

[Accueil](#) > [Stratégie](#) > [Stratégie transversale](#) > [Stratégie nationale de recherche en intelligence artificielle](#)

STRATÉGIE NATIONALE DE RECHERCHE EN INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Rapport de Cédric Villani : donner un sens à l'intelligence artificielle (IA)

Intelligence artificielle



Le rapport sur l'intelligence artificielle (IA) rédigé par le mathématicien et député Cédric Villani, a été rendu public mercredi 28 mars 2018. Parmi les nombreuses pistes proposées : créer un réseau d'Instituts interdisciplinaires d'intelligence artificielle, mettre en place un supercalculateur conçu spécifiquement pour les applications d'IA, ou encore rendre plus attractives les carrières dans la recherche publique afin d'éviter la fuite des cerveaux vers les géants américains.

LE RAPPORT

➤ [Consulter le rapport de Cédric Villani "Donner du sens à l'intelligence artificielle : pour une stratégie nationale et européenne"](#)

LE SITE AI FOR HUMANITY

➤ [Consulter le site](#)



CÉDRIC VILLANI

Mathématicien et député de l'Essonne

DONNER UN SENS À L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

POUR UNE STRATÉGIE
NATIONALE ET EUROPÉENNE

Composition de la mission

Marc Schoenauer Directeur de recherche INRIA • **Yann Bonnet** Secrétaire général du Conseil national du numérique • **Charly Berthet** Responsable juridique et institutionnel du Conseil national du numérique • **Anne-Charlotte Cornut** Rapporteur au Conseil national du numérique • **François Levin** Responsable des affaires économiques et sociales du Conseil national du numérique • **Bertrand Rondepierre** Ingénieur de l'armement, Direction générale de l'armement.

Cédric Villani



Comme bien d'autres adolescents férus de sciences dans les années 80, j'ai fait la connaissance de l'intelligence artificielle dans les superbes ouvrages de vulgarisation de Douglas Hofstadter, qui mettait en scène Alan Turing avec une passion contagieuse.

Mais comme bien des mathématiciens débutant la carrière dans les années 90, j'ai profondément sous-estimé l'impact de l'intelligence artificielle, qui ne donnait finalement, à cette époque, que peu de résultats. Quelle surprise ce fut d'assister, dans les années 2010, à l'incroyable amélioration de ses performances... Devenu moi-même vulgarisateur, je me suis mis à développer le sujet régulièrement, dans mes conférences publiques comme dans mes échanges avec le monde de l'entreprise. Et ce fut une surprise non moins grande de voir mes ouvrages de recherche sur le transport optimal cités dans des articles récents sur l'intelligence artificielle : comme un signe qu'il m'était impossible d'échapper à ce sujet polymorphe ! Du reste, depuis quelques années plus personne ne peut y échapper, tant il est devenu omniprésent dans les discussions économiques et sociales.

Aussi ai-je été à peine surpris quand le Premier ministre me confia une mission d'information sur la stratégie française et européenne en intelligence artificielle. Le défi était grand, mais mon enthousiasme considérable. Pour les orientations de départ, j'ai bénéficié du plein soutien du secrétaire d'État au numérique, Mounir Mahjoubi, et de l'expertise de mes collègues spécialistes dans le domaine, à commencer par mon ancien collaborateur Yann Ollivier.

Avec leur aide, et avec le soutien des institutions d'État, j'ai pu mettre en place une équipe comme on en rêve : sept personnes extrêmement compétentes, investies à temps plein, aux profils variés. Cette étape était cruciale, tant on sait combien les ressources humaines sont la première condition de succès de tout projet.

Pour démarrer notre réflexion, nous pouvions nous appuyer sur d'excellentes sources ; en particulier le rapport France IA, initié par Axelle Lemaire, le rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST), rendu par mes collègues parlementaires Claude de Ganay et Dominique Gillot, ainsi que les remarquables travaux de la CNIL, sur l'éthique des algorithmes, et du Conseil d'orientation pour l'emploi. France Stratégie a également apporté son concours. Les contributions se sont multipliées, et rapidement la quantité de matériaux à digérer est apparue considérable ! Mais ensemble, nous avons pu collecter et synthétiser les quantités d'information fournies par les centaines d'experts, et par les milliers de citoyens qui ont apporté leur contribution à la réflexion – à ce sujet je remercie chaleureusement l'association Parlement & Citoyens qui a pu monter une plateforme de consultation en ligne dans des délais records !

L'intelligence artificielle ne peut se penser dans un cadre seulement national ; et cette mission a aussi été l'occasion de visites, aussi brèves qu'intenses, dans des lieux inspirants à l'étranger : Palo Alto, Beijing, Berlin, Ratisbonne, Londres, Zürich, Bologne, Lisbonne, Tel-Aviv et Haïfa. La logistique de ces visites a fait intervenir de nombreux acteurs institutionnels efficaces, que je remercie avec gratitude. Inutile de dire que les lieux inspirants français ont aussi été au rendez-vous, avec une mention spéciale pour The Camp, près d'Aix-en-Provence, qui a hébergé notre mission durant quelques jours.

Passionnante par la variété de sujets qu'elle nous a menés à étudier, cette mission a aussi été l'occasion de travailler, six mois durant, en collaboration avec tous les acteurs de la société, depuis les sciences exactes et humaines jusqu'aux administrations, en passant par les entrepreneurs, les journalistes et des auteurs de science-fiction talentueux – merci à Anne-Caroline Paucot et Olivier Paquet, qui ont gentiment accepté que nous intégrions quelques-unes de leurs nouvelles au rapport. À travers ces confrontations multiples, l'intelligence artificielle s'est affirmée à nos yeux comme un sujet universel, se déclinant dans d'innombrables variations, qui doit s'aborder de façon systémique.

Nous avons d'ailleurs l'intention de compléter ce rapport – rédigé pour conseiller le gouvernement avec l'action et l'efficacité en ligne de mire – par une version plus pédagogique, susceptible d'intéresser un public aussi large que possible, insistant davantage sur l'histoire, les attentes et les mystères de ce domaine.

C'est dans la synergie, nous en sommes convaincus, que notre nation, et notre continent, pourront se lancer avec confiance et détermination dans cette révolution naissante.

Introduction [Page 8](#)

Synthèse [Page 14](#)

Partie 1 – Une politique économique articulée autour de la donnée [Page 24](#)

Renforcer l'écosystème européen
de la donnée [Page 26](#)

Inciter les acteurs économiques à la
mutualisation de données [Page 29](#)

Organiser l'ouverture au cas par cas
de certaines données détenues par
des entités privées [Page 33](#)

Favoriser sans attendre les pratiques
de fouille de texte et de données
(TDM) [Page 35](#)

Mettre en œuvre la portabilité dans
une visée citoyenne [Page 36](#)

Réformer le cadre international appli-
cable aux transferts de données [Page 38](#)

Consolider et rendre visible l'éco-
système français de l'IA [Page 38](#)

Créer un guichet unique d'information
sur l'IA [Page 39](#)

Créer des labels pour augmenter la
visibilité de l'offre domestique en IA
[Page 39](#)

Consolider les filières d'acheteurs
[Page 40](#)

Faire lever sur la commande publi-
que [Page 43](#)

Ajuster les seuils d'application de la
réglementation aux niveaux euro-
péens [Page 43](#)

Mettre l'achat public au service du
soutien à la base industrielle euro-
péenne [Page 44](#)

Dynamiser l'achat public innovant
[Page 44](#)

Mettre en place une protection de
l'acheteur public pour l'inciter à l'in-
génierie contractuelle [Page 45](#)

Généraliser l'emploi des exceptions à
l'ordonnance sur les marchés publics
[Page 45](#)

Un choix clair : mettre l'accent sur
quatre secteurs stratégiques [Page 46](#)

Mener une politique sectorielle autour
de grands enjeux [Page 48](#)

Expérimenter des plateformes sec-
torielles [Page 53](#)

Mettre en place des bacs à sable
d'innovation [Page 53](#)

Mettre en œuvre une politique de la
donnée adaptée à chaque secteur
[Page 56](#)

Initier une dynamique industrielle
européenne de l'IA [Page 57](#)

Développer la robotique européenne
[Page 57](#)

Faire du développement de l'IA pour
le transport une priorité de la future
agence d'innovation de rupture [Page 58](#)

Innover dans l'industrie du composant
adapté à l'IA [Page 58](#)

Accélérer la mise en place d'infras-
tructures européennes en IA [Page 60](#)

Transformation de l'État, État exem-
plaire [Page 62](#)

Installer un coordinateur interminis-
tériel pour la mise en œuvre de la
stratégie [Page 62](#)

Créer un pôle de compétences
mutualisées en IA dans l'État [Page 63](#)

Intégrer l'IA dans la stratégie numé-
rique de l'État [Page 64](#)

Partie 2 –

Pour une recherche agile et diffu- sante [Page 72](#)

Créer un réseau d'Instituts Interdisci-
plinaires d'Intelligence Artificielle
[Page 75](#)

Mailler le territoire et les domaines
de recherche [Page 76](#)

Réunir chercheurs, étudiants et entre-
prises [Page 79](#)

Installer une coordination nationale
[Page 85](#)

Amorcer le processus par un appel à
projets [Page 85](#)

Intégrer ce réseau dans l'espace européen de la recherche en IA page 87

Des moyens de calcul pour la recherche page 88

Développer un supercalculateur pour les besoins de la recherche page 89

Négocier un pass dans un cloud privé pour la recherche page 89

Rendre plus attractives les carrières dans la recherche publique page 90

Revaloriser les carrières d'enseignants chercheurs et de chercheurs, en particulier en début de carrière page 90

Augmenter l'attractivité de la France pour les talents expatriés ou étrangers page 90

Former plus de spécialistes de haut niveau en IA page 90

Fluidifier et amplifier les échanges académie-industrie page 91

Encourager le travail partagé académie-industrie page 91

Prendre en compte les périodes de travail dans l'industrie dans la reconstitution de carrière page 91

Nommer des chercheurs en IA dans les conseils d'administration page 91

Résoudre le problème du partage de la propriété intellectuelle page 92

Encourager la création de startups par les chercheurs page 92

Encourager par le co-financement la création de chaires industrielles page 92

Partie 3 –

Anticiper et maîtriser les impacts sur le travail et l'emploi page 100

Anticiper les impacts sur l'emploi et expérimenter page 107

Créer un lab public de la transformation du travail page 107

Cibler certains dispositifs sur les emplois à plus haut risque d'automatisation page 109

Financer des expérimentations page 112

Développer la complémentarité au sein des organisations et encadrer les conditions de travail page 112

Développer un indice de bonne complémentarité à destination des entreprises page 112

Intégrer pleinement la transformation numérique dans le dialogue social page 113

Lancer un chantier législatif sur les conditions de travail à l'heure de l'automatisation page 114

Amorcer une transformation de la formation initiale et continue pour favoriser l'apprentissage de la créativité page 114

Favoriser la créativité et les pédagogies innovantes page 116

Créer une plateforme de mise en valeur des porteurs de pédagogies innovantes page 116

Donner du temps et des moyens aux porteurs d'innovations pédagogiques page 117

Expérimenter de nouveaux modes de financement de la formation professionnelle pour tenir compte des transferts de valeur page 117

Former des talents en IA, à tous niveaux page 119

Multiplier par trois le nombre de personnes formées en IA page 119

Renforcer l'éducation en mathématiques et en informatique page 121

Partie 4 –

L'intelligence artificielle au service d'une économie plus écologique page 122

Inscrire le sujet à l'agenda international page 125

Favoriser la convergence de la transition écologique et du développement de l'IA page 125

Mettre en place un lieu dédié à la rencontre de la transition écologique et de l'IA page 125

Mettre en place une plateforme au service de la mesure de l'impact environnemental des solutions numériques intelligentes page 127

Penser une IA moins consommatrice d'énergie page 127

Agir pour le verdissement de la chaîne de valeur des centres de données page 128

Soutenir les démarches écologiques chez les fournisseurs de cloud européens page 128

Libérer la donnée écologique page 130

Libérer la donnée publique page 131

Libérer la donnée privée page 131

Partie 5 – Quelle éthique de l'IA ? page 133

Ouvrir la boîte noire page 140

Développer l'audit des IA page 143

Développer l'évaluation citoyenne des IA page 144

Soutenir la recherche sur l'explicabilité page 145

Penser l'éthique dès la conception page 146

Intégrer l'éthique dans la formation des ingénieurs et chercheurs en IA page 146

Instaurer une étude d'impact sur les discriminations (discrimination impact assessment) page 147

Penser les droits collectifs sur les données page 148

Rendre l'action de groupe effective page 149

Comment garder la main ? page 149

Police prédictive page 150

Les systèmes d'armes létales autonomes page 152

Une gouvernance spécifique de l'éthique en intelligence artificielle page 153

Partie 6 – Pour une intelligence artificielle inclusive et diverse page 162

Mixité et diversité : agir pour l'égalité page 163

Une action forte : un objectif de 40 % d'étudiantes dans les filières du numérique page 166

Une action nationale en faveur de la mixité dans la technologie page 168

Mettre en place une base de données nationale sur les inégalités entre les femmes et les hommes au travail page 170

Promouvoir la transparence des processus de recrutement et de promotion page 171

Réserver des fonds en faveur de la diversité page 172

Développer la médiation numérique et l'innovation sociale pour que l'IA bénéficie à tous page 172

Activer l'accès aux droits fondamentaux et aux services publics page 173

Soutenir les innovations sociales basées sur l'IA page 177

Focus sectoriels page 183

Focus 1 – Transformer l'éducation page 184

Enseigner à l'heure à l'IA page 185

Développer une complémentarité capacitante avec l'IA en renforçant la place de la créativité dans l'enseignement page 186

Développer la maîtrise de l'apprenant sur ses données d'apprentissage en lien avec son équipe pédagogique page 187

Accompagner la transformation des relations sociales d'apprentissage et des métiers de l'enseignement page 188

Transformer les politiques éducatives grâce à l'intelligence artificielle page 189

Mobiliser le potentiel de l'IA pour lutter contre les décrochages et faciliter l'orientation [page 189](#)

Soutenir le développement d'un écosystème Edtech en phase avec les valeurs de notre système éducatif [page 190](#)

Accompagner la transformation des métiers au sein du Ministère [page 192](#)

Focus 2 –

[La santé à l'heure de l'IA](#) [page 194](#)

L'IA au service de la médecine [page 195](#)

Une réorganisation des pratiques médicales autour du patient [page 197](#)

Fluidifier les expérimentations en temps réel avec les patients et professionnels de santé [page 199](#)

L'IA au service des politiques de santé [page 199](#)

Mieux anticiper et cibler les politiques de santé [page 199](#)

Assurer une veille de la donnée de santé [page 200](#)

Mettre en place une plateforme pour le système de santé adaptée aux usages liés à l'IA [page 200](#)

Réguler l'innovation en santé à l'heure de l'IA [page 203](#)

Focus 3 –

[Faire de la France un leader de l'agriculture augmentée](#) [page 204](#)

À court terme : préserver nos capacités stratégiques et soutenir l'innovation agricole [page 205](#)

Favoriser le dialogue entre les agriculteurs et l'industrie agroalimentaire pour faire émerger de nouveaux modèles de valeur [page 205](#)

Développer les soutiens à la recherche pour le développement de la robotique et des capteurs agricoles [page 206](#)

Garantir la couverture réseau nécessaire à une agriculture connectée [page 206](#)

Intensifier les efforts sur la standardisation et l'interopérabilité [page 207](#)

Outiller les démarches collectives de négociations sur les données des exploitations [page 207](#)

À moyen terme : distribuer plus largement les capacités d'exploitation des données [page 208](#)

Faire passer à l'échelle les initiatives de mutualisation et les services innovants aux exploitations [page 208](#)

Développer les capacités numériques des agriculteurs, au service de la souveraineté technologique française [page 209](#)

Focus 4 –

[Une politique d'innovation de rupture dans le secteur du transport au niveau européen](#) [page 210](#)

Une coopération franco-allemande sur l'innovation de rupture [page 212](#)

Des plateformes de mutualisation européennes autour des mobilités [page 212](#)

Des échéances ambitieuses pour l'autorisation des véhicules autonomes en Europe [page 214](#)

Une politique de la donnée offensive [page 214](#)

Focus 5 –

[L'IA au service de la défense et de la sécurité](#) [page 218](#)

La nécessité d'une IA régaliennne et ses spécificités [page 220](#)

La mise en place d'un environnement propice à l'expérimentation et au développement de l'IA [page 222](#)

Une gouvernance et un cadre à consolider [page 224](#)

[Personnes auditionnées](#) [page 226](#)

[Contributions reçues](#) [page 230](#)

[La mission](#) [page 232](#)

Définir l'intelligence artificielle n'est pas chose facile. Depuis ses origines comme domaine de recherche spécifique, au milieu du XX^e siècle, elle a toujours constitué une frontière, incessamment repoussée. L'intelligence artificielle désigne en effet moins un champ de recherches bien défini qu'un programme, fondé autour d'un objectif ambitieux : comprendre comment fonctionne la cognition humaine et la reproduire ; créer des processus cognitifs comparables à ceux de l'être humain.

Le champ est donc naturellement extrêmement vaste, tant en ce qui concerne les procédures techniques utilisées que les disciplines convoquées : mathématiques, informatiques, sciences cognitives... Les méthodes d'IA sont très nombreuses et diverses (ontologique, apprentissage par renforcement, apprentissage adversarial, réseaux de neurones...) et ne sont pas nouvelles : beaucoup d'algorithmes utilisés aujourd'hui ont été développés il y a plusieurs dizaines d'années.

Depuis la conférence de Dartmouth de 1956, l'intelligence artificielle s'est développée, au gré des périodes d'enthousiasme et de désillusion qui se sont succédées, repoussant toujours un peu plus les limites de ce qu'on croyait pouvoir n'être fait que par des humains. En poursuivant son projet initial, la recherche en IA a donné lieu à des vrais succès (victoire au jeu d'échecs, au jeu de go, compréhension du langage naturel...) et a nourri largement l'histoire des mathématiques et de l'informatique : combien de dispositifs que nous considérons aujourd'hui comme banals étaient à l'origine une avancée majeure en IA – une application de jeux d'échecs, un programme de traduction en ligne... ?

Du fait de ses ambitions, qui en font un des programmes scientifiques les plus fascinants de notre époque, la discipline de l'IA s'est toujours développée de concert avec les imaginaires les plus délirants, les plus angoissants et les plus fantastiques, qui ont façonné les rapports qu'entretient le grand public avec l'IA mais également ceux des chercheurs eux-mêmes avec leur propre discipline. La (science) fiction, les fantasmes et les projections collectives ont accompagné l'essor de l'intelligence artificielle et guident parfois ses objectifs de long terme : en témoignent les productions fictionnelles abondantes sur le sujet,

L'intelligence artificielle est entrée, depuis quelques années, dans une nouvelle ère, qui donne lieu à de nombreux espoirs

de 2001 *l'Odyssée de l'espace*, à *Her* en passant *Blade Runner* et une grande partie de la littérature de science-fiction. Finalement, c'est probablement cette alliance entre des projections fictionnelles et la recherche scientifique qui constitue l'essence de ce qu'on appelle l'IA. Les imaginaires, souvent ethno-centrés et organisés autour d'idéologies politiques sous-jacentes, jouent donc un rôle majeur, bien que souvent négligé, dans la direction que prend le développement de cette discipline.

L'intelligence artificielle est entrée, depuis quelques années, dans une nouvelle ère, qui donne lieu à de nombreux espoirs. C'est en particulier dû à l'essor de l'apprentissage automatique. Rendues possibles par des algorithmes nouveaux, par la multiplication des jeux de données et le décuplement des puissances

1. La blockchain correspond à un registre distribué qui permet d'éviter de recourir à un tiers de confiance lors de transactions et qui est notamment au fondement du bitcoin.

de calcul, les applications se multiplient : traduction, voiture autonome, détection de cancer, ... Le développement de l'IA se fait dans un contexte technologique marqué par la « mise en données » du monde (datafication), qui touche l'ensemble des domaines et des secteurs, la robotique, la blockchain¹, le supercalcul et le stockage massif. Au contact de ces différentes réalités technologiques se jouera sûrement le devenir de l'intelligence artificielle.

Ces applications nouvelles nourrissent de nouveaux récits et de nouvelles peurs, autour, entre autres, de la toute-puissance de l'intelligence artificielle, du mythe de la Singularité et du transhumanisme. Depuis quelques années, ces représentations sont largement investies par ceux qui la développent et participent à en forger les contours. Le cœur politique et économique de l'intelligence artificielle bat toujours dans la Silicon Valley, qui fait encore office de modèle pour tout ce que l'Europe compte d'innovateurs. Plus qu'un lieu, davantage qu'un écosystème particulier, elle est, pour beaucoup d'acteurs publics et privés, un état d'esprit qu'il conviendrait de répliquer. La domination californienne, qui subsiste dans les discours et dans les têtes, nourrit l'idée d'une voie unique, d'un déterminisme technologique. Si le développement de l'intelligence artificielle est pensé par des acteurs privés hors de nos frontières, la France et l'Europe n'auraient d'autre choix que de prendre le train en marche. Les illustrations sont nombreuses : rien qu'en France, l'accord signé entre Microsoft et l'éducation nationale sous le précédent quinquennat ou l'utilisation par la DGSI de logiciels fournis par Palantir, une startup liée à la CIA, ne disent finalement pas autre chose. On observe la même tentation chez les entreprises européennes qui, persuadées d'avoir déjà perdu la course, cèdent bien souvent aux sirènes des géants de la discipline, parfois au détriment de nos pépites numériques.

Contrairement aux dernières grandes périodes d'emballement de la recherche en intelligence artificielle, le sujet a très largement dépassé la seule sphère scientifique et est sur toutes les lèvres. Les investissements dans la recherche et dans l'industrie atteignent des sommes extraordinaires, notamment en Chine. Les responsables politiques du monde entier l'évoquent dans les discours de politique générale comme un levier de pouvoir majeur : l'émblématique interview à Wired de Barack Obama en octobre 2016 montrait que ce dernier avait bien compris l'intérêt de faire de l'avance américaine en intelligence artificielle un outil redoutable de soft power. Le Président russe Vladimir Poutine a quant à lui affirmé que « celui qui deviendra le leader dans ce domaine sera le maître du monde », comparant l'intelligence artificielle aux technologies nucléaires. S'il s'agissait vraisemblablement pour lui de compenser le retard de la Russie en matière d'intelligence artificielle par un discours musclé sur le sujet, cette affirmation est révélatrice de l'importance géostratégique prise par ces technologies. Dans la mesure où les chaînes de valeur, surtout dans le secteur numérique, sont désormais mondiales, les pays qui seront les leaders dans le domaine de l'intelligence artificielle seront amenés à capter une grande partie de la valeur des systèmes qu'ils transforment, mais également à contrôler ces mêmes systèmes, mettant en cause l'indépendance des autres pays.

C'est que l'intelligence artificielle va désormais jouer un rôle bien plus important que celui qu'elle jouait jusqu'alors. Elle n'est plus seulement un programme

de recherche confiné aux laboratoires ou à une application précise. Elle va devenir une des clés du monde à venir. En effet nous sommes dans un monde numérique, de plus en plus, de part en part. Un monde de données. Ces données qui sont au cœur du fonctionnement des intelligences artificielles actuelles. Dans ce monde-là, qui est désormais le nôtre, ces technologies représentent beaucoup plus qu'un programme de recherche : elles déterminent notre capacité à organiser les connaissances, à leur donner un sens, à augmenter nos facultés de prise de décision et de contrôle des systèmes. Et notamment à tirer de la valeur des données. L'intelligence artificielle est donc une des clés du pouvoir de demain dans un monde numérique.

Voilà pourquoi il est d'intérêt général que nous nous saisissions collectivement de cette question. Et que la France et l'Europe puissent faire entendre leur voix. Il est nécessaire de tout faire pour rester indépendants. Or la concurrence est rude : les États-Unis et la Chine sont à la pointe de ces technologies et leurs investissements dépassent largement ceux consentis en Europe. Le Canada, le Royaume-Uni et, tout particulièrement, Israël, tiennent également une place essentielle dans cet écosystème naissant. Parce qu'à bien des égards, la France et l'Europe peuvent déjà faire figure de « colonies numériques »², il est nécessaire de ne céder à aucune forme de déterminisme, en proposant une réponse coordonnée au niveau européen.

C'est pourquoi le rôle de l'État doit être réaffirmé : le jeu du marché seul montre ses limites pour assurer une véritable politique d'indépendance. De plus les règles qui régissent les échanges internationaux et l'ouverture des marchés intérieurs ne servent pas toujours les intérêts économiques des États européens – qui l'appliquent trop souvent à sens unique. Plus que jamais, l'État doit donner un sens au développement de l'intelligence artificielle. Donner un sens, c'est-à-dire donner un cap, une signification et des explications. Voilà l'objectif de ce rapport.

Donner un sens, c'est tout d'abord donner un cap. C'est l'objectif de la structuration proposée pour la politique industrielle : quatre secteurs prioritaires sont définis, la santé, l'écologie, les transports-mobilités et la défense-sécurité. Ces secteurs présentent plusieurs caractéristiques : ils sont au service de l'intérêt général et des grands défis de notre époque, ils peuvent constituer un avantage comparatif de la France et de l'Europe et ils ont besoin d'une intervention de l'État pour se structurer. Le développement de ces secteurs se fera via des concours d'innovation spécifiques et précis, qui fixeront les objectifs prioritaires, mais également grâce une politique offensive de la donnée. Les données, au cœur du développement de l'IA, bénéficient aujourd'hui souvent à une poignée de très grands acteurs, qui tendent à enfermer les capacités d'innovation dans les limites de leurs entreprises toujours plus puissantes. Ce n'est qu'au prix d'une plus grande circulation de ces données, pour en faire bénéficier les pouvoirs publics, mais aussi les acteurs économiques les plus petits, qu'il sera possible de rééquilibrer les rapports de forces.

**Donner un sens, c'est-à-dire donner un cap,
une signification et des explications.
Voilà l'objectif de ce rapport**

2. Cette expression, traduite de l'anglais « cybercolonization », est issue d'un rapport d'information de Catherine MORIN-DESAILLY fait au nom de la commission des affaires européennes en 2013 (« L'Union européenne, colonie du monde numérique ? »).

**Donner un sens, c'est-à-dire donner un cap,
une signification et des explications.
Voilà l'objectif de ce rapport**

Introduction

La France tient une place décisive dans la recherche en IA : des chercheurs français ont participé à fonder l'IA moderne et l'école mathématique et informatique française rayonne dans le monde entier. Néanmoins l'hémorragie est toujours plus importante : chaque semaine des chercheurs sont recrutés par les entreprises privées et souvent étrangères et quittent les laboratoires publics. Il faut donc redonner à la recherche publique les moyens de ses ambitions, au cœur d'un dispositif allant de la formation au transfert et à l'innovation.

Enfin le développement économique du secteur de l'intelligence artificielle doit mettre en son cœur la préoccupation écologique. En tant que secteur, comme évoqué plus haut, c'est essentiel : les innovations en IA pourront servir à optimiser les consommations d'énergie et le recyclage et à mieux comprendre les effets de l'activité humaine sur l'environnement. Mais il s'agit également de veiller à ce que l'intelligence artificielle que nous développons soit la plus économe en énergie et en ressources.

Donner un sens, c'est également donner une signification. L'intelligence artificielle est loin d'être une fin en soi et son développement doit prendre en compte plusieurs aspects. Tout d'abord la nécessité de penser les modes de complémentarité entre l'humain et les systèmes intelligents. Que ce soit au niveau individuel ou collectif, cette complémentarité peut prendre plusieurs formes et peut être aliénante comme libératrice. Au cœur du développement de l'IA doit résider la nécessité de mettre en œuvre une complémentarité qui soit capacitante, en ce qu'elle permet de désautomatiser les tâches humaines. Pour favoriser la transition des tâches et des métiers dans ce sens, des expérimentations devront être mises en place sur l'ensemble des territoires, notamment à destination des populations les plus touchées par l'automatisation.

Dans un monde marqué par les inégalités, l'intelligence artificielle ne doit pas conduire à renforcer les phénomènes d'exclusion et la concentration de la valeur. En matière d'IA, la politique d'inclusion doit ainsi revêtir un double objectif : s'assurer que le développement de ces technologies ne contribue pas à accroître les inégalités sociales et économiques ; et s'appuyer sur l'IA pour effectivement les réduire. Plutôt que de fragiliser nos trajectoires individuelles et nos systèmes de solidarités, l'IA doit prioritairement nous aider à activer nos droits fondamentaux, augmenter le lien social et renforcer les solidarités. La mixité doit être également au cœur des priorités : la situation est alarmante dans les filières numériques, tant les femmes sont peu représentées. Les algorithmes peuvent en outre reproduire des biais sexistes.

Enfin une société algorithmique ne doit pas être une société de boîtes noires : l'intelligence artificielle va être amenée à jouer un rôle essentiel dans des domaines aussi variés que cruciaux (santé, banque, logement, ...) et le risque de reproduire des discriminations existantes ou d'en produire de nouvelles est important. À ce risque s'en ajoute un autre : la normalisation diffuse des comportements que pourrait introduire le développement généralisé d'algorithmes d'intelligence artificielle. Il doit être possible d'ouvrir les boîtes noires, mais également de réfléchir en amont aux enjeux éthiques que les algorithmes d'intelligence artificielle peuvent soulever.

Introduction

Donner un sens c'est enfin expliquer : expliquer ces technologies à l'opinion pour la démystifier – le rôle des médias est de ce point de vue primordial –, mais aussi expliquer l'intelligence artificielle en elle-même en développant les recherches sur l'explicabilité. Les spécialistes de l'IA eux-mêmes affirment souvent que des progrès importants peuvent être faits sur ce sujet.

C'est de manière plus générale une réflexion collective qui doit être menée sur ces technologies : la constante accélération des rythmes de déploiement ne doit pas empêcher une discussion politique sur les objectifs que nous poursuivons et leur bien-fondé.

Le cœur du document aborde successivement différentes facettes de l'IA : politique économique, recherche, emploi, éthique, cohésion sociale. L'ensemble forme un tout et passe en revue des actions qui ne font sens que quand elles sont prises ensemble. On trouvera d'ailleurs de nombreuses passerelles entre ces parties.

L'IA touche tous les secteurs (y compris ceux où on ne l'attend pas forcément, comme le sport ou la culture) mais il ne nous a pas semblé souhaitable, sauf à produire un document indigeste, de les passer tous en revue ; cependant nous avons ressenti le besoin de rédiger cinq annexes insistant sur des domaines d'intérêt particulier : éducation, santé, agriculture, transport, défense et sécurité.

Partie 1 – Une politique économique articulée autour de la donnée

Les mastodontes actuels de l'intelligence artificielle (États-Unis et Chine) et les pays émergents de la discipline (Israël, Canada et Royaume-Uni notamment) se développent ou se sont développés sur des modèles parfois radicalement différents. Ce n'est pas forcément grâce à un « Google européen » que la France et l'Europe pourront se faire une place sur la scène mondiale de l'IA. Elles doivent pour cela inventer un modèle spécifique.

Un écosystème européen de la donnée

Les données sont généralement le point de départ de toute stratégie en IA, car de leur disponibilité dépendent de nombreux usages et applications. Or les données bénéficient aujourd'hui majoritairement à une poignée de très grands acteurs. Ce n'est qu'au prix d'un plus grand accès et d'une meilleure circulation de ces données, pour en faire bénéficier les pouvoirs publics, mais aussi les acteurs économiques plus petits et la recherche publique, qu'il sera possible de rééquilibrer les rapports de forces.

La puissance publique doit pour cela amorcer de nouveaux modes de production, de collaboration et de gouvernance sur les données, par la constitution de « communs de la donnée »¹. Cela devra passer par une incitation des acteurs économiques au partage et à la mutualisation de leurs données, l'État pouvant ici jouer un rôle de tiers de confiance. Dans certains cas, la puissance publique pourrait imposer l'ouverture s'agissant de certaines données d'intérêt

général. Au niveau européen, plusieurs réformes en cours doivent permettre un meilleur accès et une plus grande circulation des données. La révision prochaine de la directive sur la réutilisation des informations du secteur public doit être l'occasion d'accélérer le mouvement d'ouverture des données publiques et de préciser les modalités d'un accès à des données privées pour des motifs d'intérêt général. La réforme actuelle du droit d'auteur devrait – enfin ! – permettre d'autoriser les pratiques de fouille de texte et de données (*text and data mining*) dans un objectif de compétitivité de notre recherche publique.

Cette politique de la donnée doit s'articuler avec un objectif de souveraineté : la France et l'Europe doivent conserver une position ferme s'agissant du transfert de données hors de l'Union européenne. La stratégie en IA devra en outre capitaliser sur les hauts standards de protection issus de la nouvelle législation européenne sur les données. Le nouveau droit à la portabilité² des individus sur leurs données personnelles pourrait ainsi s'inscrire dans une logique citoyenne, pour permettre à l'État et aux collectivités territoriales de récupérer ces données pour développer des applications en IA à des fins de politique publique.

Renforcer la visibilité de ceux qui font l'IA

La France dispose de tous les atouts pour exister pleinement sur la scène internationale. Néanmoins nos entreprises et nos réseaux académiques souffrent d'un véritable manque de visibilité. C'est à la fois vrai à l'étranger et sur le marché domestique : les grandes entreprises préfèrent parfois céder aux sirènes des géants mondiaux de la discipline plutôt que

1. Les communs, ou biens communs, désignent une ressource dont l'usage et la gouvernance sont définis par une communauté.

2. La capacité pour les utilisateurs de récupérer leurs données, pour leurs propres usages ou pour les transférer vers un autre service.

**Partie 1 –
Une politique
économique articulée
autour de la donnée**

de faire confiance à nos pépites nationales, soit parce qu'elles en ignorent l'existence, soit par excès de prudence. Notre mission propose ainsi de fédérer les acteurs français de l'intelligence artificielle autour d'une marque forte, qui pourrait prendre la forme de labels et de prix « d'innovation de terrain » visant à récompenser les solutions d'IA les plus innovantes et à sécuriser de potentiels acheteurs.

Cet effort doit s'accompagner d'une structuration de la demande en IA. Cela pourrait passer par la création d'un guichet unique d'information visant à aider les potentiels acheteurs d'IA à mieux formaliser leurs besoins et à identifier les acteurs permettant d'y répondre.

Un choix clair : mettre l'accent sur quatre secteurs stratégiques

Pour renforcer l'écosystème français et européen de l'intelligence artificielle, il nous faut tirer parti des avantages comparatifs et des niches d'excellence de notre économie. De ce point de vue, notre mission recommande d'éviter les logiques de saupoudrage et de concentrer l'effort sur quatre secteurs prioritaires : santé, environnement, transports-mobilités et défense-sécurité. Tous représentent un défi majeur du point de vue de l'intérêt général, tous requièrent une impulsion importante de l'État et tous sont susceptibles de cristalliser l'intérêt et l'implication continue des acteurs publics et privés.

Pour chacun de ces secteurs, la stratégie industrielle doit permettre de mobiliser et de structurer les écosystèmes autour de grands enjeux et défis sectoriels. Il n'est pas question ici de développer de l'IA pour elle-même, comme une fin en soi, mais

justement de canaliser cette énergie pour le développement d'applications, d'usages qui contribuent à améliorer notre performance économique ainsi que le bien commun : détection précoce des pathologies, médecine des 4P², disparition des déserts médicaux, mobilité urbaine à zéro émission... Ces enjeux et défis affichés de politique industrielle, propres à chaque secteur, dépassent le sujet de l'IA, mais pourraient contribuer à donner un terrain favorable à son développement.

Le deuxième pilier de cette stratégie consiste à mettre en place des plateformes sectorielles de mutualisation. Celles-ci devront offrir un accès différencié et sécurisé aux acteurs de ces différents écosystèmes (chercheurs, entreprises, puissance publique) à des données pertinentes pour le développement d'IA, à des ressources logicielles ainsi qu'à des infrastructures de calcul d'ampleur significative. Dans un continuum public-privé, ces plateformes devront permettre à ces différents acteurs de développer de nouvelles fonctionnalités adaptées aux spécificités de chaque secteur.

Enfin, il est essentiel de fluidifier les parcours d'innovation en IA avec la mise en place de « bacs à sable d'innovation », qui se déclinent sur trois aspects : un allègement, temporaire, de certaines contraintes réglementaires pour laisser le champ libre à l'innovation ; un accompagnement des acteurs dans la prise en compte de leurs obligations ; des moyens d'expérimentation en situation réelle.

Transformation de l'État, État exemplaire

L'État doit être un puissant moteur de ces transformations. La puissance publique doit se donner les moyens

3. Médecine personnalisée, préventive, prédictive, participative.

matériels et humains d'intégrer l'IA à la conduite de ses politiques publiques, à la fois dans une perspective de modernisation et par souci d'exemplarité.

Cette transformation va inévitablement prendre du temps et la maturité des différents ministères et administrations sur l'IA est très inégale. C'est pourquoi il est nécessaire d'installer un coordinateur interministériel dédié à la mise en œuvre de cette stratégie. Celui-ci pourra s'appuyer sur un pôle mutualisé de compétences, constitué d'une trentaine d'agents et chargé de conduire des missions de conseil auprès des administrations.

La commande publique doit être repensée. Évaluée à près de 70 milliards d'euros annuels pour l'État, les établissements publics et les collectivités, elle reste insuffisamment orientée vers l'innovation, pour des raisons à la fois opérationnelles, juridiques et culturelles. Notre mission recommande plusieurs mesures qui visent à mettre l'achat public au service du soutien aux industries européennes et à dynamiser l'achat public innovant.

Partie 2 – Pour une recherche agile et diffusante

La recherche française est au premier plan mondial pour ce qui concerne ses chercheurs en mathématiques et en intelligence artificielle, mais elle a du mal à transformer ses avancées scientifiques en applications industrielles et économiques. Elle pâtit d'une « fuite des cerveaux » vers les géants américains. L'offre de formation se situe par ailleurs bien en deçà des besoins en matière d'IA et science des données.

Fédérer les acteurs de la recherche autour d'Instituts Interdisciplinaires d'Intelligence Artificielle

Il faut renforcer la place mondiale de notre recherche en IA en créant, à l'intérieur d'une sélection d'établissements publics d'enseignement et recherche, des *Instituts Interdisciplinaires d'Intelligence Artificielle* (3IA) autonomes et coordonnés, réunissant chercheurs, ingénieurs et étudiants. Ils ont vocation à être répartis géographiquement sur l'ensemble du territoire national, diversifiés thématiquement sur les domaines de l'IA et mettant un accent fort sur l'interdisciplinarité, notamment, mais pas uniquement, vis-à-vis des sciences humaines et sociales.

Il faudra tout d'abord réussir à attirer des scientifiques français et étrangers. Ces instituts devront procurer un environnement de travail suffisamment attractif pour résister à la pression compétitive des géants du numérique, c'est pourquoi ils devront être conçus comme des « zones franches de l'IA » : allègement drastique des formalités administratives du quotidien, compléments de salaire conséquents, aides pour l'amélioration de la qualité de vie. Ces instituts pourront offrir des postes à temps plein et des statuts intermédiaires d'affiliés, pour les chercheurs qui restent dans les établissements fondateurs.

Il faudra également attirer des partenaires privés (grands groupes, PME, startups) porteurs de solutions en IA fondamentalement nouvelles, en leur permettant de former leurs ingénieurs, de recruter des ingénieurs de haut niveau, de réaliser ou consolider des avancées technologiques. Plusieurs modes de participation pourront être définis, selon des contrats-cadres adaptés permettant de démarrer

Partie 2 -

**Pour une recherche agile
et diffusante**

Partie 3 -

**Anticiper les impacts
sur le travail, l'emploi
et expérimenter**

apparaît de plus en plus certainement que la majorité des métiers et des organisations vont être très largement transformés. Nous entrons donc dans une période de transition technologique importante : l'histoire nous enseigne que les précédentes transitions ne se sont pas faites sans encombre et que les processus de réajustement politiques ont parfois été violents, souvent au détriment des populations déjà les plus fragiles. Il est donc nécessaire de prendre le problème à bras le corps et d'agir résolument, sans céder à la panique ni au fatalisme.

Cela passe d'abord par une réflexion sur les modes de complémentarité entre l'humain et l'intelligence artificielle : si l'on part du principe que, pour la plupart des métiers, les individus seront amenés à travailler en collaboration avec une machine, il est nécessaire de définir une complémentarité qui ne soit pas aliénante, mais au contraire permette de développer les capacités proprement humaines (créativité, dextérité manuelle, capacité de résolution de problèmes...). Cela pourra s'articuler de plusieurs manières. Tout d'abord au travers d'une transformation du dialogue social afin d'intégrer pleinement les enjeux numériques et développer un indice de bonne complémentarité. De manière plus globale, un chantier législatif relatif aux conditions de travail à l'heure de l'automatisation pourrait être lancé afin de prendre en compte les nouveaux risques. Enfin, une transformation de la formation initiale et continue devra être amorcée afin de favoriser les pédagogies expérimentales, à même de développer les compétences créatives qui deviennent de plus en plus cruciales.

Créer un lab public de la transformation du travail

C'est la première nécessité : s'assurer que la capacité d'anticipation soit

pérenne, continue et surtout articulée avec des politiques publiques. La parution des études sur l'avenir du travail occasionne des débats collectifs passionnants, mais souvent sans véritable incidence, tandis que les politiques publiques ne sont modifiées qu'à la marge et peinent à prendre véritablement en compte les résultats de ces exercices prospectifs. Les transformations peuvent être extrêmement rapides et les circuits des politiques publiques sont tout aussi complexes et difficiles à manœuvrer. La formation professionnelle, à elle toute seule par exemple, représente 32 milliards d'euros par an, avec une multitude de canaux de financement et une myriade d'acteurs différents.

Il est donc nécessaire de constituer un espace ou les capacités prospectives, de prévisions macro-économiques et d'analyse des mutations des usages puissent être mises en lien avec des capacités d'expérimentation concrètes et articulées avec des actions à destination de certaines catégories de travailleurs. Une structure pérenne pourrait donc être installée, qui aurait un rôle de « tête chercheuse » à l'intérieur des politiques publiques de l'emploi et de la formation professionnelle. Elle aura un double rôle : anticiper et expérimenter.

La démarche expérimentale pourra servir à amorcer des logiques différentes de celles qui sont actuellement en vigueur dans la formation professionnelle. Les dispositifs actuels sont largement « à la main » des salariés, dans une logique de responsabilisation individuelle. Au vu du caractère potentiellement très rapide, voire exponentiel de ces transformations, il semble difficile, pour les dispositifs généraux existants, de répondre à l'ensemble des situations et de permettre à la fois la prise en compte des besoins de l'ensemble de la

population et la nécessité d'agir de manière ciblée et urgente. De plus, face à la transformation de leur emploi, les individus ne sont pas égaux dans la capacité de s'adapter et de construire des parcours professionnels.

À cet égard, des expérimentations pourraient être menées afin de construire des dispositifs qui ciblent certaines populations d'individus, dont les emplois sont considérés comme étant le plus à risque d'automatisation et pour lesquelles il sera complexe d'amorcer seules leur transition professionnelle. Il s'agit donc de rompre, en partie, avec la seule logique de responsabilisation de l'individu concernant sa propre transition professionnelle.

Expérimenter de nouveaux modes de financement de la formation professionnelle pour tenir compte des transferts de valeur

Le financement de la formation professionnelle est fondé sur la masse salariale. Or, le développement de l'IA renforce la mutation des chaînes de valeur et entraîne une décorrélation entre les acteurs qui financent la formation professionnelle et ceux qui captent la valeur ajoutée. Ainsi des acteurs ayant une très faible masse salariale peuvent être à l'origine d'une grande partie de la valeur ajoutée d'une chaîne de valeur globale qu'ils contribuent à très largement modifier par exemple en développant un logiciel pour les voitures autonomes. Pour autant, à l'heure actuelle, ils ne participent pas au financement de la transition professionnelle des individus employés par d'autres acteurs de la chaîne de valeur.

Il est donc proposé d'instaurer un dialogue social autour du partage de la valeur ajoutée au niveau de la chaîne de valeur entière. Ce type de négociation ne correspond pas aux

structurations habituelles du dialogue social qui fonctionne très largement à un niveau national et surtout suivant une structuration verticale, par branche. Des expérimentations pourraient être organisées par l'Organisation internationale du travail, ou encore les comités de dialogue social sectoriel, autour de produits et de chaînes de valeur particulièrement symptomatiques des phénomènes de captation de valeur.

Former des talents en IA, à tous niveaux

Un objectif clair doit être fixé : à horizon trois ans, multiplier par trois le nombre de personnes formées en intelligence artificielle en France, à la fois en faisant en sorte que l'offre de formation existante s'oriente vers l'IA, mais également en créant de nouveaux cursus et de nouvelles formations à l'IA (doubles cursus droit-IA par exemple, modules généraux...). L'ensemble des niveaux (bac +2, bac +3, master, doctorat) doit faire l'objet d'attention.

Partie 4 – L'intelligence artificielle au service d'une économie plus écologique

Donner un sens à l'intelligence artificielle, c'est également penser sa soutenabilité, notamment écologique. Cela ne se résume pas à lister les usages de l'IA qui pourront aider à la transition écologique. Il s'agit de penser une IA nativement écologique et de l'utiliser pour mieux penser l'impact de l'humain sur son environnement. Il y a urgence : d'ici 2040, les besoins en espace de stockage au niveau mondial, fondamentalement corrélés au développement du numérique et de l'IA, risquent d'excéder la production disponible globale de silicium.

Partie 4 - L'intelligence artificielle au service d'une économie plus écologique

La France et l'Europe peuvent devenir le fer-de-lance de cette transition écologique intelligente, d'abord en inscrivant le sujet à l'agenda international. Premier chantier : penser les impacts de l'IA sur la réalisation des objectifs de l'ONU sur le développement durable (ODD) – en quoi celle-ci en met certains sous contrainte, comment elle peut à l'inverse permettre d'en accélérer d'autres. L'IA doit s'intégrer aux initiatives émergentes dans le cadre de l'Accord climat et du Pacte mondial pour l'environnement.

Les acteurs des transitions numérique et écologique doivent se fédérer. Pour cela, il est nécessaire de créer un lieu dédié à cette rencontre entre la recherche en IA et la recherche portant sur l'optimisation des ressources énergétiques. Il s'agira de porter des projets à la croisée des sciences du vivant et de l'écologie, la recherche sur le climat et la météo.

Le consommateur doit être acteur dans le verdissement de ces technologies. Notre mission propose ainsi la mise en place d'une plateforme dédiée à la mesure de l'impact environnemental des solutions numériques intelligentes. Cette plateforme devra s'accompagner d'un outil simple permettant à tout citoyen de prendre conscience de ces enjeux et de comparer l'impact environnemental de ces différents produits et services, logiciels et matériels.

Penser une IA plus verte

Nous devons penser l'innovation de rupture dans le domaine du semi-conducteur, l'une des briques matérielles de l'IA. À ce titre les technologies neuromorphiques⁴ peuvent permettre des économies d'énergie

considérables – et la France est déjà très avancée dans le domaine.

Par ailleurs, les pouvoirs publics doivent agir pour le verdissement de la chaîne de valeur et accompagner l'industrie du cloud européen dans le sens de sa transition écologique. Certains acteurs sont déjà exemplaires en matière d'optimisation de l'utilisation de l'énergie. Il est important de diffuser ces bonnes pratiques à l'ensemble du secteur. Un label pourrait être mis en place afin de valoriser les solutions les plus exemplaires.

Enfin, le verdissement de la chaîne de valeur de l'IA passera nécessairement par des architectures matérielles et logicielles ouvertes (open hardware et open software) qui, en plus d'être un facteur de confiance, peuvent permettre des économies d'énergie significatives et qui peuvent inspirer les initiatives en cours au niveau européen.

Libérer la donnée écologique

Le développement d'une IA verte n'est possible qu'à condition de libérer la donnée écologique. Pour développer des solutions d'IA au service de la transition écologique, il est ainsi primordial de mettre à la disposition de tous, chercheurs et entreprises européennes, et rapidement, à horizon 2019, les données publiques disponibles : météorologiques, agricoles, de transports, d'énergie, de biodiversité, de climat, de déchets, cadastrales, de diagnostic de performance énergétique... Pour les jeux de données les plus sensibles, l'ouverture pourrait se faire dans un périmètre précis, par exemple dans le cadre de défis sectoriels. Il est également essentiel de libérer la donnée privée, lorsque cela est nécessaire.

4. On appelle puces neuromorphiques les puces dont le fonctionnement s'inspire du cerveau humain.

Partie 5 –

Quelle éthique de l'IA ?

Partie 5 – Quelle éthique de l'IA ?

Les progrès récents de l'IA dans de nombreux domaines (voitures autonomes, reconnaissance d'images, assistants virtuels) et son influence croissante sur nos vies renforcent sa place dans le débat public. Ce débat a notamment pris la forme d'une large réflexion sur les enjeux éthiques liés au développement des technologies d'intelligence artificielle et plus largement des algorithmes. Loin des considérations spéculatives sur les menaces existentielles de l'IA pour l'humanité, les réflexions tendent à se cristalliser autour des algorithmes du « quotidien », qui peuvent d'ores et déjà avoir des conséquences importantes sur nos vies.

Si nous souhaitons faire émerger des technologies d'IA conformes à nos valeurs et normes sociales, il faut agir dès à présent en mobilisant la communauté scientifique, les pouvoirs publics, les industriels, les entrepreneurs et les organisations de la société civile. Notre mission a cherché, humblement, à proposer quelques pistes permettant de poser les bases d'un cadre éthique pour le développement de l'IA et à faire vivre ce débat dans la société.

Ouvrir les boîtes noires

Une grande partie des considérations éthiques soulevées tiennent à l'opacité de ces technologies : l'IA donne aujourd'hui des résultats spectaculaires, pour des raisons que les chercheurs ont parfois du mal à expliquer. C'est le fameux problème de la boîte noire : des systèmes algorithmiques dont il est possible d'observer les données d'entrée (*input*), les données de sortie (*output*), mais dont on comprend mal le fonctionnement interne. Dans un contexte

où l'IA est susceptible de reproduire des biais et des discriminations, et à mesure de son irruption dans nos vies sociales et économiques, être en mesure « d'ouvrir les boîtes noires » tient de l'enjeu démocratique.

L'explicabilité des algorithmes d'apprentissage automatique est un sujet si pressant qu'il constitue aujourd'hui un champ de recherche spécifique, qui doit être soutenu par la puissance publique. Trois axes en particulier semblent mériter une attention particulière : la production de modèles plus explicables bien sûr, mais aussi la production d'interfaces utilisateurs plus intelligibles et la compréhension des mécanismes cognitifs à l'œuvre pour produire une explication satisfaisante.

Au-delà de la transparence, il est nécessaire d'accroître l'auditabilité des systèmes d'IA. Cela pourrait passer par la constitution d'un corps d'experts publics assermentés, en mesure de procéder à des audits d'algorithmes, des bases de données et de procéder à des tests par tout moyen requis. Ces experts pourraient être saisis à l'occasion d'un contentieux judiciaire, dans le cadre d'une enquête diligentée par une autorité administrative indépendante ou suite à une demande du Défenseur des droits.

Penser l'éthique dès la conception

Les chercheurs, ingénieurs et entrepreneurs qui contribuent à la conception, au développement et à la commercialisation de systèmes d'IA sont amenés à jouer un rôle décisif dans la société numérique de demain. Il est essentiel qu'ils agissent de manière responsable, en prenant en considération les impacts socio-économiques de leurs activités. Pour s'en assurer,

Partie 6 –

**Pour une IA inclusive
et diverse**

il est nécessaire de les sensibiliser, dès le début de leur formation, aux enjeux éthiques liés au développement des technologies numériques. Aujourd'hui cet enseignement est quasiment absent des cursus des écoles d'ingénieurs ou des parcours informatiques des universités, alors même que le volume et la complexité des problématiques éthiques auxquels ces futurs diplômés seront confrontés ne cessent de croître.

Au-delà de la formation des ingénieurs, les considérations éthiques doivent irriguer le développement même des algorithmes d'intelligence artificielle. Sur le modèle de l'étude d'impact sur les risques en matière de vie privée (*privacy impact assessment*), rendu obligatoire pour certains traitements de données par le règlement général sur la protection des données (RGPD), il pourrait être institué une étude d'impact sur les risques de discrimination (*discrimination impact assessment*). L'objectif est simple : obliger les développeurs d'IA à se poser les bonnes questions, au bon moment.

Plus généralement, l'utilisation croissante de l'IA dans certains domaines sensibles comme la police, la banque, l'assurance, la justice ou l'armée (avec la question des armes autonomes) appelle un véritable débat de société et une réflexion sur la question de la responsabilité humaine. Nous devons également nous interroger sur la place de l'automatisation dans les décisions humaines : existent-ils des domaines où le jugement humain, aussi faillible soit-il, ne devrait pas à être remplacé par une machine ?

Créer un comité d'éthique de l'IA

Notre mission recommande la création d'un comité d'éthique des

technologies numériques et de l'IA ouvert sur la société. Cet organe serait chargé d'organiser le débat public, de façon lisible, construite et encadrée par la loi. Il devra parvenir à articuler des logiques de temps court, celui des enjeux économiques et industriels, en bonne interaction avec les comités sectoriels, tout en parvenant à s'en extraire pour penser le temps long.

Les avis de ce comité, élaborés en toute indépendance, pourraient éclairer les choix technologiques des chercheurs, des acteurs économiques, industriels et de l'État. Ses recommandations pourront servir de référence pour la résolution de dilemmes éthiques (par exemple sur le véhicule autonome) et donc servir de standard pour les développements en IA.

Partie 6 – Pour une IA inclusive et diverse

L'intelligence artificielle ne peut pas être une nouvelle machine à exclure. C'est une exigence démocratique dans un contexte où ces technologies sont en passe de devenir une des clés du monde à venir. Elle ouvre de formidables opportunités de création de valeur et de développement de nos sociétés et des individus. Ces opportunités doivent bénéficier à tous.

Mixité et diversité : agir pour l'égalité

En dépit d'une féminisation lente, mais progressive des filières scientifiques et techniques, le numérique fait figure d'exception : la parité entre les hommes et les femmes est loin d'y être acquise. À mesure que le numérique et, demain, l'intelligence artificielle deviennent omniprésents dans nos vies, ce manque de diversité peut conduire les algorithmes à reproduire

des biais cognitifs – souvent inconscients – dans la conception des programmes, l'analyse des données et l'interprétation des résultats. L'un des grands défis de l'IA consiste donc à parvenir à une meilleure représentativité de nos sociétés.

Si l'éducation à l'égalité et au numérique est une condition préalable et essentielle, la mixité pourrait être atteinte avec une politique incitative visant à atteindre un seuil de 40 % d'étudiantes dans les filières du numérique (classes préparatoires et filières des grandes écoles et des universités) d'ici 2020.

L'ensemble des actions en faveur de la diversité dans les entreprises du numérique pourraient par ailleurs être portées par une action nationale en faveur de la mixité et de la diversité dans la technologie avec l'alimentation, notamment, d'une base de données nationale permettant d'objectiver les inégalités entre les femmes et les hommes au travail et de fonds dédiés à soutenir la diversité dans l'IA.

Développer la médiation numérique et l'innovation sociale pour que l'IA bénéficie à tous

Face à l'ampleur des transformations à venir par l'IA, il est de notre responsabilité collective de s'assurer que personne ne soit mis de côté.

Pour que chacun puisse véritablement bénéficier des avancées de l'IA, nos procédures d'accès aux droits doivent évoluer, et nos capacités de médiation considérablement se renforcer. Notre mission propose donc de mettre en place un système automatisé d'aide à la gestion des démarches administratives qui vise à améliorer la connaissance pour le grand public des règles administratives et de leur application à une situation personnelle. En complément, de nouvelles capacités de médiation doivent être déployées pour accompagner les personnes qui en ont besoin, en lien avec les réseaux du prendre soin présents sur le territoire.

Enfin, il est important que la puissance publique soutienne le développement d'initiatives basées sur l'IA dans les champs sociaux. À l'heure actuelle, les capacités d'innovation par l'IA restent très concentrées au sein d'un petit nombre d'entreprises. À l'exception de la santé, les champs sociaux reçoivent une part minoritaire des investissements privés. Cette structuration de l'écosystème d'innovation en IA a des conséquences sur la vitesse des progrès réalisés dans les champs sociaux. Afin de redistribuer ces capacités d'innovation, la puissance publique pourrait lancer des programmes spécifiques pour accompagner l'innovation d'IA en matière sociale, et outiller les acteurs sociaux afin qu'ils puissent bénéficier des avancées liées à l'IA.



Partie 1 –

**Une politique
économique
articulée
autour
de la donnée**

$$\min_{\mu, \sigma} \sum_{i=1}^N \lambda_i W_p^r(\mu, \sigma_i)$$

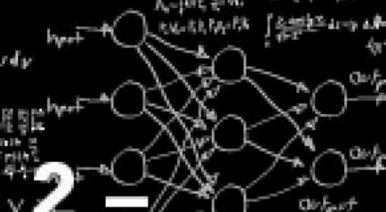
$$W_k = W_{k-1} - \epsilon \frac{\partial \mathcal{E}^{AK}(W)}{\partial W}$$

$$P(X_1, X_2, \dots, X_n) = \prod_{i=1}^n P(X_i | Pa(X_i))$$

$$\hat{P}(X_i = x_i | p(x_i) = x_i) = \frac{N_{i, x_i} + \alpha_{i, x_i}}{\sum_{x'} (N_{i, x'} + \alpha_{i, x'})}$$

$$E(W) = \frac{1}{P} \sum_{\alpha=1}^P (uop(Z^D, W) + \log(e^{-i} + \sum e^{-y_i(Z^D, W)}))$$

$$MMD(x, y) = \frac{1}{n^2} \sum_{i,j} k(x_i, x_j) + \frac{1}{n^2} \sum_{i,j} k(y_i, y_j) - \frac{2}{n \times n'} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n'} k(x_i, y_j)$$




Partie 2 - Pour une recherche agile et diffusante

$$E(W) = \frac{1}{P} \sum_{\alpha=1}^P (uop(Z^D, W) + \log(e^{-i} + \sum e^{-y_i(Z^D, W)}))$$

$$P(X_1, X_2, \dots, X_n) = \prod_{i=1}^n P(X_i | Pa(X_i))$$

$$\min_{\mu, \sigma} \sum_{i=1}^N \lambda_i W_p^r(\mu, \sigma_i)$$

$$W_k = W_{k-1} - \epsilon \frac{\partial \mathcal{E}^{AK}(W)}{\partial W}$$

$$\hat{P}(X_i = x_i | p(x_i) = x_i) = \frac{N_{i, x_i} + \alpha_{i, x_i}}{\sum_{x'} (N_{i, x'} + \alpha_{i, x'})}$$

$$E(W) = \frac{1}{P} \sum_{\alpha=1}^P (uop(Z^D, W) + \log(e^{-i} + \sum e^{-y_i(Z^D, W)}))$$

$$MMD(x, y) = \frac{1}{n^2} \sum_{i,j} k(x_i, x_j) + \frac{1}{n^2} \sum_{i,j} k(y_i, y_j) - \frac{2}{n \times n'} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n'} k(x_i, y_j)$$




$$\min_{\mu, \sigma} \sum_{i=1}^N \lambda_i W_p^r(\mu, \sigma_i)$$

$$W_k = W_{k-1} - \epsilon \frac{\partial \mathcal{E}^{AK}(W)}{\partial W}$$

$$P(X_1, X_2, \dots, X_n) = \prod_{i=1}^n P(X_i | Pa(X_i))$$

$$\hat{P}(X_i = x_i | p(x_i) = x_i) = \frac{N_{i, x_i} + \alpha_{i, x_i}}{\sum_{x'} (N_{i, x'} + \alpha_{i, x'})}$$

$$E(W) = \frac{1}{P} \sum_{\alpha=1}^P (uop(Z^D, W) + \log(e^{-i} + \sum e^{-y_i(Z^D, W)}))$$

$$MMD(x, y) = \frac{1}{n^2} \sum_{i,j} k(x_i, x_j) + \frac{1}{n^2} \sum_{i,j} k(y_i, y_j) - \frac{2}{n \times n'} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n'} k(x_i, y_j)$$




$$E(W) = \frac{1}{P} \sum_{\alpha=1}^P (uop(Z^D, W) + \log(e^{-i} + \sum e^{-y_i(Z^D, W)}))$$

$$P(X_1, X_2, \dots, X_n) = \prod_{i=1}^n P(X_i | Pa(X_i))$$

$$\min_{\mu, \sigma} \sum_{i=1}^N \lambda_i W_p^r(\mu, \sigma_i)$$

$$W_k = W_{k-1} - \epsilon \frac{\partial \mathcal{E}^{AK}(W)}{\partial W}$$

$$\hat{P}(X_i = x_i | p(x_i) = x_i) = \frac{N_{i, x_i} + \alpha_{i, x_i}}{\sum_{x'} (N_{i, x'} + \alpha_{i, x'})}$$

$$E(W) = \frac{1}{P} \sum_{\alpha=1}^P (uop(Z^D, W) + \log(e^{-i} + \sum e^{-y_i(Z^D, W)}))$$

$$MMD(x, y) = \frac{1}{n^2} \sum_{i,j} k(x_i, x_j) + \frac{1}{n^2} \sum_{i,j} k(y_i, y_j) - \frac{2}{n \times n'} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n'} k(x_i, y_j)$$






Partie 3 –

Anticiper et maîtriser les impacts sur le travail et l'emploi

Partie 4 –

L'intelligence artificielle au service d'une économie plus écologique

Partie 5 –

**Quelle éthique
de l'IA ?**



Partie 6 –

Pour une intelligence artificielle inclusive et diverse



Focus 1 –

**Transformer
l'éducation**



A close-up photograph of a person's hand pointing at a large X-ray image of a human spine. The X-ray is tinted in shades of blue and white, showing the vertebrae and intervertebral discs. The hand is in the foreground, with the index finger pointing towards the middle of the spine. The person is wearing a light blue shirt cuff. The background is dark and out of focus.

Focus 2 –

**La santé
à l'heure de l'IA**

Focus 3 –

**Faire
de la France
un leader
de l'agriculture
augmentée**



Focus 4 –

Une politique d'innovation de rupture dans le secteur du transport au niveau européen



A person wearing a bright yellow safety suit and a yellow helmet with a tiger logo is working on a dark grey fighter jet. The person is seen from the back, with their arms raised, possibly adjusting something on the aircraft. The jet is parked on a tarmac, and another person in blue overalls is visible in the background. The scene is brightly lit, suggesting a sunny day.

Focus 5 –

**L'IA au service
de la défense
et de la sécurité**

Donner un sens à l'intelligence artificielle

Pour une stratégie nationale et européenne

L'intelligence artificielle est entrée, depuis quelques années, dans une nouvelle ère, qui donne lieu à de nombreuses craintes et à de nombreux espoirs. Rendues possibles par des algorithmes nouveaux, la multiplication des jeux de données et le décuplement des puissances de calcul, les applications se multiplient : traduction automatique, conduite autonome, détection de cancer... Le développement de l'intelligence artificielle est amené à toucher l'ensemble des domaines et des secteurs. Les investissements dans la recherche et dans l'industrie atteignent des sommes extraordinaires, notamment aux États-Unis et en Chine. Les responsables politiques du monde entier l'évoquent dans les discours de politique générale comme un levier de pouvoir majeur.

C'est que l'intelligence artificielle va désormais jouer un rôle bien plus important que celui qu'elle jouait jusqu'alors et, plus que jamais, il nous faut donner un sens à son développement. Donner un sens, c'est d'abord donner une direction, un cap, pour positionner la France et l'Europe à l'avant-garde de cette révolution naissante. C'est également lui donner une signification : l'intelligence artificielle n'a précisément de sens que si elle participe du progrès humain, social et environnemental. Dans un monde marqué par les inégalités, elle ne doit pas conduire à renforcer les phénomènes d'exclusion et la concentration de la valeur. Donner un sens, c'est enfin expliquer : démystifier ces technologies auprès de la société, mais aussi expliquer l'intelligence artificielle en elle-même, s'agissant de techniques qui restent empreintes d'une très forte opacité.

Donner un sens à l'IA, voilà donc l'objectif de ce rapport.

