

Histoire de la masculinisation d'une science : l'informatique

Xavier Leroy

Pourquoi, dans un ouvrage qui étudie les liens entre genre et science, consacrer un chapitre aux sciences informatiques ? Bien sûr, le milieu de l'informatique est connu pour être très genré et attirer peu de femmes. Mais c'est également le cas des mathématiques, de la physique et des sciences de l'ingénieur. Cependant, à la différence de ces sciences, qui existent depuis plusieurs siècles, voire plusieurs millénaires, l'informatique est une science récente : on peut faire remonter sa naissance à la construction des premiers calculateurs programmables, vers 1944¹, ou à la publication des articles fondateurs d'Alan Turing² et Alonzo Church³, vers 1936. Au cours de cette brève histoire, la place des femmes en informatique a beaucoup changé : d'une majorité dans les domaines de la programmation et du développement logiciel, lors des quarante premières années, jusqu'à la minorité d'environ 20 % que l'on observe aujourd'hui, en passant par un afflux massif d'hommes dans les années 1980, attirés par l'ouverture de l'informatique au grand public *via* la révolution de l'ordinateur individuel. Tel un film documentaire projeté en accéléré, l'histoire de l'informatique montre de manière frappante comment une science peut se masculiniser⁴ et invisibiliser les contributions des femmes.

Les femmes en sciences informatiques aujourd'hui

Commençons par un état de la situation en France aujourd'hui. Comme l'indique la figure 1, la part des femmes enseignantes-chercheuses titulaires dans les universités françaises en 2022 est de 24 % en sciences informatiques, un chiffre identique à celui de la physique⁵. Seules les mathématiques (22 %) et les sciences de l'ingénieur (20 %) sont plus déséquilibrées, alors que les sciences de la Terre, (30 %), la chimie (38 %) et surtout la biologie et la biochimie (49 %) sont plus proches de la parité. Depuis 2012, ces proportions ont augmenté dans la plupart des disciplines scientifiques, très légèrement (+ 2 %) en informatique, un peu plus nettement (+ 5 %) en biologie.

¹ E. Lazard et P. Mounier-Kuhn, *Histoire illustrée de l'informatique*, Les Ulis, EDP Sciences, 2016.

² A. M. Turing, « On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem », *Proceedings of the London Mathematical Society*, vol. s2-42, n° 1, 1937, p. 230-265 ; traduit et commenté dans A. Turing et J.-Y. Girard, *La Machine de Turing*, Paris, Seuil, 1999.

³ A. Church, « A note on the Entscheidungsproblem », *Journal of Symbolic Logic*, vol. 1, n° 1, 1936, p. 40-41.

⁴ I. Collet, *La masculinisation des études d'informatique : savoir, pouvoir et genre*, thèse de doctorat, Nanterre, université Paris-X, 2005.

⁵ Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (MESR), « Enseignement supérieur et recherche : vers l'égalité femmes-hommes ? Chiffres clés 2024 », <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/vers-l-egalite-femmes-hommes-chiffres-cles-2024-95166>. Sauf attribution spécifique, tous les chiffres cités dans cette section sont tirés de ce rapport.

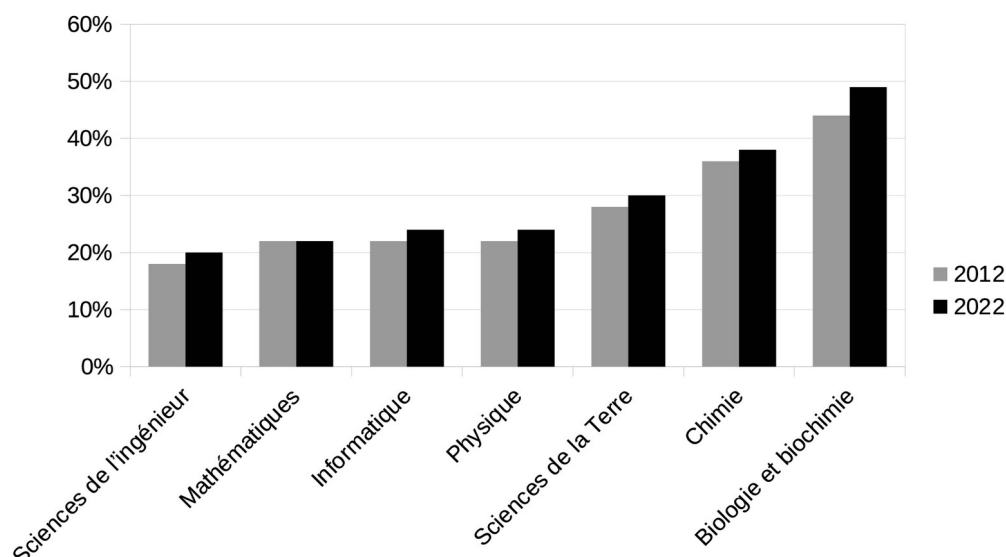


Figure 1. La part des femmes enseignantes-chercheuses titulaires dans les universités françaises en 2012 et en 2022.

Source : ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (MESR).

On retrouve cette proportion de 20 % à 25 % de femmes dans bien d'autres emplois liés aux sciences informatiques : dans les organismes nationaux de recherche (22 % à l'institut CNRS Sciences informatiques⁶ ; 20 % à l'Inria⁷) ; dans les études de doctorat (24 % de doctorantes en informatique en 2022) ; ainsi que dans l'industrie des technologies de l'information et de la communication (19 % en 2023).

Dans beaucoup de professions, la faible représentation des femmes s'explique par des discriminations genrées tout au long de la carrière : « plafond de verre » (les femmes rencontrent plus de difficultés à accéder à des postes plus élevés), « plancher collant » (les femmes sont initialement recrutées sur des positions moins élevées que les hommes, et y restent plus longtemps) ou « tuyau percé » (les femmes sont plus nombreuses à se réorienter ou à arrêter de travailler en milieu de carrière). Tous ces phénomènes sont attestés dans le monde académique⁸, mais semblent moins marqués en sciences informatiques que dans d'autres disciplines. Les proportions de femmes dans le « rang B » (postes de début de carrière académique⁹) et dans le « rang A » (postes plus avancés dans la carrière académique¹⁰) sont quasi identiques au CNRS Sciences informatiques et à l'Inria, et diffèrent assez peu à l'université : 25 % de femmes au rang B et 16 % au rang A. Cet écart est plus important ailleurs : chez les enseignants-chercheurs

⁶ Centre national de la recherche scientifique (CNRS), « Rapport social unique 2022 », tableau 33, p. 46, <https://carrieres.cnrs.fr/rapport-social-unique/>.

⁷ Institut national de recherche en informatique et en automatique (Inria), « Rapport social unique 2022. Livret de synthèse », p. 22, <https://www.inria.fr/sites/default/files/2023-11/Livret%20de%20synthe%CC%80se%20-%20RSU%202022.pdf>.

⁸ Voir l'ouvrage collectif dirigé par F. Fassa et S. Kradolfer, *Le Plafond de fer de l'université : femmes et carrières*, Zurich, Seismo, 2010.

⁹ Maîtres et maîtresses de conférences des universités ; chargées et chargés de recherche des organismes nationaux de recherche.

¹⁰ Professeures et professeurs des universités ; directeurs et directrices de recherche des organismes nationaux de recherche.

en biologie, par exemple, on compte 54 % de femmes au rang B en 2022, mais seulement 32 % au rang A. Cependant, la proportion de femmes au rang A a nettement augmenté depuis 2012 en biologie, mais aussi en physique et en chimie, alors qu'elle stagne en mathématiques et en informatique¹¹.

Si les femmes sont aussi peu nombreuses à travailler dans les sciences informatiques, c'est en premier lieu parce qu'elles sont peu nombreuses à suivre des études supérieures en informatique.

Depuis plusieurs décennies, les femmes sont majoritaires dans l'ensemble des études supérieures en France et leur part continue à augmenter. C'est le cas dans les facultés de lettres, de droit et de médecine. Dans les facultés de sciences, la part des femmes parmi les étudiants dépasse maintenant 40 %. Elle se maintient autour de 40 % dans les classes préparatoires aux grandes écoles et de 30 % dans les formations d'ingénieur. Ces chiffres sont encourageants et rassurants quant à la place des femmes dans les emplois scientifiques de demain, mais ils masquent de grandes disparités entre les domaines scientifiques.

Pour les sciences informatiques, on estime la part des femmes à 16 % des étudiants en licence en 2018¹², 23 % des étudiants en master en 2022 et 24 % des doctorants en 2022. Cette part chute sous les 10 % dans certaines écoles d'ingénieurs spécialisées en informatique, ainsi que dans bon nombre de licences et d'IUT en informatique¹³. De même, les femmes sont très peu nombreuses parmi les élèves admis au titre de la filière MPI (mathématiques, physique et informatique) à l'École polytechnique (4 % en 2023) et aux écoles du concours commun Mines-Ponts (8 % en 2023)¹⁴.

Ces chiffres ne sont guère meilleurs dans d'autres pays réputés pour l'excellence de leurs formations en sciences informatiques : 9 % de femmes en licence d'informatique en Suisse, 17 % aux Pays-Bas, 23 % au Royaume-Uni et 25 % aux États-Unis. C'est seulement dans quelques pays d'Asie comme l'Inde, la Malaisie, les Philippines et la Thaïlande que ce taux dépasse les 40 %¹⁵.

La désaffection des femmes pour les études d'informatique ne commence pas à l'université : on peut l'observer dès le lycée. En France, les filles sont depuis longtemps majoritaires dans la voie générale du lycée, ainsi que dans les anciennes filières L (lettres) et ES (économique et social) ; elles représentaient encore 47 % des élèves de la filière S (sciences) en 2015-2016. La réforme de 2018, remplaçant ces filières par treize spécialités, a donné aux élèves du lycée général davantage de possibilités de choisir les cours qu'ils suivent. Ce système a fait apparaître la désaffection des filles pour les sciences exactes : il n'y a plus que 40 % de filles parmi les élèves de la spécialité Mathématiques, et 15 % parmi les élèves de la nouvelle spécialité Numérique et

¹¹ H. Bouchiat, É. Ghys et J. Rochet, « Sciences : où sont les femmes ? », rapport de l'Académie des sciences, 2024, <https://dx.doi.org/10.62686/4>.

¹² T. Chow et M. Charles, « An inegalitarian paradox : On the uneven gendering of computing work around the world », in C. Frieze et J. L. Quesenberry, *Cracking the Digital Ceiling*, Cambridge, Cambridge University Press, 2020, p. 25-45.

¹³ M.-C. Gaudel et B. Rozoy, « Femmes et informatique : état des lieux dans l'enseignement supérieur et la recherche », 1024 – *Bulletin de la Société informatique de France*, n° HS2, 2017, p. 71-82.

¹⁴ H. Bouchiat, É. Ghys et J. Rochet, « Sciences : où sont les femmes ? », *op. cit.*

¹⁵ T. Chow et M. Charles, « An inegalitarian paradox », *art. cit.*

sciences informatiques. Aux États-Unis, il y a seulement 30 % de filles parmi les élèves de lycée qui suivent un cours avancé d'informatique (*advanced placement in computer science*).

Sans creuser davantage les chiffres, on constate clairement que les études en informatique présentent un fort déséquilibre des genres et que ce déséquilibre ne montre aucun signe de réduction. Mais il n'en a pas toujours été ainsi. L'afflux massif des femmes dans les études supérieures et les professions intellectuelles des années 1970 a autant profité à l'informatique qu'aux autres sciences, à la médecine et au droit. Comme le montre le graphique de la figure 2, la proportion de femmes diplômées en informatique aux États-Unis a fortement augmenté à partir de 1968 pour culminer à 37 % en 1984. Il en va de même pour le métier de programmeur informatique (développeur de logiciels), où les femmes étaient historiquement bien présentes dès les premières années de l'informatique. C'est seulement vers la fin des années 1980 que l'informatique se masculinise fortement pour atteindre la situation actuelle.

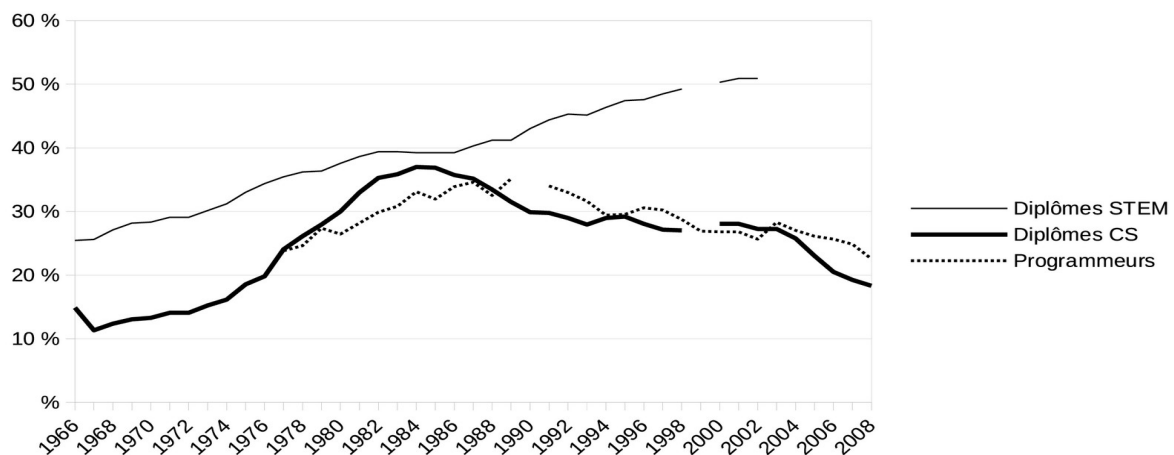


Figure 2. La part des femmes parmi les diplômés en sciences (STEM : *science, technology, engineering, and mathematics*), les diplômés en informatique (CS : *computer science*) et les programmeurs professionnels aux États-Unis de 1966 à 2008.

Source : d'après J. Abbate, *Recoding Gender : Women's Changing Participation in Computing*, Cambridge, MIT Press, 2012, p. 3 et p. 146.

Nous discuterons de cette transition plus loin. Pour l'instant, revenons sur les premières années de l'informatique et le rôle qu'y ont joué de nombreuses pionnières.

Les femmes dans les premières années de l'informatique

Les informaticiens aiment à rappeler que le premier programme informatique de l'histoire a été écrit en 1842 par une femme : Augusta Ada King, comtesse de Lovelace (1815-1852). Élevée par sa mère dans l'étude des sciences, dans l'espoir qu'elle échappe à la folie de son célèbre père, Lord Byron, Ada Lovelace a travaillé avec Charles Babbage, mathématicien de l'Université de Cambridge, concepteur du *analytical engine*, le premier calculateur mécanique programmable à l'aide de cartes perforées. En traduisant en anglais des notes de Luigi Menabrea décrivant

l'architecture de ce calculateur, Ada Lovelace a ajouté plusieurs annexes, dont une détaillant instruction par instruction le calcul de la suite des nombres de Bernoulli par la machine de Babbage, ce qui constitue le premier programme informatique connu.

La machine de Babbage, trop complexe, ne fut jamais fabriquée et les travaux de Babbage et Lovelace tombèrent dans l'oubli jusqu'aux années 1980. Ils n'eurent aucune influence sur le développement de l'informatique moderne. Cependant, l'usage des machines à calculer ou à tabuler, mécaniques puis électromécaniques, se répand dans l'industrie et dans l'administration dès le début du XX^e siècle, par exemple pour le dépouillement des recensements ou le calcul des tables actuarielles. Ces machines n'étant pas programmables, ce sont des équipes de dizaines de femmes, les *calculatrices*, qui planifient les calculs et enchaînent les opérations arithmétiques à longueur de journée. Ce nouveau métier est presque exclusivement féminin. Les uns disent que des qualités féminines comme la méticulosité et la patience y font merveille ; les autres, qu'il s'agit d'un de ces emplois de bureau qualifiés, exigeants, peu considérés, mal payés et sans perspectives de carrière que les femmes ont trouvés en arrivant sur le marché du travail au XX^e siècle.

Lorsque les premiers calculateurs programmables – les premiers ordinateurs modernes – sont apparus, c'est tout naturellement que leur programmation a été assurée par des femmes. On se souvient notamment de l'ENIAC, le premier supercalculateur électronique, construit en 1945, et de ses trois célèbres concepteurs, John Mauchly, J. Presper Eckert et John von Neumann ; mais on a vite oublié qu'il était programmé par une équipe de six femmes, connues collectivement comme les *ENIAC girls*, les « filles de l'ENIAC ». Leur travail n'était pas une mince affaire : les programmes n'étant pas stockés en mémoire, chacun d'eux nécessitait un recâblage complet de la machine... Il a fallu attendre les années 1990 pour que l'on retrouve le nom de ces six femmes : Kathleen Antonelli, Jean Bartik, Betty Holberton, Marlyn Meltzer, Frances Spence et Ruth Teitelbaum, et que l'on reconnaisse leur travail.

Dès l'aube de l'informatique moderne, on voit ainsi se dessiner une division genrée du travail : les hommes conçoivent, construisent et réparent les ordinateurs ; les femmes conçoivent, écrivent et font tourner les programmes. On pourrait dire que le matériel est bleu et que le logiciel est rose ; ou encore, que le matériel vient de Mars et le logiciel, de Vénus...

De nombreuses pionnières de l'informatique ont travaillé sur les langages et les outils de programmation, à commencer par la célèbre Grace Murray Hopper (1906-1992) (figure 3). Docteure en mathématiques, professeure au Vassar College au moment où les États-Unis entrent dans la Seconde Guerre mondiale, elle s'engage dans la Navy et est affectée à un projet de calculateur électromécanique, le Harvard Mark I. C'est là qu'elle prend conscience du formidable potentiel de l'ordinateur, non seulement pour l'armée, mais aussi pour les entreprises. De retour à la vie civile, elle décide de ne pas reprendre son poste à Vassar et rejoint l'industrie naissante de l'informatique, dans une entreprise appelée aujourd'hui Unisys, puis est réintégrée dans la Navy, où elle terminera sa carrière comme contre-amiral, le plus haut grade en temps de paix. Après sa retraite, tout en continuant à conseiller la Navy, elle donnera de très nombreuses conférences, toujours impeccablement sanglée dans son grand uniforme d'amiral, distillant les anecdotes, telle une mémoire vivante de l'informatique¹⁶.

¹⁶ C. W. Billings, *Grace Hopper : Navy Admiral and Computer Pioneer*, Hillside, Enslow Publishers, 1989.

La contribution majeure de Grace Hopper est l'invention du compilateur : l'idée que le code machine qui s'exécute dans l'ordinateur n'est pas forcément écrit à la main, mais peut être engendré par un programme, le compilateur, à partir d'un langage de programmation de haut niveau. Cette approche est maintenant universellement adoptée, mais en 1952, lorsque Hopper montrait son prototype de compilateur, « on » lui expliquait que c'était impossible : « Les ordinateurs peuvent seulement calculer avec des nombres, mais pas manipuler des programmes¹⁷. » On imagine sans peine un « ma petite » à la fin de cette phrase !

Grace Hopper est souvent mentionnée comme l'autrice du langage COBOL, le deuxième langage de programmation moderne après FORTRAN, qui a joué un grand rôle dans l'informatisation des entreprises et des banques. En fait, COBOL a été conçu en 1959 par un comité à partir de plusieurs prototypes, dont le prototype Flowmatic de Grace Hopper. Ce comité était dirigé par une autre femme, Jean E. Sammet, qui développera ensuite le langage FORMAC de calcul symbolique.



Figure 3. Deux pionnières des sciences informatiques.

À gauche : Grace Hopper, inventrice du compilateur et inspiratrice du langage COBOL, dans son bureau à Washington, en 1978. À droite : Margaret Hamilton, programmeuse au MIT pour la NASA, posant en 1969 avec le listing du logiciel qu'elle a développé pour le module lunaire et le module de contrôle de la mission Apollo 11.

Crédits : photo Lynn Gilbert, image sous licence CC-BY-SA 4.0 ; photo MIT Instrumentation Laboratory, domaine public.

¹⁷ « I had a running compiler and nobody would touch it. They carefully told me : computers could only do arithmetic ; they could not do programs. » Propos rapportés par C. W. Billings, *Grace Hopper : Navy Admiral and Computer Pioneer*, op. cit., p. 74.

Bien d'autres avancées majeures dans le domaine des langages et outils de programmation sont dues à des pionnières de l'informatique. Frances Allen (1932-2020), chercheuse au laboratoire d'IBM, a développé le cadre général de la compilation optimisante et de la parallélisation automatique de programmes ainsi que leurs applications au calcul numérique haute performance. Kateryna Iouchtchenko (1919-2001), membre de l'Académie des sciences d'Ukraine, a inventé Adresna, le premier langage de programmation intégrant la notion de pointeur. Mary Kenneth Keller (1913-1985), sœur de la charité de la Bienheureuse Vierge Marie, au Dartmouth College, a contribué à la conception et à l'implémentation du langage BASIC, premier langage spécialement conçu pour l'apprentissage de la programmation, qui a connu un immense succès populaire dans les années 1980 et 1990 comme langage d'initiation à l'informatique. Barbara Liskov, professeure au Massachusetts Institute of Technology (MIT), a identifié des principes fondamentaux des langages de programmation, comme les notions d'abstraction de types et de sous-typage, et développé le langage expérimental CLU. Adele Goldberg, chercheuse au laboratoire PARC (Palo Alto Research Center) de Xerox, a développé Smalltalk, un langage de programmation par objets très en avance sur son temps. Cynthia Solomon, ingénieure chez Bolt, Beranek and Newman, a développé avec Seymour Papert le langage Logo et sa célèbre « tortue », spécialement conçus pour l'enseignement de la programmation aux jeunes enfants.

En plus de leurs contributions majeures à la science informatique, ces femmes ont aussi accumulé les « premières ». Sœur Mary Kenneth Keller est ainsi l'une des deux premières personnes à avoir reçu un doctorat en informatique d'une université américaine¹⁸. Barbara Liskov a été la première femme professeure d'informatique au prestigieux MIT. Jean Sammett et Adèle Goldberg ont été les deux premières femmes à présider l'Association for Computing Machinery (ACM), la principale société savante en informatique. *Last but not least*, Frances Allen et Barbara Liskov ont été les deux premières femmes lauréates du prix Turing, la plus haute distinction en informatique, respectivement en 2007 et en 2008¹⁹.

Au-delà des langages, c'est notre vision globale de la programmation des ordinateurs qui a changé à la suite des travaux de Margaret Hamilton. Programmeuse virtuose travaillant au MIT pour le compte de la NASA, elle a développé le logiciel de contrôle des modules lunaires des missions Apollo, celles qui ont emmené les premiers astronautes sur la Lune. Son code était un chef-d'œuvre de programmation « défensive », c'est-à-dire résistante aux pannes et aux comportements imprévus du matériel. Bien des comportements imprévus se sont produits lors de l'alunissage du module Apollo 11 ; sans la programmation géniale de Margaret Hamilton, il se serait écrasé sur la Lune. Margaret Hamilton est aussi connue pour avoir introduit le concept de « génie logiciel » (*software engineering*), qui constitue aujourd'hui un pan entier des sciences informatiques.

Pour terminer cette galerie de portraits d'informaticiennes, mentionnons deux pionnières françaises qui nous ont récemment quittés : Marion Créhange et Alice Recoque.

¹⁸ Plus précisément, un diplôme de *PhD in Computer Science*. Elle l'a reçu le 7 juin 1965 à l'Université du Wisconsin, le jour même où Irving C. Tang recevait le sien de l'Université Washington à Saint-Louis.

¹⁹ Décerné par l'ACM, le prix Turing est considéré comme le prix Nobel de l'informatique. Sur les 77 lauréates et lauréats de ce prix au moment où j'écris, seuls trois sont des femmes : Frances Allen (2007), Barbara Liskov (2008) et Shafi Goldwasser (2012).

Marion Créhange (1937-2022) a été la première personne à soutenir une thèse de doctorat en informatique en France²⁰, en 1961, à Nancy, soit un an avant Mary Kenneth Keller aux États-Unis. Elle a ensuite fait une longue et fructueuse carrière de recherche au sein du laboratoire d'informatique de l'université de Nancy, notamment sur l'indexation et la recherche d'images.

Alice Recoque (1929-2021) a étudié la physique et l'électronique à l'ESPCI (École supérieure de physique et de chimie industrielles), l'une des rares grandes écoles françaises qui acceptait les femmes dans les années 1950²¹. Diplômée en 1954, Alice Recoque choisit d'entrer dans une *start-up* qui produisait des ordinateurs²², la Société d'électronique et d'automatisme (SEA), qui finira dans le giron du groupe Bull, aujourd'hui Atos. Elle a participé à la conception de deux mini-ordinateurs qui ont marqué leur époque, la CAB500 (1959), un des premiers ordinateurs utilisables de manière interactive, et le Mitra 15 (1971), qui a beaucoup servi pour le contrôle d'installations industrielles et de nœuds de réseaux informatiques. Préoccupée par « le pouvoir de surveillance accru des entreprises et des États²³ » qu'offrent les moyens informatiques, Alice Recoque a contribué à la création de la CNIL, la Commission nationale de l'informatique et des libertés.

Les femmes en informatique dans les années 1970

Au milieu des années 1970, après trente ans d'existence, la science et l'industrie informatiques sont en pleine expansion, tirées par l'informatisation massive des entreprises et par l'afflux d'étudiants en sciences dans l'enseignement supérieur. C'est un milieu professionnel encore ouvert aux femmes : d'abord, elles sont réputées comme particulièrement douées pour la programmation ; ensuite, le domaine est peu connu du grand public, peu enseigné, et donc peu entaché de préjugés ; enfin, il permet des choix de carrière tardifs, en sortie d'études supérieures et non pas à l'entrée, ou encore en réorientation professionnelle. Tout ceci favorise la diversité des profils et constitue un milieu professionnel plutôt accueillant pour les femmes.

L'histoire personnelle des pionnières de l'informatique mentionnées plus haut fourmille d'exemples de ces choix tardifs et imprévus. Ainsi, après son master en mathématiques, Frances Allen est entrée chez IBM avec l'idée d'y travailler quelques années pour rembourser sa dette étudiante avant de revenir dans l'enseignement. C'est tout naturellement qu'on lui avait proposé un poste de programmeuse, car « on sait que les femmes sont douées pour cela²⁴ ». Elle fera finalement toute sa carrière chez IBM, et quelle carrière ! De même, Alice Recoque, son diplôme d'ingénieure en poche, a choisi de rejoindre la SEA pour y concevoir des ordinateurs sur

²⁰ Plus précisément, un doctorat de 3^e cycle en mathématiques, spécialité « traitement de l'information ».

²¹ Voir la jolie biographie que lui a consacrée Marion Carré, *Qui a voulu effacer Alice Recoque ? Sur les traces d'une pionnière oubliée de l'IA*, Paris, Fayard, 2024.

²² Il y a deux anachronismes dans cette phrase : l'expression *start-up* n'était pas usitée en 1954, et le mot *ordinateur* a été introduit en 1955.

²³ Marion Carré, *Qui a voulu effacer Alice Recoque ?*, op. cit., p. 210.

²⁴ « *I was hired as a programmer [...]. Programming didn't have the kind of cachet that it does now [...] but it was something that women were believed to be good at !* » Interview avec J. Abbate, New York, Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) History Center, 2 août 2001, https://ethw.org/Oral-History:Frances_Fran_Allen.

les conseils d'une camarade de l'ESPCI : « Viens à la SEA, c'est intéressant, on fait des trucs nouveaux, ils ne sont pas anti-femmes, et on est bien payé²⁵. »

Les grandes entreprises du domaine favorisent cette diversité. Ainsi, IBM, pour établir son quasi-monopole de l'époque, recrute largement des profils intéressants mais sans expérience en informatique, pour les former ensuite en interne et tout au long de leur carrière. De même, les laboratoires de recherche d'IBM, de Bell Labs, de Xerox et d'autres sont des lieux à la pointe de la science informatique et assez ouverts aux femmes.

On ne peut pas en dire autant du milieu académique. C'est aussi dans les années 1970 que l'informatique émerge en tant que science à part entière, la *computer science*, comme l'appellent les Américains, et que les grandes universités anglo-saxonnes ouvrent des départements d'informatique fondamentale. Dans leur recherche de la respectabilité académique, ces départements reprennent tous les codes des départements de mathématiques ou de physique dont sont issus leurs premiers professeurs, en particulier l'aspect « club » fermé et très masculin. Dès cette époque et aujourd'hui encore, pour être recruté comme professeur en informatique aux États-Unis, point de salut si l'on n'a pas fait sa thèse dans l'une des dix meilleures universités américaines. En France et au Royaume-Uni, sous l'effet de la croissance rapide des écoles d'ingénieurs et des formations universitaires courtes de type IUT (institut universitaire de technologie) français ou *polytechnic* britannique, les recrutements d'enseignants-chercheurs restent ouverts un peu plus longtemps, par exemple à des personnes n'ayant pas de doctorat en sciences exactes ou ayant fait un début de carrière dans l'industrie, ce qui favorise la diversité²⁶.

Le tournant des années 1980

Vers 1980, l'informatique prend un tournant majeur qui change son image et sa place dans la société, avec la révolution de la micro-informatique et l'apparition de l'ordinateur individuel : le « PC », ou *personal computer*.

La miniaturisation des composants électroniques et leur fabrication de masse débouchent vers 1977 sur des micro-ordinateurs compacts – ils pèsent quelques kilos et tiennent facilement sur une table – et relativement abordables – ils coûtent entre 3 000 et 10 000 euros d'aujourd'hui, soit 10 à 100 fois moins que les ordinateurs des générations précédentes. Cela permet d'envisager d'avoir un ordinateur dans chaque maison et sur chaque bureau dans les entreprises.

Pour quoi faire ? On ne le sait pas bien encore : jeux vidéo plus ou moins éducatifs ? fichiers de recettes de cuisine ? Les véritables utilisations – traitement de texte, tableur, courriel, accès à l'Internet – viendront plus tard. Mais une chose est claire : on entre dans l'âge de l'ordinateur, le *Computer Age*, et c'est l'avenir !

C'est à ce moment que le grand public découvre l'informatique : passivement, *via* les éditoriaux dans la presse et les interviews à la télévision, où des gens qui n'y connaissent rien

²⁵ Marion Carré, *Qui a voulu effacer Alice Recoque ?*, *op. cit.*, p. 89.

²⁶ J. Abbate, *Recoding Gender : Women's Changing Participation in Computing*, Cambridge, MIT Press, 2012, chap. V, p. 145-176.

dissentent sur la révolution micro-informatique qui va tout changer²⁷, mais aussi activement, en s'initiant à la programmation des ordinateurs. Beaucoup de jeunes apprennent quelques rudiments de langage BASIC, soit en jouant avec l'ordinateur à la maison, pour les plus fortunés, soit *via* les clubs d'informatique qui se créent dans les lycées et les collèges, soit encore *via* des magazines spécialisés qui fleurissent dans les kiosques à journaux. Au Royaume-Uni, la BBC va jusqu'à diffuser des cours d'apprentissage de la programmation à la télévision²⁸.

C'est ainsi que le personnage de l'informaticien entre dans la culture populaire, sous trois formes : le geek, le hacker et l'entrepreneur.

Le geek, c'est le passionné, celui qui est tellement obsédé par l'informatique (ou tout autre sujet relativement obscur) qu'il ne parle que de cela. Mal à l'aise en société, négligeant son apparence physique, souvent ses études, parfois sa santé, il est fréquemment rejeté et vit dans une certaine marginalité.

Le mot *hacker* est synonyme de « pirate informatique » aujourd'hui, alors qu'à l'origine il signifiait simplement « bricoleur ». Mais pas n'importe quel bricoleur : le hacker est un bricoleur virtuose qui maîtrise complètement l'outil informatique et lui fait faire ce qu'il veut. Cela peut être le bien (comme poser Apollo 11 sur la Lune), le mal (« pirater » sur l'Internet) ou plus souvent le futile (amuser la galerie des geeks). Comme l'observe Isabelle Collet²⁹, tout ceci s'inscrit dans un fantasme de toute-puissance – s'exerçant sur un monde minuscule, certes, mais toute-puissance quand même.

La troisième image d'Épinal de l'informaticien, c'est l'entrepreneur, traditionnellement représenté travaillant dans le garage de son pavillon, mais jamais dans son séjour, sa cuisine ou sa buanderie. Un jour, l'entrepreneur a une vision d'un produit ou d'un service qui va bouleverser l'industrie et le rendre immensément riche. Il arrête alors tout – en particulier ses études – pour réaliser sa vision, dans des conditions précaires, et réussit là où les entreprises bien établies ont échoué. Le fantasme, ici, est celui du *self-made man*, celui qui réussit sans rien devoir aux autres, uniquement grâce à ses qualités personnelles.

Ces trois clichés d'informaticiens sont, de manière évidente, fortement genrés. Ce n'est pas seulement parce que l'auteur a mis les descriptions ci-dessus au masculin qu'elles ont fait venir des images d'hommes à l'esprit des lecteurs et des lectrices. Lorsqu'on parle des créateurs des grandes entreprises de la Silicon Valley, on pense rarement à Susan Wojcicki, la femme qui a rendu Google immensément profitable, et plus souvent à Steve Jobs, Bill Gates, Mark Zuckerberg, Sergey Brin ou Larry Page³⁰.

Ces clichés sont particulièrement influents sur les adolescents et préadolescents, aux moments de l'orientation scolaire, mais aussi aux temps de la construction personnelle où l'on est très sensible aux clichés genrés. Bien des garçons sont séduits par les fantasmes de toute-

²⁷ Leurs descendants dissertent aujourd'hui sur la révolution de l'intelligence artificielle qui va tout changer.

²⁸ *The Computer Programme* en 1982 ; *Making the Most of the Micro* en 1983 ; *Micro Live* en 1985. À l'époque, l'offre « jeunesse » de la télévision française se composait principalement de mauvais dessins animés japonais.

²⁹ I. Collet, *L'Informatique a-t-elle un sexe ? Hackers, mythes et réalités*, Paris, L'Harmattan, 2006, chap. V, p. 127-212.

³⁰ Sur le sexisme qui prévaut dans la Silicon Valley, voir E. Chang, *Brotopia : Breaking Up the Boys' Club of Silicon Valley*, New York, Portfolio, 2018.

puissance et de réussite individuelle, et valorisent le côté passionné, voire obsessionnel, du geek. À l'inverse, beaucoup de filles sont repoussées par le côté asocial du geek, le côté dérisoire du hacking et le côté solitaire de l'entrepreneur. Cela se reflète immédiatement sur leurs choix d'études.

Le nombre d'étudiants en informatique explose dans les années 1980, attirés qu'ils sont par la popularité du domaine et les bonnes perspectives d'emploi. Cependant, ce sont très majoritairement des garçons qui affluent dans les cours d'informatique. Comme le montre la figure 2, la part des étudiantes en informatique atteint son maximum vers 1985, avec près de 40 % de femmes aux États-Unis, mais décroît nettement ensuite pour atteindre les proportions d'aujourd'hui, autour de 20 %, alors que dans les autres disciplines des sciences et de l'ingénierie, la proportion de femmes continue d'augmenter, pour atteindre la parité vers l'an 2000 aux États-Unis et dépasser 35 % en France dans les années 2010.

Ce que ces chiffres ne disent pas, c'est que les femmes n'ont pas fui les études d'informatique à partir de 1985 : leur nombre reste constant ou continue à augmenter légèrement, mais elles sont mises en minorité et rendues beaucoup moins visibles par un afflux massif d'hommes. Comme le montre Isabelle Collet, « la vraie question à se poser n'est pas : pourquoi y a-t-il de moins en moins de filles dans les études d'informatique (puisque leur nombre est stable), mais plutôt *pourquoi y a-t-il de plus en plus de garçons*³¹ ? ».

Bien sûr, la masculinisation des études d'informatique entraîne au bout de quelques années la masculinisation des métiers de l'informatique, aussi bien les nouveaux métiers créés par l'émergence de l'ordinateur individuel que les métiers existants tels que celui de programmeur informatique. Alors que les besoins en développement logiciel explosent, la proportion de femmes dans ce métier culmine, vers 1990, à 35 % aux États-Unis, pour décroître constamment ensuite. Adieu, le cliché « les femmes sont douées pour programmer » ; bonjour, le cliché « le génie logiciel, comme le génie civil, c'est une affaire d'hommes ».

Après l'explosion de l'ordinateur individuel, le monde informatique a connu bien d'autres évolutions majeures : le Web et l'Internet grand public dans les années 1990 et 2000 ; la génomique et la bio-informatique à la même période ; l'apprentissage statistique et l'exploitation des masses de données (« *big data* ») dans les années 2000 et 2010 ; le renouveau de l'intelligence artificielle (IA) et l'apparition de l'IA générative dans les années 2010 et 2020. À chaque fois, les nouveaux métiers créés par ces nouvelles approches ont attiré très majoritairement des hommes et les nouveaux géants industriels qui ont émergé dans la Silicon Valley ont été fondés presque exclusivement par des hommes. En parallèle, les sciences informatiques se sont beaucoup développées aux frontières avec d'autres disciplines – biologie, linguistique, physique quantique, statistiques, sciences cognitives, etc. –, dont certaines beaucoup moins genrées que l'informatique, sans pour autant entraîner de féminisation notable des recrutements académiques en sciences informatiques. On ne s'étonnera pas que des milieux académiques et industriels aussi peu divers produisent des intelligences artificielles remplies de biais genrés et racisés³².

³¹ I. Collet, *L'Informatique a-t-elle un sexe ?*, op. cit., p. 49.

³² Voir par exemple l'étude de L. Nicoletti et D. Bass, « Humans are biased. Generative AI is even worse », *Bloomberg Technology + Equality*, 9 juin 2023, <https://www.bloomberg.com/graphics/2023-generative-ai-bias/> et

Cette masculinisation de l'informatique entamée dans les années 1980 et poursuivie dès lors est-elle inéluctable ? Je voudrais répondre par la négative, en prenant l'exemple de ce qui s'est produit dans la filière informatique de l'université Carnegie-Mellon.

Atténuer les biais de genre à l'université : l'exemple de l'informatique à l'Université Carnegie-Mellon

L'Université Carnegie-Mellon (CMU), située à Pittsburgh aux États-Unis, a été l'une des premières grandes universités américaines à créer, en 1965, un département entièrement consacré à l'enseignement de l'informatique, la School of Computer Science (SCS). Ce département est aujourd'hui l'une des cinq meilleures formations en informatique au monde, d'après divers classements internationaux ; plusieurs la placent même en première position.

En 1995, la SCS tire la sonnette d'alarme : la proportion de femmes admises dans leur formation ne dépasse pas 10 % depuis 1990. Pour mieux comprendre cette situation, elle mène une enquête sociologique approfondie auprès de ses étudiants et surtout de ses étudiantes, enquête décrite dans un livre remarquable, *Unlocking the Clubhouse*³³. Cela débouche sur un plan d'action avec des résultats spectaculaires, comme le montre la figure 4.

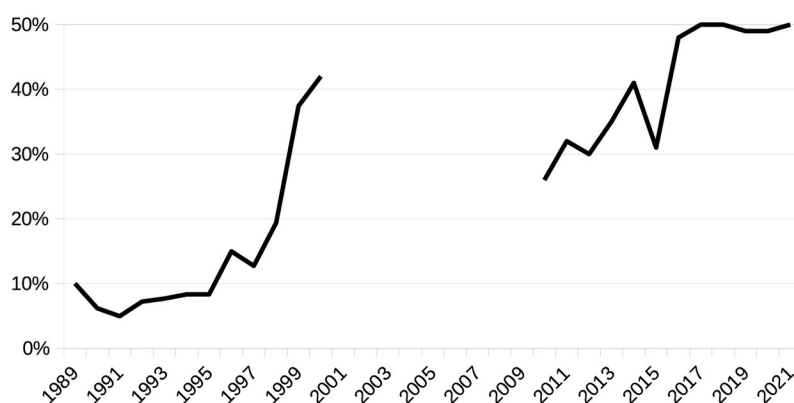


Figure 4. La part des femmes dans les admissions aux études d'informatique à l'Université Carnegie-Mellon (CMU SCS), 1989-2000 et 2010-2021. Pas de données disponibles pour 2001-2009.

Source : J. Margolis et A. Fisher, *Unlocking the Clubhouse : Women in Computing*, Cambridge, MIT Press, 2002, p. 137 ;

C. Frieze et J. L. Quesenberry, « How computer science at CMU is attracting and retaining women », *Communications of the ACM*, vol. 62, n° 2, 2019, p. 23-26.

La proportion de femmes admises en informatique, qui était de 7 % en 1995, quand l'étude a commencé, a augmenté dès la mise en œuvre du plan d'action pour atteindre 42 % en 2000. Il n'y a pas de données disponibles sur la période 2001-2009, mais il semble que les mesures ont alors perdu de leur efficacité, puisque la proportion est retombée à 25 % en 2010. De nouvelles

le rapport de l'Unesco-Iraci, « Challenging systematic prejudices : An investigation into gender bias in large language models », 2024, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388971/PDF/388971eng.pdf.multi>.

³³ J. Margolis et A. Fisher, *Unlocking the Clubhouse : Women in Computing*, Cambridge, MIT Press, 2002.

enquêtes et de nouvelles mesures ont permis de faire remonter ce chiffre pour parvenir à 50 % en 2018 et se stabiliser aux alentours de cette valeur³⁴.

L'une des toutes meilleures formations en informatique au monde atteint ainsi la parité hommes-femmes ! Qui plus est, ce résultat extraordinaire n'a pas été obtenu au détriment des hommes : le nombre d'hommes admis à la SCS est à peu près constant depuis 1990, aux alentours de 100 par promotion ; c'est le nombre de femmes qui a augmenté, de 5 par promotion en 1991 à une centaine aujourd'hui. En d'autres termes, c'est bien une féminisation des admissions en informatique que CMU a mise en place, et non une démasculinisation.

Admettre des étudiantes en licence est une chose ; les conduire jusqu'au diplôme en est une autre. Au début des années 1990, plus de la moitié des étudiantes admises à la SCS se réorientaient vers d'autres filières après deux années d'études, contre 15 % environ des étudiants hommes. Les mesures prises à partir de 1995 ont également amélioré le taux de rétention, qui dépasse maintenant les 90 % pour les femmes comme pour les hommes.

Comment CMU a-t-elle obtenu ces résultats ? On peut distinguer trois grands leviers d'action : les critères d'admission, l'offre de cours et les conditions de travail des étudiantes.

Un exemple extrême de critère d'admission consiste à fixer des quotas par genre. C'est ce qu'on a longtemps fait en France avec les écoles normales supérieures de jeunes filles (Sèvres, Fontenay) et les écoles normales supérieures de jeunes hommes (Ulm, Saint-Cloud) : les épreuves d'admission étaient les mêmes, mais on fixait à l'avance un nombre de places respectivement réservées aux filles et aux garçons. Cette approche est illégale aujourd'hui, car discriminatoire ; mais il existe d'autres moyens plus subtils pour agir sur les critères d'admission et les rendre moins sensibles au genre.

Sur le plan des admissions, la principale mesure prise à CMU en 1995 fut de supprimer le prérequis d'avoir déjà une expérience de la programmation. Même si les lycées américains ne proposaient pas de cours d'informatique à cette époque, beaucoup de lycéens avaient pratiqué la programmation, soit en autodidacte, soit au club d'informatique du lycée, soit dans le cadre de jobs d'été. D'un côté, l'étude de CMU a montré que cette expérience préalable était peu corrélée avec les résultats futurs des étudiants³⁵ : ce n'est pas la même programmation que l'on fait en amateur et dans les études supérieures. D'autre part, cette expérience était très genrée : les ordinateurs à la maison finissaient souvent dans les chambres des garçons, comme bien des jouets techniques ; les clubs d'informatique étaient aussi des lieux très masculins.

Aujourd'hui encore, dans les lycées français, la spécialité Numérique et sciences informatiques proposée en première et en terminale attire 85 % de garçons. Les choix de spécialités effectués en fin de classe de seconde sont très influencés par les préjugés de genre ; il vaudrait peut-être mieux, pour l'avenir des femmes en sciences, qu'ils ne soient pas déterminants pour l'orientation dans le supérieur deux ans plus tard. C'est précisément ce qu'a fait CMU en supprimant de ses prérequis l'expérience préalable en programmation.

³⁴ C. Frieze et J. L. Quesenberry, « How computer science at CMU is attracting and retaining women », *Communications of the ACM*, vol. 62, n° 2, 2019, p. 23-26.

³⁵ J. Margolis et A. Fisher, *Unlocking the Clubhouse*, *op. cit.*, p. 80.

D'autres assouplissements des critères d'admission, notamment une moindre importance accordée aux notes obtenues au lycée et une plus grande attention portée à la motivation personnelle, ont permis d'accepter beaucoup plus de candidatures féminines sans baisser le niveau moyen des candidats admis. En parallèle, un effort de communication auprès des enseignants des lycées a suscité davantage de candidatures féminines au meilleur niveau.

Sur le plan de l'offre de cours, on peut espérer attirer davantage d'étudiantes en proposant des cours d'informatique sur des sujets « *female-friendly* », comme disent les Américains : des sujets susceptibles d'intéresser davantage les étudiantes que les sujets classiques tels que l'algorithmique et la programmation. Cette approche est sujette à caution, car elle présuppose l'existence de sujets de cours « roses » et d'autres « bleus », et le fait qu'il serait possible de composer un programme de cours plus « rose » mais tout aussi formateur. Par exemple, à la question « comment augmenter la proportion d'étudiantes dans nos formations d'informatique ? », un candidat à un poste de professeur m'avait répondu « eh bien, les filles aiment le shopping, alors, comme projet de programmation, on pourrait faire développer un site web de commerce électronique ». Voilà une tentative bien maladroite de « repeindre en rose » un enseignement classique (le projet de programmation).

Plus subtilement, et plus efficacement, on peut améliorer la maquette des cours et les méthodes pédagogiques pour éviter des problèmes qui affectent les étudiantes de manière disproportionnée. Par exemple, l'apprentissage par l'erreur est souvent moins bien vécu par les filles que par les garçons, les premières ayant davantage tendance à conclure que leur niveau est insuffisant pour suivre le cours³⁶. Une des principales mesures prises à CMU en 1995 a été de scinder le cours d'introduction à la programmation, perçu comme peu accessible par les étudiantes et les étudiants sans expérience antérieure, en un ensemble de cours progressifs adaptés à quatre niveaux initiaux, du grand débutant à l'autodidacte compétent. Dans le même esprit, ils ont aussi remis en question la tradition consistant à n'enseigner en première année que des cours fondamentaux (algorithmique, programmation, systèmes, mathématiques discrètes, etc.), souvent perçus comme démotivants ; ils y ont ajouté des cours mettant en valeur de belles applications de l'informatique, notamment un célèbre cours de robotique pour débutants, tirant parti de l'excellence du laboratoire de recherche de CMU dans ce domaine.

Un troisième levier d'action consiste à améliorer les conditions de travail des étudiantes. Par exemple, pour un cours magistral avec six groupes de travaux dirigés ou plus, certaines équipes enseignantes proposent à toutes les étudiantes d'intégrer le même groupe ; on espère ainsi qu'elles participeront presque toutes, alors que si on les répartit sur tous les groupes, il est probable qu'elles prendront rarement la parole, celle-ci étant monopolisée par quelques garçons hyperactifs³⁷. Sans aller jusque-là, les mesures prises à CMU en 1995 incluent la mise en place de déjeuners réservés aux femmes, pour échanger entre étudiantes et enseignantes, ainsi que d'un programme de marrainage « *big sister, little sister* » où des étudiantes de troisième et quatrième année conseillent les étudiantes de première et deuxième année. De plus, tous les moniteurs (*teaching assistants*) reçoivent une formation sur les questions de genre et de diversité qui les

³⁶ M. Monfort et M. Réguer-Petit, « L'informatique au lycée : nouvel enseignement et anciens stéréotypes », *Genre Éducation Formation*, n° 7, 2023, <https://doi.org/10.4000/gef.1086>.

³⁷ La contribution de N. Arantharaman dans ce volume (« Mathématiques et (non-)mixité ») donne d'autres exemples d'activités en non-mixité qui peuvent aider les étudiantes.

sensibilise aux problèmes que peuvent rencontrer leurs étudiantes. Enfin, les retours des étudiantes sur les cours qu'elles ont suivis sont pris au sérieux, avec notamment l'affectation des meilleurs pédagogues de l'équipe enseignante aux cours signalés comme particulièrement difficiles par les étudiantes.

Les enseignantes et enseignants d'informatique qui me lisent ont sans doute reconnu, dans cette liste de mesures en faveur des étudiantes, des mesures qu'ils appliquent dans leurs formations, ou appliqueraient bien volontiers si leur université disposait des mêmes moyens humains et financiers que CMU. Si ces mesures ont aussi bien fonctionné à CMU, c'est parce qu'elles forment un tout cohérent : il ne sert à rien d'attirer davantage de candidatures féminines si on les évalue suivant les critères genrés usuels, ni d'admettre davantage de femmes si c'est pour les mettre en situation d'échec dès les premiers cours. De plus, cette politique en faveur des femmes s'est inscrite dans une dynamique très positive de doublement de la taille des promotions et d'amélioration de la qualité pédagogique de la formation. Cela a permis à l'établissement d'éviter les accusations de pratiques discriminatoires et de dévalorisation du diplôme auprès des futurs employeurs qui surgissent, en France, quand une grande école propose des mesures pour diversifier ses recrutements.

Conclusion

« L'absence des femmes dans le monde digital n'est pas une fatalité. » C'est avec ce sous-titre d'un ouvrage d'Isabelle Collet³⁸ que je voudrais terminer ce chapitre sur une note positive. Comme nous l'avons vu, les femmes étaient tout sauf absentes des premières décennies de l'histoire de l'informatique : la programmation des ordinateurs a longtemps été considérée comme une activité essentiellement féminine, et de nombreuses pionnières en langages, outils et techniques de programmation ont joué un rôle crucial dans la construction des sciences du logiciel modernes. Comme le montrent les comparatifs internationaux, les femmes ne sont pas absentes de l'informatique partout dans le monde : en Inde, en Chine, dans les pays d'Amérique du Sud ou du Maghreb, elles sont nombreuses dans les études d'informatique, et les métiers de l'informatique y sont considérés comme parfaitement adaptés aux femmes³⁹. Enfin, comme le montre l'expérience de l'Université Carnegie-Mellon, une formation d'élite en informatique peut refuser de se résigner à la quasi-absence de femmes parmi ses étudiants et atteindre la parité hommes-femmes grâce à un plan d'action bien conçu.

Oui, les femmes sont, aujourd'hui en France, peu nombreuses et peu visibles dans le monde informatique. Oui, le désintérêt des filles pour les mathématiques et les sciences formelles en général apparaît dès l'école primaire⁴⁰ et conduit à des choix d'études très genrés dès le lycée. Il n'y a ici aucune fatalité, mais seulement des tendances culturelles et sociales lourdes, qu'il nous appartient encore et toujours de remettre en question. Souhaitons, avec Anne-Marie Kermarrec, « que le recul et l'envie de ce siècle de changer les choses parviennent à engendrer un

³⁸ I. Collet, *Les Oubliées du numérique*, Paris, Le Passeur, 2019.

³⁹ A.-M. Kermarrec, *Numérique, compter avec les femmes*, Paris, Odile Jacob, 2021, p. 99-107.

⁴⁰ Cf. la contribution de P. Martinot dans ce volume : « Scolarisation et écarts de sexe en mathématiques dans les classes de CP et de CE1 en France ».

monde dans lequel les jeunes filles seront autant attirées par l'informatique que par la médecine et y seront légitimes. Et vite⁴¹ ».

⁴¹ A.-M. Kermarrec, *Numérique, compter avec les femmes*, *op. cit.*, p. 16.