



Enseigner l'informatique aux jeunes enfants

Maurice Nivat¹

Comme Monsieur Jourdain faisait de la prose sans le savoir, tout le monde programme sans en avoir vraiment conscience. Comme Monsieur Jourdain faisait de la prose dès qu'il ouvrait la bouche pour parler, on effectue un programme ou l'on écrit un programme dès que l'on cherche à atteindre un but au moyen d'une suite d'opérations élémentaires, ces opérations élémentaires (qui peuvent être tout ce qu'on voudra, la définition des opérations élémentaires est très arbitraire) étant échelonnées dans le temps ou simultanées, effectuées par une ou plusieurs personnes accompagnées de machines ou armés d'outils.

Il est rare que nous agissions sans but, notre action globale est la résultante d'une suite d'actions instantanées dirigées, organisées, exécutées dans un certain but. Réveillés à l'instant t , un jour de semaine ordinaire, nous allons à l'école, au lycée, au collège, à la fac, à l'atelier, au bureau, à l'usine, en général comme des automates : la suite des actions à effectuer est programmée à l'avance. Il faut se lever, s'habiller, prendre un petit-déjeuner, sortir de chez soi puis aller là où nous devons aller à pied, en vélo ou en voiture, en suivant un itinéraire connu pour arriver à l'heure h . Pour ce faire nous suivons un programme auquel, la plupart du temps, nous ne réfléchissons guère, car nous l'avons dans la tête, nous le suivons, nous l'effectuons *ne varietur*, jour après jour. Mais il est clair que si un incident se produit, si la voiture est en panne, si les transports en commun sont en grève, si une route est barrée, si nous nous réveillons plus tard que d'habitude, nous devons faire autre chose et la première des choses à faire est d'imaginer une autre façon d'atteindre notre lieu de travail dans le temps imparti. Et là, nous programmons, nous sommes obligés de programmer.

1. Professeur honoraire à l'université Paris Diderot et membre correspondant de l'Académie des sciences.

Stanislas Dehaene, dans sa leçon inaugurale au Collège de France, ne craint pas d'écrire que le cerveau humain est une « machine à programmer » : cet éminent psychologue montre comment, quand nous apprenons à lire, une partie de notre cerveau se transforme pour recevoir le programme « câblé » qui nous permet de lire, c'est-à-dire de transformer en suite de sons émis par notre bouche une suite de symboles écrits sur une feuille de papier ou apparaissant sur un écran.

Nous pouvons résumer l'universalité de la notion de programme en peu de mots : pour faire on suit ou exécute un programme, pour faire faire on conçoit et on écrit un programme. Savoir faire c'est avoir dans la tête des programmes qui précisément permettent de faire.

Les hommes programment donc depuis qu'ils agissent autrement qu'en suivant leur instinct animal : nos lointains ancêtres programmaient une chasse au mammoth, l'érection d'un menhir, comme la fabrication des lames de silex. Des programmes très anciens étaient sûrement déjà très sophistiqués et certain défient même notre science moderne : on ne sait pas comment les hommes préhistoriques mettaient debout des menhirs pouvant peser cent tonnes, on ne sait pas comment les premiers égyptiens, grecs, chinois, romains, incas et autres construisaient avec une précision millimétrique avec des outils très rudimentaires et des appareils de mesure qui l'étaient encore plus. La somme des programmes utilisés depuis les temps les plus reculés est considérable et la plupart ne doivent rien à l'informatique, évidemment tous ceux qui ont précédé l'apparition de l'informatique (que nous faisons naître réellement en 1960 avec l'apparition des premiers langages de programmation de haut niveau, comme on les appelait alors, que sont FORTAN, Algol et Lisp) et encore aujourd'hui la plupart des programmes conçus, mis au point, utilisés, dans les divers secteurs de l'activité humaine, le sont sans intervention directe d'informaticiens.

Mais l'informatique, en soixante ans d'existence, a transformé nos vies, nos façons de travailler, sans doute aussi nos façons de penser et toutes nos façons d'agir. Ceci est dû au mélange de techniques informatiques qui (alliées à beaucoup d'autres) produisent quantités de circuits électroniques et qui permettent de faire effectuer à ces circuits avec une rapidité stupéfiante des opérations fort complexes et de science informatique, celle-ci étant avant tout une réflexion sur les programmes et leur efficacité ainsi que sur les langages permettant de décrire ces programmes. Comme toute science, la science informatique est un savoir concernant les programmes, née de la réflexion et du travail de nombreux chercheurs ainsi que de très nombreuses expériences et observations, qui incorpore, simplifie, explique, permet de comprendre les savoir-faire techniques accumulés au cours des âges, savoir-faire destinés à disparaître quand un nouveau procédé vient en remplacer un autre. La métallurgie, la science des matériaux, qui s'est constituée dans la deuxième moitié du dix-neuvième siècle est un exemple de science qui est née tard par rapport à des techniques qui ont

commencé à se développer dès l'âge du bronze quelques cinq mille ans avant notre ère et c'est plus à elle que je songerais à comparer l'informatique, science des programmes, née encore plus tard par rapport aux premiers programmes conçus et mis en œuvre au néolithique. Sauf que la métallurgie a comme champ d'action l'extraction et la purification des métaux et alliages, qui est une activité importante de l'humanité, mais une parmi des milliers, alors que l'informatique, en tant que science des programmes, a comme champ d'action potentiel l'ensemble des activités humaines qui donnent toutes naissance à des programmes.

La cause est aujourd'hui entendue : il faut enseigner de l'informatique à tous les niveaux de notre système éducatif, un récent rapport de l'Académie des sciences le démontre et cette conclusion est unanimement soutenue par le Conseil national du numérique. On vient aussi d'apprendre que la Grande-Bretagne a décidé de généraliser l'enseignement de l'informatique depuis l'école primaire.

Dans les lignes qui suivent nous tentons de préciser en quoi peut consister cet enseignement surtout pour les plus jeunes à l'école et au collège.

Nous pensons que le principal but de l'enseignement est d'apprendre à parler et à écrire dans sa langue et (un peu, en fait fort peu) dans le langage particulier des mathématiques. Les enfants qui réussissent à l'école et qui réussiront plus tard sont ceux qui parviennent à s'exprimer bien, clairement, correctement, voire avec élégance dans leur langue. On ne saurait surestimer l'importance de la maîtrise de la langue dans tout apprentissage.

Il se trouve que les langues vernaculaires sont mal adaptées à la description de suites d'opérations, comme on s'en convainc aisément en essayant de décrire précisément la suite d'opérations à effectuer pour réaliser des opérations familières et assez simples. Essayez de décrire précisément ce que vous faites pour remettre en ordre un tas d'objets qui ont été dérangés, essayez de décrire la stratégie que vous employez pour jouer à un jeu quelconque et vous serez vite convaincus.

Les manuels d'entretien, les modes d'emploi, les recettes diverses dont nous sommes abreuvés laissent souvent perplexes par leur imprécision, les ambiguïtés qu'ils recèlent aussi bien dans la désignation des actions que dans leur ordonnancement. Même le langage mathématique, qui pourtant se veut rigoureux, n'est pas exempt de cruelles imprécisions : de nombreux exercices proposés aux élèves des collèges et lycées consistent à « simplifier » une expression arithmétique alors que l'on ne sait pas, qu'il n'a nulle part été défini, ce qui est « simple » !

Cette inaptitude qui semble commune à toutes les langues a donné naissance à quantités de langages techniques ou notations spécialisées dont on est obligé de convenir qu'ils sont très peu compréhensibles du profane, de qui n'est pas du métier.

Les machines informatiques s'accommodent mal des imprécisions et des ambiguïtés et c'est ce pourquoi des langages de programmation sont nécessaires : toute

machine a son langage, très analytique puisqu'il décrit tous les déplacements du contenu d'une case de mémoire dans une autre, toutes les deux nommément désignées par leur adresse physique. La programmation en langage machine était cependant très fastidieuse et c'est, comme nous l'avons déjà dit, l'apparition des langages de haut niveau qui a permis de programmer facilement et, en même temps, de constituer une bibliothèque de programmes susceptibles, pour peu que l'on dispose du compilateur voulu, d'être exécutés par n'importe quelle machine. Toutes sortes de gens se sont mis à programmer à partir de 1960 et il est fallacieux de croire que c'était pour calculer, en donnant au mot calcul le sens qu'il a pris dans notre langue : le calcul scientifique n'occupe qu'une faible fraction des ordinateurs en service dans le monde, et les ordinateurs ne contiennent qu'une faible fraction des puces électroniques en service dans le monde. La plupart des ordinateurs servent à archiver, ranger, trier, classer, rechercher d'innombrables informations ou à contrôler des systèmes complexes, la plupart des puces sont incorporées à des machines ou à des systèmes dont elles assurent certaines fonctions à côté d'autres organes physiques mécaniques ou d'acteurs humains.

La pratique de la programmation à grande échelle et le développement de la théorie de la programmation font que c'est à peu près tout qui aujourd'hui se programme, tous les processus, industriels, administratifs, médicaux, architecturaux, dans toutes leurs composantes. C'est cette programmation qui permet de construire des machines de plus en plus à la fois sophistiquées et performantes, c'est cette programmation qui permet d'innover bien souvent en substituant un organe électronique à un organe mécanique, en confiant une opération qui était dévolue à un acteur humain à un organe électronique, quand ce n'est pas toute l'activité d'un être humain qui se trouve effectuée par un robot plus fiable et plus rapide : l'automobile et les économies d'énergie dans le bâtiment comme ailleurs sont deux domaines dans lesquels l'innovation passe pour l'essentiel par l'informatisation, c'est-à-dire le truffage par des puces et des logiciels (et nous n'avons pas encore tout vu ; d'ici dix ans, les voitures déjà dotées de nouvelles fonctionnalités pour automatiquement manœuvrer et éviter les obstacles se conduiront pratiquement — ou presque — toutes seules).

Un des grands pionniers de l'informatique, Donald Knuth, parlait dans la préface de l'ouvrage en trois volumes « *The Art of Programming* », paru dans les années quatre-vingt et qui a eu une influence considérable sur toute une génération d'informaticiens, du plaisir de programmer, plaisir finalement très voisin, pensons-nous, du plaisir d'écrire un beau texte en bon français. Nous pensons que ce n'est rien à côté du plaisir que procure la programmation réussie d'un gros système, car on ne peut programmer sans comprendre complètement comment le système fonctionne ou devrait fonctionner.

L'activité de programmation non seulement ne décroît pas mais elle s'amplifie, à vrai dire, elle a changé de nature : il y a toujours pas mal de gens occupés à écrire

des programmes (baptisés logiciels, quand ils sont suffisamment documentés et testés pour être diffusés ou vendus) réalisant de nouvelles opérations et ceux-ci s'accumulent, il y a toujours la possibilité d'écrire un logiciel innovant qui fait mieux que ses prédécesseurs, ces logiciels se comptent par centaines de milliers mais la programmation est de plus en plus une programmation globale de systèmes dans laquelle les opérations réalisées par les logiciels existants servent d'opérations élémentaires. Le problème à résoudre n'est plus de programmer une machine mais, face à un système, ou un processus, de déterminer quand et comment on peut utiliser des machines pour effectuer des parties des opérations nécessaires et d'assurer la bonne intégration des parties automatisées avec les autres qui restent à la charge d'opérateurs humains.

Il faut apprendre aux enfants à programmer

À nos yeux peu importe dans quel langage, il y en a désormais des quantités et même de nombreux assez simples qui ont été spécialement conçus pour les enfants, comme le langage LOGO de Seymour Papert, on peut même programmer, dans une certaine mesure, en français.

L'amusant est que l'on demande déjà aux enfants de programmer et d'exécuter certains programmes dès leur entrée à l'école primaire et l'on peut difficilement faire autrement :

- la notion de nombre se construit à partir de la mise en correspondance bi-univoque d'un ensemble d'objets et d'une section commençante de la suite des entiers naturels que les enfants doivent apprendre par cœur et cette mise en correspondance résulte d'un programme qui a l'air simple mais qui occupe les élèves du CP pendant trois ou quatre mois : prendre un objet de l'ensemble E et le baptiser un, l'enlever de E, et prendre un objet du nouvel ensemble E, le baptiser deux, et ainsi de suite, jusqu'à ce que E soit vide.
- l'orthographe est constituée de choses qu'il faut savoir, apprendre par cœur, qui ne peuvent s'inventer (par exemple le vent qui souffle, s'écrit *vent*, et non *van*, ou *vend*) et de règles qu'il faut apprendre à appliquer ce qui suppose une analyse de la phrase pour découvrir à quoi se rapporte un adjectif ou quels sont le genre et le nombre de certains compléments.

Nous pensons que tous les petits programmes qui apparaissent ainsi dans l'enseignement d'aujourd'hui doivent être identifiés, explicités, et débarrassés de toutes les ambiguïtés ou incertitudes qui en rendent aujourd'hui la compréhension et la mise en œuvre difficiles.

Si l'on y réfléchit bien, c'est ainsi que l'informatique s'est imposée comme un outil de gestion, aussi bien d'entreprises ou de chantiers, que d'administrations, d'une

grande efficacité : tous les programmes plus ou moins implicites que devaient exécuter le personnel ont été rendus explicites, souvent simplifiés, et toujours débarrassés des imprécisions pouvant donner lieu à des interprétations diverses.

Appliquons à l'école la méthode qui a été appliquée dans la vraie vie : informatiser c'est d'abord expliciter complètement ce que l'on veut faire, c'est décrire précisément toutes les situations qui peuvent se présenter et dire quelle conduite à tenir face à chacune d'elles.

Il faut apprendre aux enfants à ranger, à classer, à ordonner

S'il est une opération que tout le monde est amené à effectuer, c'est ranger, c'est disposer ses affaires ou ses idées ou ses connaissances dans un certain ordre qui permet de les retrouver quand on en a besoin. Les enfants apprennent à ranger bien avant leur entrée à l'école, en général de leurs parents. Curieusement l'école, elle n'apprend pas explicitement à ranger, les professeurs peuvent donner des conseils, peuvent aussi s'insurger contre le désordre d'un enfant, mais « ranger » n'est pas une matière à enseignement. Ranger, comme programmer, est une activité très ancienne, il y avait des bibliothécaires qui dans l'ancienne Égypte rangeaient les papyrus, mais il a fallu attendre le dix-neuvième siècle pour que le rangement devienne un sujet de recherche et donne naissance à des outils techniques destinés à le rendre efficace et rapide : c'est Hollerith qui a inventé la carte perforée, et ainsi donné naissance à l'industrie mécanographique pour exploiter les données fournies par un recensement de la population des États-Unis d'Amérique.

Nous venons d'employer le mot de données, nous aurions pu employer celui d'informations. L'informatique s'appelle ainsi parce qu'elle traite l'information, et les ordinateurs parce qu'ils sont faits pour ordonner celle-ci.

Nous n'allons pas tenter de définir précisément ce qu'est l'information, c'est parfaitement inutile. Les seules choses sûres sont que nous avons autant besoin d'information pour vivre que d'oxygène et qu'elle coule à plein bord et que chacun d'entre nous en reçoit une énorme quantité tous les jours, la presse écrite ou parlée en diffuse en continu, le net nous en apporte à domicile beaucoup plus que nous n'en pouvons absorber. Que l'information nous soit indispensable pour vivre est évident : si en nous réveillant nous ne savons pas où nous sommes, si nous ne sommes pas capables de nous situer dans l'espace, ou d'identifier l'espace dans lequel nous nous trouvons, nous ne pouvons évidemment rien faire.

Que nous n'ayons que faire de la plus grande partie de l'information qui nous arrive, que nous percevons avec nos yeux et nos oreilles est aussi manifeste. Heureusement, nous avons une grande faculté d'oubli, la plupart des choses que nous voyons ou entendons disparaissent presque instantanément.

Pour agir, pour vivre, nous avons quand même besoin de beaucoup d'informations qu'en général nous portons avec nous dans notre mémoire. La mémoire humaine

est quelque chose de stupéfiant, elle peut contenir énormément de choses, certaines qui demeurent très longtemps, d'autres qui ne s'inscrivent que le temps où elles sont utiles : mais elle n'est pas toujours fiable et nous notons sur des carnets ou des calepins les informations qui nous paraissent indispensables.

L'informatique a donné naissance à ce qu'on appelle les bases de données pour stocker de l'information en quantité pratiquement illimitée de façon structurée pour permettre la recherche dans ces bases que l'on interroge en posant des questions. Le net a familiarisé tout le monde avec les moteurs de recherche qui donnent les adresses de tous les articles qui sont sur le net dans lesquels apparaissent certains mots, le net agissant alors comme une gigantesque base de données.

Il paraît un peu aberrant que les informations que l'on demande aux élèves d'apprendre, et Dieu sait si elles sont nombreuses, ne soient pas consignées dans des bases de données, alors que partout ailleurs qu'à l'école, dans la vraie vie, les informations, de quelque nature qu'elles soient, le sont ! Car ainsi, non seulement elles sont stockées, mais elles sont structurées, classées, hiérarchisées, reliées entre elles par des relations.

Les enfants dès qu'ils savent lire et écrire devraient constituer leurs propres bases de données contenant, dans un ordre auquel il convient évidemment de réfléchir longuement, l'essentiel de ce qu'ils sont supposés apprendre et savoir dans toutes les matières.

Là, nous devons insister : la programmation est l'explicitation des suites d'opérations à effectuer pour faire quelque chose et nous pensons que le premier but de l'enseignement de la programmation est de faire réfléchir les enfants à la notion d'action, d'obtention d'un but, ou d'un résultat par une suite d'actions qui y mène. Les bases de données sont l'occasion de collecter, de classer des informations et de réfléchir ainsi aux liens qui existent entre elles, donc à la structure de la connaissance. Comme la programmation devrait être enseignée essentiellement à partir de programmes qui apparaissent déjà dans les programmes scolaires, sous forme implicite, les bases de données devraient être construites et utilisées pour structurer les connaissances qu'on leur demande déjà d'acquérir.

Dans les deux cas l'informatique apparaît à la fois comme un outil pratique et comme un outil conceptuel, une espèce de méthode générale pour décrire, préciser, simplifier, effectuer des actions, expliciter des relations. Toutes les matières enseignées devraient idéalement servir de support à une activité et une réflexion informatique, ce qui permettrait de mettre en parfaite lumière le caractère universel de l'informatique, de ses idées, de ses concepts, de ses méthodes, de ses machines.

Conclusion

Le retard que nous avons pris en France, en matière d'enseignement de l'informatique, est dû au fait que longtemps on n'a voulu voir dans l'informatique qu'une

discipline ancillaire, au service des autres. Et beaucoup de gens se sont mis à faire de l'informatique sans en avoir vraiment appris, avec bonheur et parfois grand succès. Le temps où l'on pouvait croire que l'informatique n'était qu'une technique pourvoyeuse d'outils bien commodes est je pense tout à fait révolu.

Par ses concepts l'informatique est au cœur de nombreuses recherches en particulier toutes celles qui portent sur le fonctionnement du cerveau humain, de la mémoire et finalement sur ce que sont vraiment la connaissance et le savoir.

Par ses méthodes de programmation et de structuration des données elle irrigue tous les domaines de la connaissance et tous les secteurs de l'activité humaine.

Il n'est en effet que temps de donner désormais à nos enfants, en commençant par les plus jeunes, la meilleure formation possible à l'informatique.