



Un enseignement de l'informatique de culture générale pour tous les élèves – Pourquoi et comment

Jean-Pierre Archambault ¹

Entamé il a une quarantaine d'années, le lent et chaotique cheminement de l'enseignement de l'informatique se poursuit dans le système éducatif, au lycée en particulier.

Rappelons qu'il existait dans les années 80 et 90 une option d'informatique dans les lycées d'enseignement général. Présente dans un lycée sur deux et en voie de généralisation, elle fut supprimée une première fois en 1992, rétablie en 1995 puis à nouveau supprimée en 1998. Ce fut alors le temps du « désert explicatif » avec le B2i dont l'échec était prévisible.

Et puis ce furent les actions conjuguées en faveur de cet enseignement, actions qui continuent, de l'EPI (association Enseignement public et informatique), de l'ASTI, de SPECIF puis de la SIF ((Société informatique de France), d'Inria... et de personnalités du monde informatique, comme Gérard Berry, professeur au Collège de France.

En 2007, l'entrevue de l'EPI à l'Élysée enclencha une dynamique nouvelle². Les actions alors menées permettront de modifier le paysage, avec des résultats, la légitimité d'un enseignement de l'informatique étant ainsi reconnue par l'institution éducative.

1. Président de l'EPI (Association Enseignement Public et Informatique). Membre du Conseil d'administration de la SIF.

2. Dépêche de l'AEF du 27 septembre 2007 « L'association EPI défend à l'Élysée l'enseignement de l'informatique à l'École », https://www.epi.asso.fr/revue/editic/aef_jb-jpa.htm

Et il y a eu ce rapport de l'Académie des sciences publié en mai 2013 « L'enseignement de l'informatique en France. Il est urgent de ne plus attendre »³. L'Académie préconise la création dans le secondaire d'une discipline de science informatique pour tous et pour l'ensemble des niveaux. Son enseignement doit débiter dès le collège au même titre que celui de la physique ou de la biologie, après une sensibilisation à l'école primaire. Mais il ne doit pas être à caractère optionnel, puisque ce sont bien tous les citoyens qui sont déjà confrontés à des questions qui ne pourront se résoudre que grâce à une véritable compréhension du monde numérique, rendue possible par une initiation à la science informatique.

1. Un état des lieux

Au lycée, se sont installés progressivement⁴ :

- un enseignement de spécialité optionnel « Informatique et sciences du numérique » (ISN) en Terminale S (rentrée 2012),
- un enseignement d'informatique pour tous les élèves des CPGE scientifiques (rentrée 2013),
- un enseignement d'exploration « Informatique et création numérique » (ICN) en classe de seconde (rentrée 2015),
- un enseignement facultatif « Informatique et création numérique » (ICN) en Premières ES, L et S (rentrée 2016).

Un enseignement optionnel en Terminales ES et L verra le jour à la rentrée 2017.

Et, depuis la rentrée 2016, au collège, un enseignement d'informatique est confié aux professeurs de mathématiques et de technologie : algorithmique, programmation, machines, réseaux. La question de la cohérence des deux enseignements est posée. Et, toujours depuis la rentrée 2016, les élèves peuvent dès le CE1 coder des déplacements à l'aide d'un logiciel de programmation adapté, ce qui les amènera au CE2 à la compréhension et la production d'algorithmes simples⁵.

3. http://www.academie-sciences.fr/pdf/rapport/rads_0513.pdf

4. Voir notamment :

- ISN-TS : BOEN n° 8 du 13-10-2011, http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?cid_bo=57572
- ISN au bac : http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?cid_bo=57489
- Programme de seconde : <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000030964520>
- Programmes des premières et terminales, BO n° 29 du 21-07-2016, http://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?cid_bo=104657
- BO n° 29 du 21-07-2016, grilles horaires : http://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?cid_bo=104635

5. BOEN n° 11 du 26-11-2015, http://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?cid_bo=94753

Ces avancées doivent se consolider et s'étendre car elles sont encore (très) insuffisantes au regard des enjeux majeurs dans notre société où l'informatique et le numérique sont omniprésents. En effet, il y a là d'abord pour tous les élèves, et donc pour la société et le système éducatif, un enjeu fort de culture générale dont on sait que l'enseignement scolaire relève fondamentalement. Or, paradoxe, les élèves sont encore peu nombreux à rencontrer, lors de leur parcours à l'École, l'informatique en tant que matière scolaire scientifique et technique. Il faut donc un enseignement d'informatique pour tous les élèves.

On parlera ici de l'enseignement général. Dans les enseignements techniques et professionnels, l'informatique et les ordinateurs se sont banalisés depuis une trentaine d'années : les mutations profondes de la production, des entreprises, des administrations, des métiers et des qualifications obligent⁶.

2. Pourquoi faut-il enseigner aujourd'hui la science et technique informatique ?

Pour répondre à cette question, il faut examiner la place prise par l'informatique dans la société au prisme des trois missions traditionnelles de l'École, à savoir former l'homme et la femme, le travailleur et le citoyen.

Le citoyen

Des parallèles sociétaux

Lors des débats sur l'énergie, un citoyen sait « de quoi il retourne » dans la mesure où il peut se référer à ses cours de sciences physiques. Idem pour les débats sur les OGM avec ce qu'il a appris en SVT. Notre quotidien est fait de machines (toujours plus sophistiquées) et de moyens de communication (de plus en plus complexes) qui paradoxalement, parce qu'ils banalisent l'utilisation des ondes ou celle de l'électricité, font écran aux connaissances complexes nécessaires à leur production. Contrairement à des idées reçues en la matière, pourtant, il ne s'agit pas seulement de maîtriser les savoirs technologiques de base pour pouvoir suivre les dernières évolutions des voitures, machines à laver et robots divers mais bien de déterminer les composantes scientifiques qui les sous-tendent et peuvent éclairer les débats actuels

6. Cela concerne notamment les formations suivantes :

- Terminale STMG (sciences et techniques de management et de gestion – bac technologique) : la spécialité SIG (systèmes informatiques de gestion).
- Première et Terminale STI2D (sciences et techniques de l'ingénieur et développement durable – bac technologique) : la spécialité SIN (systèmes d'information et numérique).
- BTS SIO (services informatiques aux organisations), un peu conçus comme suite de la STMG spécialité SIG.
- BTS SN (systèmes numériques) avec l'option IR. Ça donne BTS SN-IR : informatique et réseaux (leur référentiel recouvre *a priori* l'informatique de L1, L2 et L3).

et surtout à venir. Comment espérer maîtriser des évolutions cruciales pour l'avenir sans s'appropriier les éléments déterminants qui font notre environnement et le modifient ? Comment alors accepter que des savoirs indispensables pour structurer les connaissances nécessaires soient abandonnés en cours de scolarité ou relégués à un supplément d'âme ?

Effectivement, comme si l'on pouvait parler avec pertinence des effets des sciences, de ce qu'elles sous-tendent et entraînent, du monde qu'elles contribuent à créer, sans les connaître ! Il faut « ouvrir le capot ». Les sciences ont une contribution spécifique et irremplaçable à l'exercice de la citoyenneté. Il y a en France un réel problème des enseignements scientifiques. Cela étant, le citoyen qui a fait des études secondaires a (encore) des connaissances pour se faire son opinion. Ces apprentissages se sont faits dans un cadre disciplinaire : la physique, la chimie sont des matières scolaires en tant que telles.

Et l'informatique ?

Mais, concernant l'informatique, il n'en va pas de même pour tous les élèves, loin de là. Le numérique est partout. Présent dans une multitude de domaines, il est la numérisation de l'information. Or l'informatique est la science de la représentation et du traitement de l'information numérisée. Elle est la science du numérique comme la biologie est celle de l'étude du vivant. Quid de tous les élèves qui n'ont pas étudié cette science ?

Que signifie « code source » pour quelqu'un qui n'a jamais écrit la moindre ligne de programme ? « Neutralité du Net » pour celui qui n'a aucune représentation mentale d'un réseau informatique ? Le trafic sur Internet ne cesse de croître, une évidence que cette rançon du succès ! La vidéo, gourmande en bande passante, sature les réseaux. Le marché mobile des terminaux explose. Les infrastructures doivent évoluer et se développer, le haut débit en premier lieu. Qui doit payer ? Qui pourrait payer ? Des mesures de discrimination, blocage et filtrage (pour les flux illicites), antinomiques avec la philosophie du Net, sont mises à l'ordre du jour, issues de problématiques comme la lutte contre la cybercriminalité, les modèles économiques de l'immatériel, des industries culturelles. La neutralité du Net rencontre ici les débats qui ont accompagné en leur temps la transposition de la DADVSI, la loi Hadopi... La question se pose également de savoir si le Net est vraiment neutre. Et si la vision d'un cyberspace « idéal » et insensible aux réalités géopolitiques de la planète est réaliste et pertinente.

Ce débat sur la neutralité du Net est un débat de société qui concerne d'évidence tout le monde. Il mêle d'une manière inextricable des questions politiques, économiques, juridiques et des concepts scientifiques et techniques : couches et protocoles de l'Internet, adresses IP, réseaux d'accès et de transit, réseaux privés virtuels, routage, gestion du trafic, interconnexion des réseaux, chiffrement, standards ouverts... S'y impliquer suppose des connaissances scientifiques informatiques, des représentations mentales efficaces.

L'on se souvient que lors des votes sur la transposition de la directive européenne DADVSI et de la loi Hadopi, s'il fut abondamment question de copie privée, de propriété intellectuelle, de modèles économiques...., ce fut sur fond d'interopérabilité, de DRM, de code source, de logiciels en tant que tels. Dans un cas comme dans l'autre on n'a pu que constater un sérieux déficit global de culture informatique largement partagé... La question se pose bien de savoir quelles sont les représentations mentales opérationnelles, les connaissances scientifiques et techniques informatiques qui permettent à tout un chacun d'être en phase et en prise sur la société dans laquelle il vit.

Il est bien d'autres débats sociétaux qui requièrent, eux aussi, une culture informatique : les libertés numériques, le respect de la vie privée, l'espionnage généralisé de la NSA, la protection des données personnelles, le vote avec les ordinateurs et les réseaux, etc. Dans les colonnes du *Monde diplomatique*, en décembre 2002, John Sulston, prix Nobel de médecine, évoquant les risques de privatisation du génome humain, indiquait que « *les données de base doivent être accessibles à tous, pour que chacun puisse les interpréter, les modifier et les transmettre, à l'instar du modèle de l'open source pour les logiciels* ». *Open source*, logiciels libres, code source... Encore une fois, c'est quoi le code source pour quelqu'un qui n'a jamais écrit une ligne de programme ? Le libre est aussi un outil conceptuel qui aide à appréhender les problématiques de l'immatériel. Il suppose une culture générale informatique.

Dans un monde où le quotidien, l'entreprise et les administrations, la société sont massivement faits d'objets informatiques, d'ordinateurs, de réseaux, de logiciels, de données, l'informatique est, pour chaque citoyen, la clé de la compréhension de ce monde numérique en construction. Tout élève doit avoir une culture générale informatique même s'il ne sera pas informaticien. Comme il ne deviendra pas nécessairement médecin, infirmier ou ingénieur électricien.

Le travailleur

L'informatisation est la forme contemporaine de l'industrialisation

La France doit former des techniciens, des ingénieurs et des scientifiques qui sachent développer des outils numériques : il y va de l'innovation et de l'emploi, de la création des richesses. L'informatique est une science et technique majeure du XXI^e siècle (elle représente de l'ordre de 30 % de la R&D de par le monde, 18 % seulement en Europe), omniprésente dans l'entreprise et les administrations. Elle intervient dans l'économie de plusieurs façons essentielles, aux niveaux suivants : la production de biens manufacturés ou agricoles, de par l'automatisation de plus en plus poussée des processus de production ; la création de nouveaux produits ou l'amélioration de produits anciens par l'introduction de puces et de logiciels ; la communication entre les personnes⁷. L'industrie automobile recrute aujourd'hui

7. « L'informatique à l'école : il ne suffit pas de savoir cliquer sur une souris », paru dans *Rue89*, Tribune du 28 juin 2012. Jean-Pierre Archambault, Gérard

plus d'informaticiens que de mécaniciens. On ne fait plus d'essais en vol pour fabriquer des avions. Tous les secteurs d'activités sont concernés : chirurgie, médecine, arts, architecture, droit... On a besoin de spécialistes informaticiens bien sûr – on en manque – mais tous les personnels, peu ou prou utilisateurs au quotidien de l'informatique, doivent avoir la culture qui donne le recul et l'efficacité. Gare aux difficultés de dialogue quand sévit l'illettrisme numérique...

Pour illustrer à nouveau l'omniprésence de l'informatique dans le monde du travail, quelques exemples parmi beaucoup d'autres. Anthropologues, ethnologues, sociologues, géomaticiens... n'ont pas pu échapper ces dernières années à la montée en puissance de l'algorithmique. Alors qu'il a fallu plus de 10 ans et 3 milliards de dollars pour réaliser le premier séquençage humain complet, il est aujourd'hui possible d'en réaliser un en quelques jours pour moins de 1 000 dollars. Ainsi la taille des bases de données génétiques a-t-elle explosé. L'ère du « super-numérique » est bien là⁸. Sans superordinateur, plus de prévisions météorologiques, et pas de modèles de changement climatique. L'innovation sera digitale ou ne sera pas. Des pans entiers de notre économie sont déjà dépendants du calcul intensif. Il est par exemple impensable de se passer de cet outil pour concevoir un avion. Ce n'est donc pas par hasard que la Chine à son tour soit entrée dans la course – et de suite par la grande porte – en fabriquant le supercalculateur le plus puissant au monde. Celui-ci peut réaliser 30 millions de milliards d'opérations par seconde en consommant une puissance électrique équivalant à six TGV à pleine vitesse. L'Inde, la Russie et d'autres ne sont d'ailleurs pas en reste. L'Europe n'a plus que 5 % des parts de marché dans ce domaine.

Des emplois vont disparaître, d'autres vont apparaître (somme nulle, positive ou négative ?), quasiment tous les métiers existants vont être peu ou prou transformés par la numérisation de l'information. Comment espérer exercer les métiers du XXI^e siècle sans avoir une culture générale en informatique, des savoirs appris à l'École avec une discipline en tant que telle, comme pour les autres sciences ?

L'homme et la femme

On entend souvent dire que, l'informatique irriguant la vie quotidienne de tout un chacun, les nouvelles générations, qui baignent dans Internet depuis leur plus jeune âge, n'auraient pas besoin d'une formation spécifique de nature scientifique et technique. Leurs utilisations d'Internet, dans et hors l'école, suffiraient. Qu'en

Berry, Maurice Nivat. <https://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1209e.htm>, <http://tempsreel.nouvelobs.com/rue89/rue89-nos-vies-connectees/20120628.RUE0924/l-informatique-a-l-ecole-il-ne-suffit-pas-de-savoir-cliquer-sur-une-souris.html>

8. Didier Schmitt, Commission européenne, « Bienvenue dans l'ère du super-numérique », <http://www.latribune.fr/opinions/tribunes/20140214trib000815451/bienvenue-dans-l-ere-du-super-numerique.html>

est-il exactement ? Dans le cadre de sa thèse de doctorat, Cédric Fluckiger a réalisé une étude dans un collège de la région parisienne⁹. Lucas, élève de troisièmes, pense qu'il est nécessaire d'avoir plusieurs abonnements à Internet pour accéder à toutes les pages, car les moteurs de recherche proposés sur les différents portails n'indiquent pas la même liste de sites : « *Wanadoo ils ont pas les mêmes pages. Si je cherche quelque chose, j'aurai pas les mêmes choses dans Wanadoo et dans quelque part d'autre. (...) Ça change tout, c'est pour ça qu'on en a pris trois différents.* » Cet exemple d'utilisation approximative, qui n'est pas unique loin s'en faut, traduit manifestement une représentation mentale erronée de l'environnement numérique dans lequel le collégien évolue. Des pratiques spontanées et sans recul ne suffisent pas à devenir un utilisateur averti. Une bonne appropriation de notions scientifiques fondamentales est indispensable car elle conditionne une utilisation rationnelle de l'outil conceptuel qu'est l'ordinateur et la résolution des problèmes rencontrés au fil du temps présent et à venir dans la société et l'économie numériques. Il faut relativiser fortement les compétences acquises hors de l'École, qui restent limitées aux usages quotidiens. Elles sont difficilement transférables dans un contexte scolaire plus exigeant. Les pratiques ne donnent lieu qu'à une très faible verbalisation. Les usages reposent sur des savoir-faire limités, peu explicites et laissant peu de place à une conceptualisation. Il ne faut pas confondre « consommation » et « création » d'informatique, utilisation « intelligente » des outils.

Pour leur vie de tous les jours aussi, les élèves doivent donc acquérir des connaissances en informatique à l'École, le seul lieu où ils rencontrent la connaissance sous une forme structurée. L'École doit leur donner une culture générale informatique.

À méditer

En décembre 2013, le président Obama appelant tous ses compatriotes à étudier la programmation¹⁰, déclarait « *Ne vous satisfaites pas de l'achat d'un nouveau jeu vidéo : fabriquez-en un !* » leur disait-il. C'est clair : utilisateur mais aussi créateur. Avec un enjeu fondamental, pour le moins à méditer : selon le président des États-Unis, « *l'apprentissage des compétences en jeu n'est pas seulement utile pour le futur des jeunes, il est important pour le futur de notre pays. Si nous voulons que les États-Unis restent en tête, nous avons besoin que de jeunes Américains comme vous aient la meilleure maîtrise possible des outils et de la technologie* ». Rester la première puissance mondiale... Quoi qu'on en pense par ailleurs, vraiment à méditer pour ceux qui ne seraient pas convaincus de l'importance de la chose...

9. Voir « Internet et ses pratiques juvéniles », Cédric Fluckiger, Médialog n° 69, <http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0905d.htm>

10. « Le président Obama appelle tous les Américains à étudier la programmation », <https://www.epi.asso.fr/revue/lu/11312p.htm>

3. L' « essence » des disciplines enseignées

Autre manifestation de l'omniprésence de l'informatique et qui concerne aussi l'enseignement au premier chef : elle contribue à faire évoluer l'« essence » des autres disciplines (objets, méthodes, outils). Prenons l'exemple de la biologie. En une phrase, Ernest Rutherford (1871-1937) énonce la suprématie de la physique en son siècle, en l'opposant à la biologie : « *En sciences, il y a deux choses : la physique et la collection de timbres.* » À l'époque, la technique n'avait pas sa place et les mathématiques se justifiaient par leur utilité en physique. Aujourd'hui, la biologie modélise ses objets en insistant sur leur caractère algorithmique (il faut former les élèves à la pensée informatique qui ne se confond pas avec la pensée mathématique). Les nouveaux déploiements de la démarche scientifique accordent une place importante au choix du langage utilisé pour décrire les objets. Le séquençage du génome, par exemple, repose sur une abstraction nouvelle de ce qu'est un brin d'ADN ou d'ARN : une suite finie à valeurs dans un ensemble à quatre éléments – les informaticiens disent « un mot dans un alphabet de quatre lettres ». Cette question de la représentation informationnelle des objets est une question récurrente en informatique. La biologie s'est dotée d'un appareillage théorique qui se fonde beaucoup sur l'informatique.

De fait, cette évolution est peu ou prou le cas pour toutes les disciplines. Peut-on par exemple imaginer aujourd'hui la géographie sans les systèmes d'information géographique ou la linguistique sans le traitement automatique de la langue ? Ou l'astronomie sans ses pipelines de calculs informatiques, ou la génomique sans ses algorithmes d'analyse de séquences ADN ? Numérisation, bases de données, hypertexte et Internet investissent les sciences humaines. Le théorème des « quatre couleurs » (qui suffisent pour colorer n'importe quelle carte) a été démontré par ordinateur.

Quelque part, à des degrés très diversifiés, l'enseignement des disciplines scolaires doit en tenir compte. Pas de sciences expérimentales sans simulation et EXAO. C'est particulièrement vrai pour les enseignements techniques et professionnels où le traitement de texte s'est substitué à la machine à écrire, la base de données au fichier-carton, le logiciel de DAO à la planche à dessin, la machine à commandes numériques à l'étau-limeur, etc.

4. Le lent et chaotique cheminement de l'enseignement de l'informatique

Les applications de la science informatique sont partout dans la société mais c'est loin d'être le cas pour cette science dans l'enseignement scolaire. Un paradoxe.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser de prime abord, ce paradoxe ne saurait surprendre. Il est même la loi du genre dans tous les domaines. C'est un grand classique : le nouveau émerge toujours dans la douleur. Et cela ne date pas d'hier.

Déjà, Confucius mettait en garde : « *Lorsque tu fais quelque chose, sache que tu auras contre toi ceux qui voulaient faire la même chose, ceux qui voulaient faire le contraire et l'immense majorité de ceux qui ne voulaient rien faire.* » Au début du XX^e siècle, un lobby du courant continu s'évertuait à « prouver », force arguments « scientifiques » à l'appui, que le courant alternatif constituait une impasse...

La création d'une nouvelle discipline scolaire s'avère toujours difficile. On se souvient de discours des années 80 qui, péremptoires, affirmaient que l'informatique était une mode qui passerait comme passent les modes, que la France n'avait plus besoin d'informaticiens. On pourrait multiplier sans fin les exemples... une véritable litanie. Cela étant, on n'est pas obligé de persévérer dans l'erreur. L'enjeu pour la société française est primordial.

Discipline ou pas

Depuis de nombreuses années, concernant le contenu de la culture générale informatique et les modalités pour la donner à tous les élèves, deux approches coexistent. Discipline ou pas ? Pour l'une, les apprentissages doivent se faire d'une manière exclusive à travers les usages de l'outil informatique dans les différentes disciplines existantes. Pour l'autre, l'informatique étant partout, car elle sous-tend le numérique, elle doit être quelque part en particulier, à un moment donné, sous la forme d'une discipline scolaire en tant que telle. Pour les uns, l'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) suffit. Pour les autres, l'usage d'un outil, matériel ou conceptuel, ne suffit pas pour le maîtriser, ni pour donner l'indispensable culture générale de notre époque. Le B2i a traduit l'approche par les « usages ». L'examen de plus de 10 ans de mise en œuvre du B2i, ou d'essai de fait limité de mise en œuvre, montre un échec patent, un échec prévisible.

Apprendre à utiliser un outil ne suffit pas. Pour André Leroi-Gourhan, l'outil n'est rien sans le geste qui l'accompagne et l'idée que se fait l'utilisateur de l'outil de l'objet à façonner. Et d'ajouter : « *Ce qui était vrai de nos lointains ancêtres du Néandertal, quand ils fabriquaient des lames de rasoir en taillant des silex, est toujours vrai : l'apprentissage de l'outil ne peut se faire sans apprentissage du geste qui va avec ni sans compréhension du mode de fonctionnement de l'outil, de son action sur la matière travaillée, ni sans formation d'une idée précise de la puissance de l'outil et de ses limites.* » Cela vaut pour tous les outils, notamment les outils numériques omniprésents dans la vie d'aujourd'hui, et encore beaucoup plus de demain.

5. Les programmes scolaires et la culture générale scolaire

Les programmes scolaires traduisent pour le système éducatif la culture générale d'une époque. Ils fabriquent ainsi une culture générale scolaire. S'il y a des fondamentaux qui demeurent, la culture générale scolaire n'en est pas pour autant immuable. Elle évolue car la société évolue. C'est pour cela qu'il faut aller vers un enseignement de l'informatique pour tous les élèves. Ce qui n'exclut évidemment

pas l'utilisation de l'« outil » informatique dans les différentes disciplines et activités. Faut-il répéter une fois de plus que les deux démarches sont complémentaires ?

Le latin et le grec n'occupent plus la place qu'ils avaient antan. En mathématiques, la géométrie descriptive et les coniques ont disparu, remplacées par les probabilités et les statistiques. Dans les années 1960, la discipline sciences économiques et sociales a été créée, etc.

L'emploi du temps des élèves

Çà et là on nous dit que l'emploi du temps des élèves est déjà très chargé. Mais l'allongement de la scolarité est une tendance lourde. Il est loin le temps où la majorité d'une génération quittait l'école à 10, 12 ans. La marge de manœuvre est réelle pour sortir du cercle (de plus en plus) vicieux qui veut que comme c'est difficile d'introduire une nouvelle discipline, eh bien on ne le fait pas. Si l'on appliquait ce principe dans le futur, on est certain que dans 1000 ans les enseignements seraient les mêmes qu'aujourd'hui ! Et l'on peut essayer d'imaginer ce que serait l'enseignement en 2014 si les pédagogues du passé avaient développé et mis en œuvre des thèses similaires. Les élèves d'aujourd'hui apprendraient, comme dans les écoles médiévales, d'abord la Grammaire, la Dialectique et la Rhétorique, puis l'Arithmétique, la Musique, la Géométrie et l'Astronomie. Pas de Physique, pas d'Histoire, pas de Biologie !

Culture générale et formation professionnalisante

Les disciplines scolaires de l'enseignement général concernent tous les élèves. Elles donnent la culture générale, des fondamentaux que les élèves retrouveront d'une manière diversifiée dans leurs formations ultérieures et leur vie professionnelle. Toutes les disciplines sont des outils au service des autres, et aussi des fins en soi. Cela vaut par exemple pour les mathématiques qui sont au service des sciences physiques ou des sciences économiques ou... Et pour l'informatique bien sûr. Plus les disciplines sont au service des autres, plus elles deviennent une fin en elles-mêmes. Plus elles sont des composantes majeures de la culture des hommes et des femmes. Informatique et littérature même combat ! Écrire un programme ou écrire un texte sont deux activités d'égale dignité, tout aussi passionnantes l'une que l'autre : une fin en soi !

Une formation structurée sur une longue durée doit être organisée comme une fusée à deux étages : les premières années doivent être consacrées à l'apprentissage de savoirs fondamentaux, puis doivent venir les savoirs spécialisés, qui ont vocation à être directement utilisés dans les premières années d'une activité professionnelle. Par exemple, la formation d'un médecin consiste à apprendre d'abord (dès l'école primaire, le collège et le lycée) des généralités sur l'anatomie et la physiologie humaine, avant d'apprendre tel ou tel geste chirurgical ou la posologie de tel ou tel médicament. Cette seconde phase de la formation est très variable en fonction du métier que l'on souhaite exercer : les mêmes savoirs spécialisés ne sont pas nécessaires à

un ophtalmologiste et un anesthésiste, alors que l'un et l'autre doivent savoir que le cœur est à gauche et le foie à droite ou qu'une cellule humaine contient vingt-trois paires de chromosomes.

Si l'enseignement scolaire, à l'école, au collège et au lycée, relève fondamentalement de la culture générale – certains donnant l'impression de ne plus savoir ce que c'est alors qu'ils en ont bénéficié pendant leur scolarité –, il a bien aussi un rôle de propédeutique aux formations professionnalisantes.

6. Quoi enseigner ? Des considérations d'ordre pédagogique

Explicitons les relations entre la culture générale et la culture générale scolaire (n'oublions pas par ailleurs l'importance de la précocité des apprentissages).

Un détour par les mathématiques

À notre époque, par exemple, tout un chacun doit savoir lire une courbe ou un graphique (ainsi la représentation de l'évolution du chômage, de la décélération de son accélération si c'est le cas) et, pour cela, savoir qu'une grandeur peut dépendre d'une autre grandeur. Il étudiera donc les fonctions en cours de mathématiques. Il apprendra des notions comme la continuité, la dérivation. Il résoudra des équations, activité à laquelle, en général, il ne se livrera plus dans sa vie d'adulte, sauf dans le cas où son métier l'exige.

Restons sur les fonctions. L'actualité de la campagne présidentielle fait que le citoyen doit pouvoir se faire son opinion sur les causes de la crise financière latente. Vaste problème. Dans une interview au journal *Le Monde*, le 19 octobre 2009, Benoît Mandelbrot, père de la théorie des fractales, indiquait qu'« *il était inévitable que des choses très graves se produisent* ». Dès 1964, il avait perçu que les modèles mathématiques utilisés par les financiers étaient erronés et avait tenté d'alerter sur leurs dangers. « *Les gens ont pris une théorie inapplicable... Elle ne prend pas en compte les changements de prix instantanés qui sont pourtant la règle en économie. Elle met des informations essentielles sous le tapis. Ce qui fausse gravement les moyennes. Cette théorie affirme donc qu'elle ne fait prendre que des risques infimes, ce qui est faux...* » S'il est difficile au citoyen lambda de discuter sur le fond ce point de vue, il doit néanmoins comprendre la problématique posée, se faire son opinion dans un débat contradictoire. B. Mandelbrot ajoute que « *les catastrophes financières sont souvent dues à des phénomènes très visibles mais que les experts n'ont pas voulu voir* ». Savoir pourquoi il en va ainsi est une question fort intéressante... Un certain niveau de culture mathématique constitue d'évidence une condition d'exercice de la citoyenneté. Il vaut mieux avoir appris à étudier des fonctions à l'École que de ne point l'avoir fait. Il ne s'agit bien évidemment pas pour le citoyen lambda d'être en mesure de mener un débat sur un pied d'égalité avec des spécialistes de haut niveau, mais de percevoir de quoi on parle, d'avoir des intuitions et de pouvoir se faire une opinion dans le cadre d'un débat pluraliste. Plus on en sait mieux ça vaut.

Et rappelons que la démocratie est le gouvernement des affaires de la cité par des « ignorants » !

La formule est bien connue selon laquelle la culture est ce qui reste quand on a tout oublié. Effectivement, à l'École, on apprend des choses dont, ultérieurement, on ne se servira pas tous les jours, loin de là, ou même dont on ne servira plus mais qui, dans des processus d'apprentissage, auront été nécessaires pour avoir une bonne culture générale.

La programmation, excellent outil pédagogique

Et il y a même une cerise sur le gâteau pédagogique. La programmation est un excellent outil pédagogique au service des disciplines, des enseignants et des élèves. Elle favorise l'activité intellectuelle. En effet, on constate une transposition des comportements classiques que l'on observe dans le domaine de la fabrication des objets matériels. À la manière d'un artisan qui prolonge ses efforts tant que son ouvrage n'est pas complètement terminé, un lycéen, qui par ailleurs se contentera d'avoir résolu neuf questions sur dix de son problème de mathématiques (ce qui n'est déjà pas si mal !), s'acharnera jusqu'à ce que fonctionne le programme de résolution de l'équation du second degré que son professeur lui a demandé d'écrire, pour qu'il cerné mieux les notions d'inconnue, de coefficient et de paramètre. Ce surcroît d'activité se révèle être très précieux pour des apprentissages solides. Il enrichit la panoplie des outils pédagogiques de l'enseignant.

7. Des contenus scientifiques

Nous avons vu comment la culture générale scolaire en mathématiques (les fonctions) contribue à l'exercice de la citoyenneté (lecture d'une courbe ou compréhension des crises financières). Le détour est certes grand, mais incontournable, et l'effet lointain. L'élève doit savoir faire confiance à son professeur. Poursuivons. Regardons ce que fait l'École, comment, pour former l'homme et la femme, le travailleur et le citoyen, elle leur donne une culture générale dans les autres domaines de la connaissance. Depuis longtemps, nous savons qu'il est indispensable que tous les jeunes soient initiés aux notions fondamentales de nombre et d'opération, de vitesse et de force, d'atome et de molécule, de bactérie et de virus, de chronologie et d'événement, de genre et de nombre, etc. Pour différentes raisons. La thermodynamique, la mécanique, l'électricité, la chimie sous-tendent les réalisations de la société industrielle, c'est pour cela que les sciences physiques sont devenues discipline scolaire il y a une centaine d'années. Cela concerne effectivement les futurs spécialistes. Mais tout le monde ne sera pas technicien ou ingénieur. En revanche, tout le monde a besoin d'une culture de base en la matière. Au travail mais aussi dans le quotidien car il faut connaître l'environnement moderne. Se connaître aussi, savoir de quoi est fait l'être humain et comment son corps fonctionne, même si, répétons-le, tout le monde n'est pas médecin ou infirmier ou infirmière. Et il y a les débats de société

que nous avons déjà mentionnés. Ces initiations se font dans un cadre disciplinaire. Il est indispensable aujourd'hui d'initier tous les élèves de la même façon aux notions centrales de l'informatique, devenues tout aussi indispensables : celles d'algorithme, de langage et de programme, de machine et d'architecture, de réseau et de protocole, d'information et de communication, de données et de formats, etc. Cela ne peut se faire qu'au sein d'une vraie discipline informatique. Pas d'incompréhensible sort fait à la science informatique au nom d'on ne sait trop quoi¹¹.

Les enseignements à tirer de l'échec du B2i

En effet, l'expérience a montré l'échec du B2i et de son approche exclusive par les usages. Échec prévisible disions-nous. En effet, un tel dispositif suppose implicitement un apport de connaissances mais ne dit pas où les trouver, dans quelles disciplines. Il faut « nommer » les connaissances que l'humanité a pu mettre des siècles ou des millénaires à élaborer. Il n'est déjà pas évident d'organiser des apprentissages progressifs sur la durée lorsque les compétences recherchées sont formulées de manière très générale (du type « maîtriser les fonctions de base » ou « effectuer une recherche simple »), éventuellement répétitives à l'identique d'un cycle à l'autre, et que les contenus scientifiques, savoirs et savoir-faire précis permettant de les acquérir, ne sont pas explicités. Mais, quand, en plus, cela doit se faire par des contributions multiples et partielles des disciplines, à partir de leurs points de vue, sans le fil conducteur de la cohérence didactique des outils et notions informatiques, par des enseignants insuffisamment formés, on imagine aisément le caractère ardu de la tâche au plan de l'organisation concrète. Pour se faire une idée de ces difficultés, il suffit d'imaginer l'apprentissage du passé composé et du subjonctif qui serait confié à d'autres disciplines que le français, au gré de leurs besoins propres (de leur « bon vouloir »), pour la raison que l'enseignement s'y fait en français. Idem pour les mathématiques, outil pour les autres disciplines, avec les entiers relatifs enseignés lors de l'étude de la période avant-après J.-C. en histoire et les coordonnées de celle de la latitude et la longitude en géographie ! Répétons-le, les pratiques seules ne suffisent pas à maîtriser un outil.

Les contenus informatiques à enseigner

11. « La science informatique doit être enseignée dès le secondaire au même titre que la physique ou la biologie », paru le 12 novembre 2013 dans *Le Monde Informatique*, Jacques Baudé, <http://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-la-science-informatique-doit-etre-enseignee-des-le-secondaire-au-meme-titre-que-la-physique-ou-la-biologie-55631.html>

On pourra se référer au programme de l'enseignement de spécialité optionnel « Informatique et sciences du numérique » de Terminale S¹² ainsi qu'au manuel scolaire correspondant édité par Eyrolles¹³.

Dans le cadre des actions menées en faveur de l'enseignement de l'informatique, notamment lors de rencontre avec les responsables du ministère de l'Éducation nationale, l'EPI et la SIF ont été « forces de proposition », répondant à des « commandes » du MEN. On pourra consulter des propositions de programme pour les trois années du lycée, le collège et l'école primaire¹⁴.

Une proposition de formation à l'intention des professeurs habilités à enseigner dans l'option de spécialité de Terminale S a également été faite¹⁵. Un ouvrage correspondant « Introduction à la science informatique » a été édité par le CRDP de Paris¹⁶.

12. « Enseignement de spécialité d'informatique et sciences du numérique de la série scientifique – classe terminale », *Bulletin officiel* spécial n° 8 du 13 octobre 2011, http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?cid_bo=57572

13. *Un manuel scolaire pour ISN en Terminale S*, https://wiki.inria.fr/wikis/sciencinfolycee/images/7/73/Informatique_et_Sciences_du_Num%C3%A9rique_-_Sp%C3%A9cialit%C3%A9_ISN_en_Terminale_S.pdf, et https://wiki.inria.fr/sciencinfolycee/Informatique_et_Sciences_du_Num%C3%A9rique_-_Sp%C3%A9cialit%C3%A9_ISN_en_Terminale_S

14. Communiqué de l'EPI : « Audience de l'association Enseignement Public et Informatique au cabinet du Ministre de l'Éducation nationale », <http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0712f.htm>
 « Pour un enseignement de l'Informatique et des Technologies de l'Information et de la Communication au lycée », Groupe ITIC de l'ASTI, *Epinet* n° 100, décembre 2007, http://www.epi.asso.fr/revue/editic/asti-itic-txt_0711.htm

« Proposition d'orientations générales pour un programme d'informatique à l'école primaire », Serge Abiteboul, Jean-Pierre Archambault, Gérard Berry, Colin de la Higuera, Gilles Dowek, Maurice Nivat, http://www.epi.asso.fr/revue/editic/itic-ecole-prog_2013-12.htm

« Esquisse d'un programme d'informatique pour le Collège », Serge Abiteboul, Jean-Pierre Archambault, Gérard Berry, Colin de La Higuera, Gilles Dowek, Maurice Nivat, <http://www.epi.asso.fr/revue/docu/d1402a.htm>

15. Communiqué de l'Association Enseignement Public et Informatique (EPI), *Epinet* n° 124 d'avril 2010, <http://www.epi.asso.fr/revue/docu/d1004a.htm>

« Proposition de programme de formation pour les enseignants chargés de la spécialité *Informatique et sciences du numérique* en terminale S », http://www.epi.asso.fr/revue/editic/asti-itic-prog-prof_1004.htm

16. « Introduction à la science informatique », <https://framablog.org/2011/09/06/manuel-informatique-sciences-numeriques/>, <https://framablog.org/2011/09/18/manuel-science-informatique-commentaires/>, <http://www.cndp.fr/crdp-paris/Introduction-a-la-science>

8. La formation des enseignants : une question décisive

Si des avancées ont été réalisées, il reste une question décisive en suspens : la formation des enseignants. Comment espérer donner une culture informatique scientifique et technique sans professeurs spécialisés, sans professeurs d'informatique. Formés comme leurs collègues des autres disciplines (pendant cinq années et non en quelques dizaines d'heures, quand ils sont formés, ce qui est loin d'être toujours le cas), c'est-à-dire titulaires d'un Capes ou d'une agrégation d'informatique qu'il faut créer sans plus attendre.

Cette création rapide (concours externes et internes, listes d'aptitude) constituerait un signal fort au plan politique traduisant la prise de conscience, l'engagement, la volonté d'aller résolument vers un enseignement pérenne de culture générale informatique pour tous les élèves. De ce point de vue, la création d'une option informatique dans le Capes de mathématiques (50 % de mathématiques et 50 % d'informatique), en 2017, si elle constitue une avancée, n'est pas à la hauteur des enjeux.

Pendant une période transitoire, la formation continue dans les ÉSPÉ, à renforcer, doit aussi, de manière complémentaire, faire office de formation initiale avec des habilitations du type de celles prévues pour les enseignants d'ISN, des certifications (certifications aussi pour les professeurs des écoles). Il faut que ces formations aient des retombées positives pour la carrière des enseignants. Une reconnaissance claire d'un bénéfice pour les enseignants suivant ces formations sera indispensable pour construire leur motivation. Une organisation institutionnelle serait, par ailleurs, de nature à favoriser la reconversion dans l'enseignement des professionnels de l'informatique qui le désirent.

Tous les enseignants

Il y a les professeurs qui enseignent l'informatique mais tous les enseignants sont concernés et doivent être formés, avec des objectifs distincts. Ils doivent avoir une bonne culture générale informatique. Cela suppose de préciser les choses. En effet, les débats sur la nécessité d'une discipline scolaire informatique sont souvent allés de pair avec une certaine confusion sur les statuts éducatifs, divers et différents, de l'informatique et des TIC. Il est beaucoup question d'usages et d'utilisations pertinents, nécessaires, souhaitables... mais qui ne peuvent pas suffire à donner la culture générale scientifique et technique dont tous les élèves ont besoin, comme l'expérience l'a montré. L'informatique est à la fois¹⁷ :

- objet d'enseignement ;
- outil pédagogique transversal ou spécifique à une discipline, dont on ne dira jamais assez la complémentarité avec le statut précédent, les deux se renforçant mutuellement ;

17. « La diversité de l'informatique à l'École », Jean-Pierre Archambault, <http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1402b.htm>

- facteur d'évolution des disciplines enseignées, de leur « essence » (objets, méthodes et outils); c'est plus ou moins le cas pour toutes les disciplines et particulièrement vrai pour les enseignements techniques et professionnels ;
- outil de travail personnel et collectif des élèves, des enseignants et de la communauté éducative dans son ensemble.

La diversité de l'informatique à l'école, ses statuts éducatifs amènent à distinguer les profils de formation suivants :

- l'ensemble des enseignants pour qui c'est une formation à l'exercice de leur métier ; avec deux niveaux, les enseignants et les formateurs ;
- les enseignants d'une discipline donnée (peu ou prou, toutes les disciplines, d'une manière spécifique, à donner dans un cadre disciplinaire) ;
- les professeurs de la discipline scientifique et technique informatique.

Les enjeux sont essentiels pour l'avenir de tous et l'avenir du pays. Il est vraiment urgent de ne plus attendre.