) en cycle 4, la Fondation *La main à la pâte* a acquis une expérience qui la rend directement opérationnelle pour former des professeurs et des formateurs d'école primaire et de collège aux pratiques interdisciplinaires. Dans toutes les actions de La main à la pâte interviennent conjointement des personnes dont le métier est la recherche scientifique et des personnes habiles à mettre en œuvre des démarches d'investigation dont le métier consiste à former des professeurs. Quatre exemples d'actions (parmi beaucoup d'autres !) proposées par *La main à la pâte* en lien avec les mathématiques :

- « Expérimentons les maths ! » ;
- « Science informatique : algorithmique et programmation », avec une journée « branchée » et une autre sans machine [Algo] ;
- « La notion d'infini sous le regard de plusieurs disciplines », où il est question d'infini dans les arts, en architecture, en mathématiques et en philosophie [Inf] ;
- « Solides en réalité augmentée 3D », pour un lien entre géométrie dans l'espace et technologie [Sol].

« Expérimentons les maths ! », de quoi s'agit-il ? C'est tout d'abord une action de développement professionnel hybride (avec deux jours à l'Institut Henri Poincaré et des rendez-vous en visio-conférence réguliers pendant l'année en petits groupes) qui s'adresse prioritairement à des formateurs des premier et deuxième degrés [Exp]. Observer des bulles de savon, optimiser un temps de parcours, nouer/dénouer des bouts de ficelle, ... Derrière toutes ces activités que les enfants pratiquent facilement avec motivation et enthousiasme, on découvre des mathématiques en lien avec les autres sciences, et des raisonnements que l'on peut expliquer dès l'école élémentaire ou le collège. « Expérimentons les maths ! », c'est d'abord l'opportunité pour les participants d'explorer certaines de ces activités, d'examiner des possibilités d'exploitation en classe et de s'appropriier l'idée que les mathématiques sont aussi, en un certain sens, une science expérimentale ! Retrouvez quelques propositions d'activités pour la formation et la classe sur le « Mini-site Expérimentons »[4].

Modestement bien sûr, la Fondation La main à la pâte essaie donc de relever à sa manière le défi de Marcel Ascoli en montrant sous une lumière différente et moins aveuglante les sciences, et les mathématiques en particulier.

Références

- [1] Fondation La main à la pâte.
<http://www.fondation-lamap.org>
- [2] L'enseignement de l'informatique en France. Il est urgent de ne plus attendre.
<http://www.academie-sciences.fr/fr/Rapports-ouvrages-avis-et-recommandations-de-l-Academie/l-enseignement-de-l-informatique-en-france-il-est-urgent-de-ne-plus-attendre.html>
- [3] L'offre dans le réseau des Maisons pour la science.
<http://www.maisons-pour-la-science.org/node/5429>
- [4] Mini-site Expérimentons.
<http://www.fondation-lamap.org/fr/math>
- [123] 1,2,3... codez !
<http://www.fondation-lamap.org/123codez>
- [Era] Sur les pas d'Ératosthène. Mesurer le tour de la Terre.
<http://www.fondation-lamap.org/fr/eratos>
- [Exp] Expérimentons les maths ! Centre national.
<http://www.maisons-pour-la-science.org/node/1467>
- [Algo] Science informatique : algorithmique et programmation. Centre national.
<http://www.maisons-pour-la-science.org/node/1564>
- [Inf] La notion d'infini sous le regard de plusieurs disciplines. Maison d'Auvergne.
<http://www.maisons-pour-la-science.org/node/1560>
- [Sol] Solides en réalité augmentée 3D. Maison de Bretagne.
<http://www.maisons-pour-la-science.org/node/6191>