

**Aude Bernheim
Flora Vincent**

L'intelligence artificielle, pas sans elles !

Préface de Cédric Villani

Laboratoire
de l'Égalité

Belin:

Aude Bernheim et Flora Vincent

L'intelligence artificielle, pas sans elles !

Faire de l'IA un levier
pour l'égalité

Belin:

Collection publiée en partenariat
avec le Laboratoire de l'Égalité (voir p. 94),
sous la direction de Annie Batlle et Arnaud Bihel

Dans la même collection

Annie Batlle, *Les femmes valent-elles moins cher que les hommes ?*, 2014

Thierry Benoit, *Vies de femmes, vies précaires*, 2016

Arnaud Bihel, *À la télévision, les hommes parlent, les femmes écoutent !*, 2014

Patrick Boccard, « *Les femmes ne sont pas faites pour courir* », 2015

Isabelle Collet, *L'école apprend-elle l'égalité des sexes ?*, 2016

Marlène Coulomb-Gully, *Femmes en politique, en finir avec les seconds rôles*, 2016

Christine Détrez, *Les femmes peuvent-elles être de grands hommes ?*, 2016

François Fatoux, *Et si on en finissait avec la ménagère ?*, 2014

Brigitte Grésy, *Le sexisme au travail, fin de la loi du silence ?*, 2017

Patric Jean, *Les hommes veulent-ils l'égalité ?*, 2015

Yves Raïbaud, *La ville faite par et pour les hommes*, 2015

Brigitte Rollet, *Femmes et cinéma, sois belle et tais-toi !*, 2017

Muriel Salle et Catherine Vidal, *Femmes et santé, encore une affaire d'hommes ?*, 2017

Catherine Vidal, *Nos cerveaux tous pareils, tous différents !*, 2015

Françoise Vouillot, *Les métiers ont-ils un sexe ?*, 2014

Retrouvez tous nos titres sur le site www.belin-editeur.com

Le code de la propriété intellectuelle n'autorise que « les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » [article L. 122-5]; il autorise également les courtes citations effectuées dans un but d'exemple ou d'illustration. En revanche « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » [article L. 122-4]. La loi 95-4 du 3 janvier 1994 a confié au C.F.C. (Centre français de l'exploitation du droit de copie, 20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris), l'exclusivité de la gestion du droit de reprographie. Toute photocopie d'œuvres protégées, exécutée sans son accord préalable, constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

© Éditions Belin / Humensis, 2019
170 bis, bd du Montparnasse, 75680 Paris cedex 14
ISSN 2273-788X ISBN 978-2-410-01556-0

SOMMAIRE

Préface de Cédric Villani	5
Avant-propos	7
<i>Société algorithmique, fabrique d'inégalités sexistes</i>	
1. L'égalité des sexes dans l'informatique et l'IA : un constat d'échec	11
<i>L'IA se décline au masculin</i>	
2. Où sont passées les femmes ?	25
<i>Il y a un avant... et un après</i>	
3. Apprentissage sous influence	37
<i>Comment les algorithmes deviennent machistes</i>	
4. Domestiquer les algorithmes	47
<i>Pour une intelligence artificielle responsable</i>	
5. Objectif égalité	61
<i>Dans le monde de l'IA, rien n'est impossible</i>	
Conclusion	77
<i>Pour des algorithmes biaisés... en faveur de l'égalité !</i>	
Notes bibliographiques	82
Chiffres clés	88
Sitothèque	84
Quiz	90
Dates clés	86

Préface de Cédric Villani

« Où sont les femmes ?! »

Que ce soit sous cette forme, en clin d'œil à la chanson de Patrick Juvet, ou sous une autre, que de fois je me suis retrouvé confronté à cette interrogation.

Si nombreuses dans ma terminale scientifique, les filles ont disparu comme par enchantement après le baccalauréat... et elles ne sont jamais revenues, ni dans ma promotion de mathématique à l'École normale supérieure, ni dans la salle informatique commune, ni parmi mes élèves de l'ENS Lyon, ni parmi les invités qui fréquentaient l'Institut Henri Poincaré.

Et bien plus tard, dans ma mission parlementaire sur l'intelligence artificielle, quand je me suis plongé dans les arcanes de ce monde au confluent entre statistique, algorithmique, science des données, calcul haute performance, entreprise et débrouille, le constat était le même : à grande-peine 15 % de femmes, peu ou prou.

Pourtant nous avons connu des femmes au sommet de l'Olympe mathématico-informatique, si brillantes ; mais la liste est si brève qu'on peut les identifier par leur prénom – Émilie, Sophie, Sofia, Ada, Grace, Emmy, Maryam...

Aujourd'hui les femmes sont largement absentes de l'IA, et cela a de calamiteuses conséquences sur la quantité de talents, sur les ambiances de travail, sur la créativité. Mais ce biais de sous-représentation fait aussi courir un risque à l'objectivité des solutions algorithmiques modernes.

Et surtout, cela entretient l'insupportable malentendu selon lequel les hommes seraient les seuls à pouvoir créer le monde de demain ! Les quelques vaillantes héroïnes de légende ne suffisent pas à renverser la vapeur. Pour lutter contre l'inacceptable, il faudra solliciter et accompagner, avec volontarisme et détermination.

Plusieurs auteurs ont déjà dénoncé avec force cette faille béante dans notre société innovante ; mon propre rapport parlementaire y consacrait l'essentiel d'un chapitre sur l'inclusion.

Mais Aude Bernheim et Flora Vincent voient plus loin et plus large dans l'analyse. Elles nous proposent un document de référence de grande qualité. Il nous permettra de mieux comprendre et de mieux lutter contre ce qui est un fléau de société, un mal pour nous tous. Et d'agir pour que, dans ce sujet emblématique qu'est l'IA, nos filles et nos petites-filles soient représentées à proportion de leur grande valeur.

Cédric Villani

Mathématicien, député de l'Essonne,
auteur du rapport parlementaire

Donner un sens à l'Intelligence Artificielle

Avant-propos

« Toute technologie a le potentiel d'être dangereuse. »

Raymond Kurzweil,
futuriste chez Google

Évoquer la connexion entre l'intelligence artificielle (IA) et les femmes : voilà qui peut surprendre. À priori, quel rapport entre des algorithmes, ces séries d'instructions fournies aux machines pour effectuer des tâches, et des êtres humains – plus particulièrement les femmes ? Quel rapport entre une technologie en train de révolutionner la société et les humaines qui en constituent la moitié ?

On pouvait espérer que les algorithmes à la base de l'IA seraient objectifs et égaux par définition, les technologies n'ayant pas d'âme ni d'opinion ; qu'ils garantiraient une neutralité parfaite entre les sexes. C'est oublier que les algorithmes sont codés par des humains, et que l'intelligence artificielle et ses nombreuses applications reflètent les systèmes de représentation de leurs concepteurs. Elles

reproduisent nos préjugés, dont les stéréotypes sexistes qui sont toujours présents dans notre société, et perpétuent les discriminations entre les femmes et les hommes.

L'absence des femmes dans le secteur de l'IA est criante. Pourtant, des femmes telles Ada Lovelace furent des pionnières de la programmation au XIX^e siècle, et elles restèrent longtemps influentes dans les métiers de l'informatique. Elles y sont aujourd'hui minoritaires, et souvent reléguées aux seconds rôles. Cette absence est d'autant plus frappante

ZOOM

Les algorithmes sont partout :
dans une machine à café,
dans un distributeur
automatique, dans nos voitures,
dans les réponses fournies
à nos requêtes sur internet...

que les femmes n'ont plus à prouver leurs réussites universitaires, ni leur professionnalisme.

Pourquoi est-il urgent de s'intéresser à l'IA ? Celle-ci est en train de transformer les modes de production, de consommation, de gestion et de décision ; elle fait déjà partie de notre quotidien. Nous n'en sommes pas tous conscients, car l'intelligence artificielle reste pour les non-initiés un concept assez flou, tout comme les algorithmes sur lesquels elle s'appuie. En 2017, d'après la Commission nationale de l'informatique et des libertés, 83 % des Français et des Françaises avaient entendu parler des algorithmes, mais seulement 52 % d'entre eux savaient ce que c'est...

Or l'IA intervient comme aide à la décision dans de multiples domaines : dans l'éducation, où elle sert notamment à trier les dossiers des candidats-es à l'admission dans un

établissement ; la justice, où elle peut décider de la libération ou non d'un prisonnier ; la santé, où elle aide à poser des diagnostics cruciaux ; et encore la sécurité, la défense, le tourisme, les télécommunications, les transports, l'environnement, la robotique, le secteur bancaire, la relation client, le marketing... On imagine aisément que les risques d'une intelligence artificielle inégalitaire sont nombreux. Des algorithmes mal calibrés pénalisent certaines populations par rapport à d'autres ; ils feront par exemple refuser l'octroi d'un prêt par une banque, ou l'attribution d'un logement social ; ou encore écarteront une candidature pour un poste de travail ... La question de l'égalité et de l'équité des solutions automatiques proposées par l'IA est donc cruciale.

En quoi la technologie elle-même, ses choix et ses résultats sont-ils imprégnés de biais sexistes ? Comment expliquer l'absence des femmes dans le secteur ? Par quels mécanismes des algorithmes deviennent-ils machistes ? Quelles mesures prendre pour assurer que les solutions automatiques soient équitables pour toutes et pour tous ? À qui revient le rôle de veiller à cette équité ? Cet ouvrage tente de répondre à ces questions. Il montre aussi que les solutions existent, et que l'IA elle-même peut être mise au service de l'égalité.

CHAPITRE I

L'égalité des sexes dans l'informatique et l'IA : un constat d'échec

*« La désertification de nos amphis
et la politique volontariste de quotas
féminins sont de criants et vains
témoignages de la désaffection
des filles pour nos filières. »*

Florence Sedes, professeure
d'informatique à l'université
de Toulouse, et chercheuse à l'IRIT

Voitures autonomes, diagnostics médicaux par ordinateur, création automatique d'articles de presse, d'œuvres culturelles... En termes de prouesses technologiques, l'intelligence artificielle ou IA – c'est-à-dire l'ensemble des théories et des techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence – est l'icône de la modernité. Au contraire, sur le terrain de l'égalité entre les femmes et les hommes, elle est plutôt archaïque...

L'intelligence artificielle, une révolution technologique

Les chercheurs du domaine de l'IA poursuivent un objectif ambitieux : construire une forme d'intelligence non humaine, capable de résoudre les problèmes à notre place. Grâce à

ZOOM

La définition de l'IA est à géométrie variable, car elle dépend du sens que l'on accorde au mot « intelligence » ; elle a en outre évolué dans le temps au fur et à mesure des progrès technologiques.

Ainsi, l'IA désigne plus un ensemble de théories, technologies et outils qu'un champ de recherches défini.

des approches inspirées par le fonctionnement du cerveau humain, les machines apprennent à reconnaître et à prédire des tendances, des formes ou des modèles à partir de données fournies au préalable. Si l'intelligence artificielle fait tant de bruit aujourd'hui, c'est que le phénomène du *big data* a pris une ampleur inouïe pendant la dernière

décennie : une masse de données numériques est produite chaque jour via les moteurs de recherche, les réseaux sociaux, les objets connectés, les entreprises, les laboratoires scientifiques, etc. Cette abondance (voire surabondance) de données a stimulé les recherches sur l'intelligence artificielle – recherches qui bénéficient simultanément de la puissance de calcul croissante des ordinateurs.

Les IA résolvent moult problèmes grâce aux outils mathématiques que sont les algorithmes. Nous-mêmes, nous passons notre temps à appliquer des algorithmes ; quand nous suivons les instructions d'une recette de cuisine,

quand nous cherchons une solution rationnelle qui prend en compte différents paramètres, etc. Un algorithme détaille les tâches à effectuer par une suite d'instructions élémentaires et d'opérations logiques. Et pour que l'ordinateur puisse l'implémenter, un développeur ou une développeuse traduit les instructions numériques dans un langage de programmation (tel que C++, Fortran, Java, PHP) : bienvenue au « code source », le code qu'exécute l'ordinateur pour résoudre le problème à votre place !

Bien sûr tout algorithme n'est pas IA, tandis que toute IA repose sur des algorithmes. Le propre de l'IA résiderait dans la capacité des algorithmes à apprendre, à s'auto-améliorer, à s'adapter ou encore à réaliser des opérations cognitives comparables à celles de l'être humain comme analyser l'environnement, résoudre des problèmes, planifier et prendre des décisions.

Les multiples applications de l'IA

Dans l'imaginaire populaire, on associe volontiers les IA à leur capacité à imiter un humain, par exemple en dialoguant avec lui (c'est le propos du test imaginé par Alan Turing en 1950), ou encore à leur faculté de « s'incarner » dans des robots. Historiquement, les premières tentatives se sont plutôt attaquées à la création d'un programme capable de battre un humain à des jeux – un problème a priori simple, ces derniers obéissant à des règles mathématiques strictes. Aujourd'hui, les IA excellent dans bien d'autres domaines.

ZOOM

Le test de Turing consiste à faire dialoguer un humain avec différents interlocuteurs dont une machine. Si l'humain n'est pas capable de détecter qu'il converse avec cette dernière, la machine a réussi le test.

Elles traitent des milliers, voire des milliards d'images ou de vidéos pour résoudre des problèmes de classification, tels que la reconnaissance de visages et l'identification de tumeurs cancéreuses. Elles effectuent des calculs statis-

tiques complexes à partir de grands volumes de données afin d'émettre des prédictions (le logiciel PredPol, aujourd'hui exploité par 60 polices municipales aux États-Unis, prédit ainsi les occurrences des prochains délits). À partir des données fournies par les utilisateurs, les IA sont capables de recommander un produit de façon personnalisée, depuis les films sur Netflix aux messages politiques sur les réseaux sociaux. Elles produisent aussi de nouvelles connaissances, créent de nouveaux objets à partir de ceux qu'elles ont appris à reconnaître, et même réalisent des œuvres d'art... Les perspectives sont infinies.

D'après l'OCDE, plus de 32 % des emplois actuels vont disparaître ou être profondément transformés par l'intelligence artificielle, tandis que s'ouvrira un vaste champ d'emplois nouveaux pour des profils qualifiés. La Dares (Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques) prévoit ainsi que 80 000 emplois seront vacants dans les technologies de l'information d'ici 2020.

Intelligence artificielle, un concours de gigabytes ?

Les développements de l'IA exploitent plusieurs disciplines : essentiellement les mathématiques pour les calculs, et l'informatique pour le traitement des données, mais aussi les neurosciences, source de compréhension du fonctionnement de l'intelligence humaine. L'ensemble est irrigué par internet, dont l'omniprésence dans nos vies garantit la collecte d'une avalanche de données – chiffres, textes et images – qui vont nourrir les algorithmes et servir à leur entraînement.

La sous-représentation des femmes est flagrante dans toutes ces disciplines, qu'il s'agisse de la recherche académique ou des métiers et fonctions dans les entreprises. En 2018, la France ne compte que 10 %¹ d'étudiantes sur les bancs des universités dans les cursus en informatique, ce qui n'est pas étonnant quand on sait que la spécialité « informatique » proposée en terminale S ne comptait que 4 % de filles en 2015². Idem en mathématiques, où seulement 19 % des lycéennes choisissent cette spécialité en terminale. *In fine*, à peine 20 % des mathématiciens français sont... des mathématiciennes. Des chiffres curieux quand on sait que les classes de terminale S accueillent 46,7 % de filles et que ces dernières obtiennent davantage de mentions au bac. Les femmes

ZOOM

En 1997, le supercalculateur Deep Blue d'IBM bat le champion d'échecs Garry Kasparov. Vingt ans plus tard, AlphaGo de Google DeepMind bat le champion du monde de go, Ke Jie. Ces succès très médiatisés ont contribué à stimuler les recherches sur l'IA.

représentent 29 % des étudiants en école d'ingénieur en France, mais seulement 11 % d'entre elles choisissent les secteurs de l'informatique et de la communication (STIC). Si on exclut les fonctions transversales et de support, 12 % des employés du secteur numérique en France sont des femmes. Elles y dirigent 10 % des start-ups, où elles lèvent deux fois moins de fonds que les hommes. Où sont donc les

ZOOM

Aujourd'hui toujours beaucoup d'experts, peu d'expertes : dans le rapport parlementaire *France Intelligence Artificielle* de 2018, 83 % des 559 personnes auditionnées sont des hommes⁴.

« femmes du numérique » ? Majoritairement dans les fonctions RH, marketing et communication. Côté salaires, le tableau est un peu moins affligeant. En effet, c'est dans le secteur de l'informatique que les écarts salariaux sont les plus faibles

chez les cadres : les femmes gagnent 5,5 % de moins que les hommes, contre 19,5 % en moyenne tous métiers confondus³. Mais le fossé se creuse avec l'âge et les responsabilités : 14,1 % d'écart salarial entre dirigeants et dirigeantes d'entreprises technologiques.

Dans le secteur de l'IA, comme dans tous les autres secteurs professionnels, les femmes ne sont pas égales aux hommes, ni en salaire – bien que l'écart soit moindre qu'aïlleurs –, ni en statut. Le plafond de verre ne fait pas d'exception ; et comme toujours, on trouve encore et surtout les femmes dans les fonctions jugées maternantes et donc « féminines ».

La France est loin d'être le seul cancre de l'égalité homme-femme ! Aux États-Unis, on comptait 18 %⁵ d'étudiantes parmi les étudiants en informatique en 2018, et toutes les branches de ce domaine ne se valent pas. Alors que 25 % des postes dans le secteur du numérique sont occupés par des femmes, la cybersécurité – un domaine largement impacté par l'intelligence artificielle – n'en affiche que 15 %⁶ .

Au-delà des chiffres, de nombreuses femmes rapportent que l'ambiance qui règne dans ce secteur leur est hostile. Ces dernières années, les pratiques des start-up numériques à succès ont été très fortement dénoncées. L'ingénieure Susan Fowler raconte en détail sur son blog comment le harcèlement sexuel est omniprésent chez Uber. La journaliste Emily Chang, quant à elle, dénonce la culture hyper masculine de la Silicon Valley. Dans son livre *Brotopia*, paru en 2018, elle expose une face cachée peu reluisante : attaques sexistes, orgies sexuelles où la drogue coule à flots...

“ Les difficultés des femmes dans le secteur s'expliquent par cinq facteurs principaux : le manque de mentors, le manque de rôles modèles, les stéréotypes sexués, les inégalités des promotions, et les inégalités de salaire. ”

D'après une étude 2017 de l'ISACA, association américaine engagée dans les systèmes d'information

« *Pendant que les hommes s'envoient en l'air, les femmes se font avoir* » titre-t-elle l'un des chapitres. Résultat ? En milieu de carrière, 56 % des femmes impliquées dans des postes techniques quittent leur emploi ; un pourcentage deux fois plus élevé que chez les hommes⁷ . Dans le milieu

ZOOM

Lancée en 2008, la plateforme GitHub est un service web dédié au développement de logiciels. Elle encourage la collaboration et le partage d'informations, ainsi que la création d'une communauté au sein des développeurs. C'est le plus grand hébergeur de code informatique au monde.

de la cybersécurité américaine, 51 % des femmes indiquent avoir été confrontées à des discriminations liées à leur genre, contre seulement 15 % des hommes.

Ces constats sont implacables : le secteur de l'intelligence artificielle est aussi masculin qu'un bar des sports le soir d'un

match de Ligue 1. Moins formées, moins payées, moins promues, les femmes ne sont pas les bienvenues. Bref, l'IA est une fusée en plein décollage, mais à l'instar des missions Apollo, elle ne compte pas beaucoup de femmes à bord...

Double peine pour le développement du secteur

Dans le secteur de l'intelligence artificielle, les codes sources proviennent d'une large communauté de développeur·euses qui partagent et corrigent une partie de ces codes grâce à des plateformes telles que GitHub. Chacun ou chacune crée son profil (anonyme ou non) pour y poster son code, mais aussi proposer des « requêtes d'amélioration » afin d'optimiser le code écrit par d'autres. L'auteur ou l'auteure du code choisit ensuite d'accepter ou non cette requête en fonction de sa pertinence. Les recruteurs s'appuient sur ces plateformes pour évaluer les compétences des développeur·euses.

En 2016, des chercheurs ont analysé des millions de requêtes d'amélioration sur GitHub : ils ont montré qu'en moyenne, les changements proposés par les développeuses ont plus de chance d'être acceptés que ceux proposés par des hommes⁸. Leurs suggestions sont donc jugées bonnes, mais à une seule condition : qu'on ne détecte pas qu'il s'agit de femmes à partir de leur profil. Sinon, la modification a moins de chance d'être acceptée ! Le bât blesse donc deux fois : d'une part, le secteur se prive d'un code de meilleure qualité en écartant les femmes ; d'autre part, les développeuses sont jugées « mauvais contributeurs ». Devant ce triste constat, on pourrait s'en tenir à une réplique de comptoir : *« D'accord, les développeurs sont sexistes, mais ça ne veut pas dire que la technologie qu'ils développent l'est aussi ! »* Et pourtant...

L'IA, reflet de la société

Au mois de novembre 2017, un internaute déclenche une polémique sur les réseaux sociaux : dans un post devenu viral⁹, il montre que le logiciel de traduction automatique Google Translate est bourré de stéréotypes, notamment dans ses traductions anglaises du turc. Le turc est une langue non genrée : il n'y a pas d'articles et de pronoms « le/il » « la/elle », seulement « le/on ». Les professions, états émotionnels, statuts sociaux et actions sont ainsi décrits de façon neutre. Or ils ont été instantanément sexués dans la traduction anglaise ! La « personne heureuse » en turc est devenue un