



HAL
open science

L'Intelligence Artificielle au Brésil

Jean-Pierre Briot, Giordano Cabral, Fabio Cozman

► **To cite this version:**

Jean-Pierre Briot, Giordano Cabral, Fabio Cozman. L'Intelligence Artificielle au Brésil. 2024. hal-04545331

HAL Id: hal-04545331

<https://hal.science/hal-04545331v1>

Preprint submitted on 13 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

L'Intelligence Artificielle au Brésil*

Jean-Pierre Briot^{1, 2}, Giordano Cabral^{3, 4}, Fabio Cozman^{5, 6}

¹ Sorbonne Université, CNRS, LIP6, F-75005 Paris, France

² Department de Informática (DI), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio),
Rio de Janeiro, Brésil
Jean-Pierre.Briot@lip6.fr

³ Centro de Informática (CIn), Universidade Federal do Pernambuco (UFPE), Recife, Brésil

⁴ Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (CESAR), Recife, Brésil
grec@cin.ufpe.br

⁵ Escola Politécnica (Poli), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brésil

⁶ Center for Artificial Intelligence (C4AI), São Paulo, Brésil
fgcozman@usp.br

Structure et culture de la R&D au Brésil

Avant de préciser les développements et enjeux de l'IA au Brésil, il nous a paru utile d'introduire quelques spécificités de l'organisation de la recherche et du développement scientifique au Brésil. Le lecteur intéressé pourra trouver un dossier plus complet, comprenant également l'histoire et la structure de la coopération scientifique et technique entre le Brésil et la France, en [Bri 2018].

L'organisation de la recherche au Brésil reflète la structure fédérale du pays, avec une indépendance entre le niveau fédéral (national) et le niveau des États fédérés (26 États, plus un district fédéral autour de la capitale fédérale Brasília). Il offre par ailleurs une séparation claire entre les opérateurs de recherche (pour la majorité des universités, ainsi que des instituts et laboratoires de recherche fédéraux) et les agences de financement.

Les 3 principales agences fédérales de financement et d'évaluation de la science et la technologie sont : la CAPES¹, qui dépend du Ministère de l'éducation (MEC), le CNPq² et la FINEP³, qui dépendent du Ministère de la science, technologie et innovation (MCTI), cette dernière étant spécialisée dans le soutien aux partenariats public-privé. Par ailleurs, la plupart des États prévoient dans leur propre constitution la redistribution d'un pourcentage des recettes budgétaires à destination de la recherche scientifique et technologique. Ces ressources sont gérées par des fondations, agences de financement de la recherche appelées FAP (Fundação de Amparo a Pesquisa), propres à chaque État. Les États les plus riches ont les FAPs les plus puissantes (en premier lieu la FAPESP, pour l'État de São Paulo).

Chaque État a également son propre réseau d'universités d'État, distinct des universités fédérales (comme par exemple pour le réseau des University of California dans l'État de Californie aux États-Unis). Ainsi, par exemple, dans la ville de Rio de Janeiro, l'UERJ (Universidade Estadual do Rio de Janeiro) dépend de cet État, tandis que l'UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) est, elle, fédérale. Les universités les plus

* Dossier à paraître dans la Revue ActuaIA.

¹ Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

² Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, nommé jusqu'en 1974 Conselho Nacional de Pesquisas (d'où l'acronyme qui a depuis été conservé).

³ Financiadora de Estudos e Projetos.

prestigieuses restent pour autant les universités fédérales, sauf pour l'État de São Paulo, pour lequel la hiérarchie est inversée, les deux meilleures universités de l'État de São Paulo, et parmi les toutes meilleurs du pays, étant la USP (Universidade de São Paulo) et l'UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas). Ceci est dû à la place toute particulière de l'État de São Paulo, poumon économique du Brésil, qui apporte depuis longtemps un financement très important aux universités de cet État, ainsi qu'à la FAPESP, la FAP de l'État de São Paulo. Un État riche tel que l'État de São Paulo garde ainsi une autonomie et une puissance qui lui permettent de rivaliser avec le niveau fédéral, par exemple pour ses programmes à l'international.

Les meilleures universités au niveau scientifique et recherche sont les universités publiques (fédérales ou d'État). Il existe également un grand nombre d'universités privées, la très grande majorité étant plus axée sur la formation que la recherche. Il existe cependant quelques exceptions notables, notamment avec le réseau des universités Jésuites, la plus prestigieuse étant la Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), qui a historiquement le premier département d'informatique du pays et dont l'évaluation de son école doctorale (et de master) en informatique a toujours conservé la note maximale.

Comme en France, il existe également des opérateurs de recherche publics non universitaires. Le Ministère de la science, technologie et innovation a ainsi dans son périmètre 22 unités de recherche scientifique et technologique, tels que l'IMPA⁴ (en mathématiques), avec lequel le CNRS possède un International Research Laboratory (IRL), et le LNCC⁵ (en informatique). Enfin, certains autres Ministères ont un poids non négligeable en matière scientifique. C'est notamment le cas du Ministère de la santé, qui dispose avec la Fiocruz⁶ d'un organisme de recherche fédéral en pointe dans le secteur biomédical. Un autre exemple est l'EMBRAPA⁷, analogue brésilien de l'INRAE français, qui dépend du Ministère de l'agriculture, et qui a un rôle important dans la puissance actuelle du Brésil en matière de produits agricoles. Ces instituts et laboratoires de recherche fédéraux possèdent des programmes de pós-graduação⁸ pour former des maîtres et des docteurs. Ainsi, ils ne dépendent pas des universités pour former leurs doctorants.

Les deux systèmes parallèles de financement de la recherche et d'universités, fédéral et fédérés, sont à la fois en compétition et complémentaires. Au niveau national, il existe par exemple des accords entre les agences fédérales et les agences des États (FAPs) pour des cofinancements de programmes, tels par exemple le financement des INCTs⁹, programme du CNPq de réseaux thématiques d'équipes brésiliennes.

Enfin, outre les agences fédérales et d'État mentionnées, on compte deux autres sources majeures de financement de la recherche : 1) les fonds sectoriels (par exemple, en aéronautique, agronomie, Amazonie, pétrole...) dont les recettes proviennent notamment de contributions versées sur l'exploitation des ressources naturelles et d'impôts appliqués sur les produits industriels de certains secteurs, et qui alimentent des programmes spécifiques ainsi que le CNPq et la FINEP ; 2) Petrobras, la puissante entreprise parapublique du pétrole. Outre son centre de recherche propre, le CENPES, situé juste à côté du campus principal de l'UFRJ à Rio de Janeiro, Petrobras est un acteur majeur du soutien à la recherche via des financements et projets communs avec des laboratoires d'universités, par exemple, sur l'utilisation de techniques d'IA pour l'identification de réserves de pétrole. Un exemple de partenaire universitaire traditionnel de Petrobras est le laboratoire de recherche universitaire Tecgraf du département d'informatique de la PUC-Rio, qui inclut plus de 300 personnes, sur des sujets tels que : modélisation et simulation, science des données, interfaces homme-machine, productique et logistique, avec une utilisation conséquente de techniques d'IA.

⁴ Instituto de Matemática Pura e Aplicada.

⁵ Laboratório Nacional de Computação Científica.

⁶ Fundação Oswaldo Cruz.

⁷ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

⁸ Littéralement, après la graduation, qui au Brésil, comme par exemple aux États-Unis, dure 4 ans.

⁹ Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia.

Du point de vue de l'innovation, le pays tente de rattraper une partie de son retard, son économie et son commerce extérieur étant encore un peu trop fondés sur les matières premières (mines et agriculture) et encore trop peu sur la technologie (hormis quelques fleurons, tels que par exemple Embraer au niveau de l'aéronautique, ou Petrobras dans l'exploitation du pétrole en eau profonde). Le Brésil se situe actuellement au 14^{ème} rang mondial actuel en matière de production scientifique [Sci 2024], mais seulement au 26^{ème} rang mondial en matière de dépôts de brevets [WPR 2024]¹⁰, avec 24 759 brevets déposés au Brésil en 2022. Cependant, seulement 18 % de ces brevets sont déposés par des entités brésiliennes, la très grande majorité étant ainsi le fait d'entités non brésiliennes, en très grande majorité des entreprises étrangères [WIP 2023], dans l'ordre : Qualcomm, Procter & Gamble, Unilever, BASF, GE, etc. (voir plus de détails en [Sil 2023]). La majorité des dépôts de brevets d'entités brésiliennes est concentrée dans trois institutions publiques ou parapubliques : Petrobras, EMBRAPA et la Fiocruz, les entreprises brésiliennes restant encore trop timides, et la majorité de la recherche restant financée par le public. De ce fait, dès 2013, le gouvernement a créé l'EMBRAPII¹¹, avec pour objectif de faciliter l'innovation dans les entreprises, via une mise en relation entre la demande des entreprises et l'offre de services de centres de R&D agréés¹², en s'inspirant en partie du modèle de l'Institut Fraunhofer allemand, et en pratique en finançant des projets de partenariat public-privé d'innovation.

Analyse et stratégie du Brésil en matière d'IA

Selon le Global AI Index [Ces 2024], avec un score de 22/100, le Brésil occupe actuellement la 35^{ème} position, la 1^{ère} des pays d'Amérique latine. Rappelons que cet index mesure le développement de l'IA dans divers pays, selon 7 critères, regroupés en 3 groupes, voir le Tableau 1.

| |
|---|
| 1. Implémentation (Mise en œuvre) |
| a. Talent : disponibilité de praticiens qualifiés dans les solutions en IA |
| b. Infrastructure : fiabilité et échelle de l'accès aux ressources de calcul |
| c. Environnement opérationnel : contexte réglementaire et opinion publique sur l'IA |
| 2. Innovation |
| a. Recherche : niveau de recherche spécialisée et des chercheurs |
| b. Développement : développement de plateformes et d'algorithmes fondamentaux comme fondation de projets innovants d'IA |
| 3. Investissement |
| a. Stratégie gouvernementale : degré d'engagement gouvernemental en faveur de l'IA |
| b. Commercial : niveau d'activité des startups, d'investissement et d'initiatives commerciales basées sur l'IA |

Tableau 1. Critères du Global AI Index. Source : [Ces 2024]

Le Tableau 2 compare l'évaluation (le rang) pour le Brésil, ainsi que pour 3 pays de référence (États-Unis, Chine et France). On voit que le Brésil réussit bien en matière de création de talents en IA, et a également une bonne stratégie gouvernementale. Cependant, bon nombre des meilleurs professionnels brésiliens travaillent aujourd'hui pour des entreprises et des gouvernements étrangers.

¹⁰ Il était au 47^{ème} rang il y a 5 ans.

¹¹ Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial.

¹² Quelques exemples de tels centres de R&D agréés par l'EMBRAPII sont : CESAR à Recife (voir l'Annexe 2), Eldorado à Campinas (mentionné par Fabio Cozman dans l'entretien – Annexe 3), et Tecgraf à Rio de Janeiro (mentionné ci-dessus).

| Pays | Global | Implémentation | | | Innovation | | Investissement | |
|------------|--------|----------------|----------------|---------------|------------|---------------|----------------|------------|
| | | Talent | Infrastructure | Environnement | Recherche | Développement | Stratégie | Commercial |
| États-Unis | 1 | 1 | 1 | 28 | 1 | 1 | 8 | 1 |
| Chine | 2 | 20 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| France | 13 | 10 | 11 | 25 | 15 | 18 | 13 | 10 |
| Brésil | 35 | 21 | 42 | 44 | 36 | 36 | 24 | 44 |

Tableau 2 : Rangs du Global AI Index par pays selon les différents critères. Source : [Ces 2024]

Le Ministère brésilien de la science, technologie et innovation a élaboré entre 2019 et 2020 une stratégie brésilienne sur l'IA – Estratégias Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA), concrétisée sous la forme d'un rapport publié en 2021 [MCT 2021]. Elle a été conduite en 3 étapes : 1) choix d'un conseil spécialisé en IA ; 2) benchmarking national et international ; et 3) processus de consultation publique, à travers une plateforme du gouvernement fédéral avec un millier de contributions. Le rapport rappelle les fondations du pays en matière d'innovation et de technologie (à la constitution du rapport, en 2019) : plus de 52 parcs technologiques, plus de 370 incubateurs et plus de 12 000 startups actives. Cependant, alors que les États-Unis investissaient 224 millions de dollars en startups en IA, et la Chine 45 millions, le Brésil n'investissait qu'un million. Le Brésil recensait (toujours en 2019) 139 startups en IA, la plupart favorisées par divers programmes du Ministère de la science, technologie et innovation, tels que : Conecta StartUp Brasil, Startup Brasil, ainsi que que IA² MCTI, lui spécifique à l'IA et qui vise à soutenir des projets de R&D pour le développement de solutions d'IA. Ces différents programmes ont pour secteurs d'applications principalement la santé, l'agroalimentaire et la gestion d'entreprise. Le Global Talent Competitiveness Index (GTCI) du Brésil se situait en 2020 à la 80^{ème} place, et en 2013 à la 69^{ème} place [Lan 2023], avec donc une tendance à l'amélioration¹³. Parmi les critères considérés, le Brésil se distingue notamment par un scénario de marché favorable, un système éducatif solide et un cadre réglementaire amélioré, mais par une trop faible capacité à conserver ses talents (ceci recoupant ainsi l'analyse du Global AI Index). Le rapport rappelle que le pays bénéficie d'un cadre réglementaire déjà existant en matière de gouvernance numérique et de politiques publiques existantes, sur lequel la stratégie pour l'IA peut s'appuyer, en particulier les initiatives suivantes : la stratégie brésilienne pour la transformation numérique (e-Digital) ; la stratégie de gouvernement numérique 2020-2022 (e-GOV) ; le programme d'innovation en éducation connectée ; et de manière plus spécifique, le programme IA² MCTI cité plus haut. Il existe également un cadre normatif et régulateur concernant cette technologie, notamment : la loi générale sur la protection des données (LGPD) ; la politique de données ouvertes du pouvoir exécutif fédéral ; et l'ordonnance qui promeut le développement de logiciels publics ouverts. Parmi les recommandations du rapport, ressortent des recommandations relativement classiques concernant l'explicabilité, la transparence, la sécurité, le respect des valeurs démocratiques et le bénéfice aux personnes et à la planète. Le rapport souligne enfin le défi éducatif, notamment du fait du faible taux d'intérêt des étudiants brésiliens pour les mathématiques, avec seulement 15 % issus des sciences exactes, à comparer avec les 40 % en Chine. Par ailleurs, la faible qualification de la main-d'œuvre brésilienne est une préoccupation, avec l'estimation d'un nombre croissant de postes qualifiés vacants et l'informatisation et robotisation des emplois les moins qualifiés dans des secteurs tels que : transport, logistique, administration et production. Le pays est ainsi confronté au défi d'inclure la culture numérique à tous les niveaux du système éducatif, en soulignant que l'IA peut et doit également être utilisée comme outil auxiliaire pour l'éducation dans les domaines de la connaissance les plus divers.

En termes de soutien à la R&D, le rapport propose la création d'un programme spécifique prioritaire, avec le fléchage de fonds existants tels que le Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

¹³ Le Brésil est ainsi d'ailleurs classé dans les « movers » par le GTCI de 2023 [Lan 2023].

(FNDCT). Sur l'adoption de l'IA par les entreprises, selon le cabinet de consultants IDC Brasil (en 2019), 15,3 % des moyennes et grandes entreprises du pays comptent déjà sur cette technologie et ce pourcentage devait doubler les quatre prochaines années. Les domaines ayant le plus grand potentiel de croissance sont : service client, analyse et enquête sur les fraudes, automatisation, et diagnostics et traitements de santé. L'étude prévoyait (en 2019) que d'ici 2022, 20 % des entreprises utiliseraient les technologies vocales pour interagir avec les clients et, qu'en 2024, des interfaces d'IA et l'automatisation des processus devraient remplacer un tiers des interfaces-écrans des applications. Au Brésil, il existe d'ailleurs déjà plusieurs cas d'utilisation réussie de l'IA dans les institutions publiques, par exemple : HALBERT Corpus, qui évalue la recevabilité des demandes habeas corpus (liberté provisoire) à partir de différents critères ; ou CGU, qui effectue un suivi des contrats avec des fournisseurs, avec une analyse de risques en matière de corruption ou de dépôt de bilan. En matière de sécurité publique, des systèmes de reconnaissance faciale sont utilisés au Brésil depuis 2011. Par exemple, dans la ville de Rio de Janeiro, entre juillet et octobre 2019, 10 % des arrestations par le 19^{ème} Bataillon de Police Militaire résultaient de leur utilisation. Les possibles biais sont un enjeu important dans ce pays multiethnique et le rapport recommande en conséquence de développer des études d'impact préventives et des mécanismes de régulation adéquats. Pour plus de détails sur ces enjeux de régulation de l'IA au Brésil, il existe un panorama récent détaillé [Dru 2023].

Signe de la prise de conscience nationale récente, l'Académie brésilienne des sciences (ABC) s'est également récemment penchée sur les enjeux nationaux en matière d'IA et a produit un rapport [ABC 2023]. En préambule, elle alerte sur les enjeux et risques : « Les pays qui envisagent de développer de nouvelles technologies basées sur l'IA doivent avoir la capacité de comprendre les principes qui sous-tendent le développement de ces solutions. <...> Sinon, le manque de connaissances perpétuera une dépendance croissante à l'égard de grandes entreprises et pays dominant cette technologie ». Le pays a pourtant des atouts, notamment il produit beaucoup de données et sa population, historiquement, utilise de nombreuses technologies numériques, de sorte que le pays dispose d'une grande diversité de bases de données et de registres administratifs gouvernementaux qui peuvent être utilisés pour alimenter des systèmes d'IA. De plus, « Nous bénéficions d'un marché de consommation avide de technologie, ainsi qu'une vague d'investissements dans des startups et le capital-risque intéressés par l'IA. Cela nous permet de générer des opportunités et d'investir dans nos instituts de recherche. Mais nous devons le faire avant que cette demande ne parte à l'étranger ». Ce qui manque, c'est une masse critique de personnel qualifié et d'infrastructures. Or, « Les professionnels embauchés par de grandes entreprises étrangères et multinationales de haute technologie reçoivent des salaires bien supérieurs aux montants versés par les subventions nationales à la recherche. <...> Cela met en évidence le défi que les startups et les PME nationales vont affronter en termes de concurrence pour les talents ».

Attirer des spécialistes en IA nécessite ainsi la création de centres de recherche d'excellence multidisciplinaires, notamment dans les universités qui disposent déjà de solides groupes d'IA¹⁴, ainsi que de promouvoir des partenariats entre universités, entreprises, pour la formation du personnel et pour générer des produits innovants dans divers secteurs de l'économie. Le rapport pointe un certain nombre de domaines stratégiques qui pourraient bénéficier de l'IA, et apporter une contribution significative à la croissance de l'économie, ainsi que l'amélioration de la qualité de vie de la population et des services : santé, énergie, finances, bio et environnement, éducation, agriculture, recherche, (compétitivité des) entreprises, et gouvernance. Enfin, le rapport rappelle qu'il est crucial que le Brésil débattre des risques éthiques et sociaux associés à cette technologie et que ce débat guide l'établissement de principes, de règles et de législations pour les minimiser. Le débat a d'ailleurs été initié dans le cadre de la Stratégie

¹⁴ De tels exemples déjà créés ou en cours sont d'ailleurs présentés dans ce dossier : le C4AI à l'USP (São Paulo), le CESAR issu de l'UFPE (Recife), et le Behring Institute for AI à la PUC-Rio (Rio de Janeiro), trois universités parmi les universités pilotes en matière d'informatique et d'IA.

brésilienne de transformation numérique (E-Digital), approuvé en mars 2018, puis la toute récente stratégie brésilienne d'IA (EBIA, introduite ci-dessus). Mais malgré ces initiatives, le Brésil ne dispose toujours pas de réglementation sur la régulation de l'IA, à l'image de l'AI Act, décidé en Europe en décembre 2023.

Acceptation et utilisation de l'IA au Brésil

L'étude mondiale « Trust in Artificial Intelligence », réalisée par le cabinet KPMG et l'Université du Queensland en 2023 [Gil 2023], et qui analyse la confiance du public dans l'utilisation de l'IA, indique que pour 84 % des Brésiliens interrogés, l'IA est digne de confiance. Il s'agit d'une moyenne très supérieure à la moyenne mondiale, pour laquelle 3 personnes sur 5 (61 %) se montrent prudentes quant à leur confiance dans les systèmes d'IA. En outre, presque tous les Brésiliens (93 %) ont des attentes bonnes ou modérées concernant les avantages que la technologie peut apporter et la plupart considèrent les systèmes d'IA comme fiables et avec un fonctionnement prévisible. Pour autant, les Brésiliens se soucient des problèmes de cybersécurité (66 %), de manipulation (63 %) et de remplacement du travail humain (57 %). Étant un pays encore en devenir et d'une culture curieuse et positive, les brésiliens ont en général une attitude proactive et optimiste sur l'avenir et sur le progrès, dont les transformations profondes liées à l'IA qu'ils voient en général plus comme des opportunités que comme des risques de déclassement.

Au niveau de l'utilisation de l'IA pour le commerce, une étude récente (2023) menée par le leader mondial en termes de plateforme de données client Twilio¹⁵ indique qu'au Brésil, 87 % des entreprises prévoient d'augmenter les dépenses en technologie dans les prochains 12 mois, contre 58 % des entreprises américaines et 52 % des françaises. Ceci tend à montrer que les entreprises au Brésil investissent, en partie pour combler leur retard. D'ailleurs, 98 % des entreprises clients de Twilio ont déjà intégré l'IA dans leurs canaux marketing [Cha 2023]. 24 % des entreprises clients disent utiliser l'IA prédictive pour créer des recommandations de produits personnalisés et 90 % des entreprises consultées considèrent que l'IA leur apportera une économie de temps ou de coûts. Par ailleurs, seulement 28 % indiquent être préoccupées par la privacité des données. Ce qui montre une adhésion et un optimisme importants.

Un article récent d'août 2023 [Lub 2023], analysant diverses études, confirme ces tendances et indique que le Brésil est le plus gros consommateur d'IA en Amérique latine, avec 63 % des entreprises nationales utilisant l'IA pour produire du matériel, analyser des données ou comme outil commercial. Le Brésil est également le principal fournisseur de l'Amérique latine sur ce segment. Pour autant, 70 % de ces entreprises ne parviennent pas à profiter au maximum de ces outils, en raison du manque de spécialisation de ses employés. Par ailleurs, l'étude indique que la majorité des entreprises opérant sur le marché de l'IA au Brésil est composée de startups de moins de 10 ans et de moins de 20 employés. Une étude de Google, indique que 85 % des entreprises sur le marché de l'IA sont de type B2B, la répartition étant : B2B (business to business) : 85,7 % ; B2G (business to government) : 8,2 % ; et B2C (business to consumer) : 6,1 %. Le pays apparaît donc déjà relativement bien positionné, avec des forces telles qu'une large base d'utilisateurs, mais doit encore développer les points suivants : l'investissement de grandes entreprises brésiliennes dans les startups (à l'image des investissements de Microsoft dans Open AI), la formation de plus de personnel qualifié, et une meilleure répartition du marché, la région sud-est (les États du Minas-Gerais, de Rio de Janeiro et de São Paulo), concentrant 92 % du marché en IA, dont la moitié pour l'État de São Paulo. Ceci n'est d'ailleurs pas étonnant, São Paulo et la région sud-est du Brésil étant le poumon économique et technologique du pays.

Enfin, une autre étude [Sta 2022] en 2022 comparait le nombre de startups en IA suivant les pays. Le Brésil en dénombrait 26 (se situant ainsi à la 17^{ème} place mondiale), à comparer par exemple avec la France : 109

¹⁵ Dans son rapport annuel de croissance de Segment Twilio [Twi 2023].

(7^{ème} place) et les Etats-Unis : 1393 (1^{ère} place). Des exemples récents de startups en IA au Brésil sont : en enseignement, ChatClass, qui utilise des chatbots pour enseigner l'anglais en fournissant des contenus personnalisés et des commentaires en temps réel ; en marketing, Cuponeria, une entreprise créée en 2011 qui a lancé la culture des coupons au Brésil, et qui utilise maintenant l'IA pour lire les factures et recommander des coupons au sein des clubs d'avantages.

Conclusion

On peut ainsi constater que le Brésil a un certain nombre d'atouts (dynamisme, optimisme, système d'éducation et de recherche, gouvernement numérique, et stratégie) mais également des défis (fuite des cerveaux, bureaucratie, secteur privé trop timide, inégalités). On peut noter la création récente de plusieurs centres mixtes académique-industriel dédiés à l'IA, tels que le Center for Artificial Intelligence (C4AI) avec IBM au sein de l'Université de São Paulo (voir l'Annexe 1), et la création en cours par la Fondation Behring¹⁶ du Behring Institute for Artificial Intelligence, au sein de l'Université PUC-Rio, à Rio de Janeiro. Cet institut, à vocation pluridisciplinaire, sera construit autour du Département d'informatique et intégrera d'autres disciplines. Une dynamique du Brésil sur les enjeux de l'IA est ainsi clairement en marche et l'avenir montrera si le Brésil pourra confirmer et même dépasser son profil actuel de pays émergé [Thé 2016].

Références et sources

- [ABC 2023] GT-IA da Academia Brasileira de Ciências (ABC), Recomendações para o avanço da inteligência artificial no Brasil, ABC, novembre 2023. <https://www.abc.org.br/nacional/grupos-de-trabalho/gts-em-andamento/inteligencia-artificial/>
- [Bri 2018] Briot, J.-P. (éditeur), Dossier Histoire et structure de la coopération scientifique entre le Brésil et la France, Histoire de la recherche contemporaine, VII(2):120–201, décembre 2018. <https://journals.openedition.org/hrc/2290>
- [Ces 2024] Cesareo, S., White, J., The Global AI Index, Tortoise Media, 2024. <https://www.tortoisemedia.com/intelligence/global-ai/>
- [Cha 2023] Chalegra, J., Brasil é líder em inteligência artificial na América Latina, Consumidor Moderno, 14 novembre 2023. <https://consumidormoderno.com.br/brasil-inteligencia-artificial/>
- [Dru 2022] Drummond, M., Carneiro, J. V., Panorama regulatório de Inteligência Artificial no Brasil, Instituto de Tecnologia & Sociedade do Rio (ITS), 2022. <https://itsrio.org/pt/publicacoes/panorama-regulatorio-de-inteligencia-artificial-no-brasil/>
- [Gil 2023] Gillespie, N., Lockey, S., Curtis, C., Pool, J., Akbari, A., Trust in Artificial Intelligence: A Global Study, The University of Queensland & KPMG Australia, 2023. <https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2023/09/trust-in-artificial-intelligence.html>
- [Lan 2023] Lanvin, B., Monteiro, F. (éditeurs), The Global Talent Competitiveness Index 2023, INSEAD – Descartes Institute for the Future – the Human Capital Leadership Institute, 2023. <https://www.insead.edu/global-talent-competitiveness-index>
- [Lub 2023] Luby, G., Panorama do Mercado de Inteligência Artificial no Brasil, Leadster, août 2023. <https://leadster.com.br/blog/mercado-inteligencia-artificial-no-brasil/>
- [MCT 2021] Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial – EBIA –, 2021. https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivos/inteligenciaartificial/ia_estrategia_diagramacao_4-979_2021.pdf

¹⁶ Alexandre Behring est un entrepreneur brésilien multimillionnaire. Il est un ancien étudiant de la PUC-Rio puis de Harvard. Il est un des principaux investisseurs de géants en agro-alimentaire tels que Anheuser-Busch InBev (Budweiser, Corona, etc.) et Restaurant Brands International (Burger King, etc.). Il a créé une fondation à but non lucratif pour « soutenir le potentiel des jeunes pour transformer la société ».

- [SAS 2022] Statistical Analysis System (SAS), Brasil é o país mais avançado da América Latina no uso de inteligência artificial, outubro 2022. https://www.sas.com/pt_br/news/press-releases/2022/october/brasil-e-o-pais-mais-avancado.html
- [Sci 2024] Scimago Journal and Country Rank, 2024. <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>
- [Sil 2023] da Silva, R. R., Rodrigues Dias, T. M., Analisando a produção técnica brasileira: uma abordagem considerando registros de patentes, Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação (RICI), 16(1):245–262, janvier–avril 2023. <https://periodicos.unb.br/index.php/RICI/article/view/47597>
- [Sta 2024] Statista, Number of artificial intelligence (AI) startups worldwide in 2018, by country, 2022. <https://www.statista.com/statistics/942657/global-ai-startups-by-country/>
- [Thé 2016] Théry, H., Le Brésil – Pays émergé, Armand Colin, 2016.
- [Twi 2023] Twilio Segment, The Growth Report 2023 – The AI Edition, 2023. <https://segment.com/the-growth-report/>
- [WIP 2023] World Intellectual Property Organization, World Intellectual Property Indicators 2023. <https://tind.wipo.int/record/48541/files/wipo-pub-941-2023-en-world-intellectual-property-indicators-2023.pdf>
- [WPR 2024] World Population Review, 2024. <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/patents-by-country>

Annexe 1 – C4AI (Center for Artificial Intelligence)

IBM est présent de longue date au Brésil : 1) IBM Brésil a été la première succursale créée par IBM (en 1917) ; 2) IBM a établi en 2010 au Brésil son 9^{ème} laboratoire de recherche mondial, IBM Research – Brazil, colocalisé à Rio de Janeiro et à São Paulo, qui fait partie du réseau mondial IBM Research. La collaboration avec différentes équipes d'universités dans l'État de São Paulo a mené à la création en 2020 du Center for Artificial Intelligence (C4AI). Ce centre de recherche en IA est hébergé par l'USP (Universidade de São Paulo) et bénéficie du financement conjoint de la FAPESP (l'agence de financement de la recherche de l'État de São Paulo) et d'IBM. Les 3 autres partenaires universitaires actuels sont : Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP) et Faculdade de Engenharia Industrial (FEI). Le C4AI comprend actuellement environ 80 chercheurs directement associés à ses projets, et le même nombre de chercheurs collaborateurs. Le C4AI a actuellement ses propres espaces physiques à São Paulo et à São Carlos¹⁷, et des plans d'extension vers d'autres campi. Avec un financement pouvant aller jusqu'à 10 ans, le C4AI reçoit un soutien annuel cumulé d'environ 10 millions de R\$ (environ 2 millions €). Le C4AI organise actuellement ses activités de recherche autour de 7 grands défis : 1) NLP2 – Traitement du langage naturel en portugais ; KEML – Apprentissage automatique enrichi de connaissances pour répondre à des requêtes complexes sur la côte océanique brésilienne (Amazonie bleue) ; 3) AgriBio – Prise de décision sous incertitude à travers des modèles causaux multicritères dans les réseaux de production alimentaire ; 4) GOML – Apprentissage automatique basé sur des modèles graphiques destiné aux accidents vasculaires cérébraux ; AI Humanities – Politiques publiques et avenir du travail lié à l'IA dans les pays émergents ; 6) ProInd – Outils pour la préservation des langues indigènes du Brésil ; et 7) MLclimate – Prévisions climatiques par apprentissage machine.

¹⁷ São Carlos, ville au centre de l'État de São Paulo, est un autre des principaux campi de l'USP.

Annexe 2 – CESAR (Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife)

Le CESAR (Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife) est un centre d'innovation, créé en 1996 à Recife¹⁸. Il compte environ 1 200 employés, répartis dans 94 villes et avec des bureaux dans toutes les régions du pays. Il a également une unité au Portugal et une représentation en Californie, afin de servir, respectivement, des clients en Europe et en Amérique du Nord. Le CESAR a 3 activités principales. En premier lieu, il développe des solutions sur mesure et complexes. Il a parmi ses clients certaines des plus grandes entreprises technologiques au monde. Deuxièmement, il agit comme un « venture builder », créant ou accélérant des startups, et contribuant à leur croissance en apportant ses compétences techniques et métiers. Parmi les entreprises créées par le CESAR, figurent certaines des plus grandes entreprises de l'écosystème du Porto Digital¹⁹, telles que Neurotech (IA), Pitang (solutions logicielles) et Tempest (cybersécurité). Troisièmement, il forme de nouveaux talents au travers de son propre collège : la « CESAR School ». Elle a des offres de formation liées à l'informatique et au design, aux niveaux de la graduation, du master et du doctorat. Elle s'est imposée comme l'un des établissements d'enseignement les plus performants de la région. Enfin, le CESAR est axé sur l'innovation, mais mène également des recherches fondamentales, seul ou en réseau avec des universités de premier plan. Il entretient un partenariat privilégié avec le Centre d'Informatique de l'UFPE²⁰, dont il est issu, et qui compte plus de 40 professeurs en IA et plusieurs groupes de recherche.

¹⁸ La capitale de l'État du Pernambuco, au nord-est du Brésil.

¹⁹ Décrit dans l'entretien – Annexe 3.

²⁰ Idem.

Annexe 3 – Entretien

- Fabio Cozman, Professeur à l'Escola Politécnica (Poli) de l'Universidade de São Paulo (USP) et Directeur du C4AI (Center for Artificial Intelligence) à l'USP
- Giordano Cabral, Professeur à l'Universidade Federal do Pernambuco (UFPE), Président du Conseil du CESAR (Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife) et actuellement Professeur invité à Stanford University
- Questions et traduction par Jean-Pierre Briot

Pouvez-vous résumer les motivations et les spécificités de l'institution que vous coordonnez (respectivement, C4AI et CESAR) ?

Fabio Cozman :

Le Centre d'IA USP/IBM/FAPESP, qui a pour nom C4AI (en anglais, Center for Artificial Intelligence, voir l'Annexe 1), est un centre de recherche, hébergé par l'USP (Universidade de São Paulo) et dont le financement est assuré de manière conjointe par un organisme public, la FAPESP (l'agence de financement de la recherche de l'État de São Paulo) et par IBM, une entreprise informatique historique et l'un des leaders en recherche en IA. Le centre a été créé en 2020 (voir l'Annexe 1) et se destine à la recherche fondamentale en IA, tout en pensant aux applications dans des domaines sélectionnés, et en se souciant également de la diffusion et du transfert de connaissances à la société.

Giordano Cabral :

Parmi les domaines de compétence du CESAR, l'IA mérite d'être soulignée. Outre les startups créées sur cette technologie, des projets comme Digital Twins avec Petrobras, vainqueur des SPE Awards²¹ en novembre 2023, ou d'autres également primés, avec Nvidia ou Lenovo, méritent d'être soulignés. Je souhaite également souligner l'effort important en matière d'IA générative, avec l'objectif de devenir le principal acteur du Brésil dans ce domaine spécifique.

Comment voyez-vous les enjeux en matière de partenariats public-privé en IA au Brésil ?

Fabio Cozman :

Le Brésil dispose de plusieurs mécanismes pour permettre des partenariats entre institutions publiques et privées : les universités publiques, où se déroule la majeure partie de la recherche universitaire au Brésil, autorisent en général des activités de conseil et des conventions, et il existe des organismes de financement axés sur les partenariats, par exemple l'EMBRAPII. La FAPESP apporte elle-même un soutien important à la recherche dans les entreprises, en cherchant à accroître l'innovation. De manière générale, beaucoup d'efforts sont maintenant déployés pour créer des partenariats, mais je pense que ce n'est pas une tradition ancienne au Brésil, le pays s'est réveillé à ce sujet relativement récemment. Nous sommes encore en train d'apprendre quels sont les meilleurs mécanismes et les meilleures pratiques pour que les partenariats fonctionnent, et nous apprenons également comment évaluer ce travail et son impact réel.

Giordano Cabral :

²¹ Society of Petroleum Engineers.

Je pense que le Brésil est confronté à un grand défi pour combler le fossé entre les secteurs privé et public. La grande majorité de la recherche au Brésil est réalisée dans des institutions publiques. Cependant, les développements les plus significatifs dans les domaines impliquant l'IA ont lieu dans les grandes entreprises hors du Brésil. De plus, les institutions brésiliennes ont peu de liens avec le marché et il est très courant qu'elles restent dans une sphère théorique.

Cela dit, je reconnais qu'il y a de grands progrès. Il existe de nouveaux modèles, comme EMBRAPA, qui explorent une intégration plus efficace entre le public et le privé. Il existe des agences de développement. Il existe des lois incitatives. Il existe également des institutions, comme CESAR, qui sont privées mais sans but lucratif, et qui jouent souvent un rôle public.

Quelles sont à votre avis les éventuelles spécificités en termes de ressources et d'opportunités (humaines, acteurs institutionnels, applications potentielles, etc.) de l'IA au Brésil ?

Fabio Cozman :

Le Brésil dispose d'une communauté de chercheurs en IA depuis des décennies, et le pays occupe une position entre les 15 et 20 premiers mondiaux en termes de production scientifique dans ce domaine, selon les données de l'OCDE. À cette communauté initiale, traditionnelle se sont joints ces dernières années un nombre significatif d'entreprises qui ont ouvert des laboratoires de recherche en science des données, apprentissage machine, et IA. Cet intérêt récent pour ces thématiques a également généré un grand nombre de startups, principalement autour de la ville de São Paulo. Le pays dispose également d'institutions solides qui génèrent des données de bonne qualité, comme l'INPE (Institut national de recherche spatiale) et l'IBGE (Instituto brésilien de géographie et statistiques). Cependant, il existe encore un manque de ressources pour la recherche académique, ainsi qu'un manque criant de personnes formées dans ce domaine. Le pays doit investir beaucoup dans la formation du personnel dans ce domaine.

Giordano Cabral :

Je considère que la principale ressource dont nous disposons sont les talents. Nous disposons d'une capacité considérable de formation de talents, d'une population nombreuse, et d'une dimension continentale. En outre, il existe divers secteurs bien développés au Brésil, tels que la finance, l'éducation, la médecine, l'agriculture, l'énergie, et l'économie créative. Non seulement ils sont compétitifs au niveau international, mais ils possèdent des caractéristiques locales propres, ce qui valorise les innovations qui naissent avec un différentiel, étant développées au Brésil.

Quelles sont à votre avis les forces et les faiblesses et les défis en matière d'IA au Brésil ?

Fabio Cozman :

Le Brésil a une population réceptive aux nouvelles technologies, une communauté universitaire ancienne dans le domaine et un ensemble d'institutions qui promeuvent et génèrent des données et des informations de qualité. Le gouvernement brésilien a montré sa préoccupation pour ce sujet et a formulé des politiques et des stratégies. Cependant, le Brésil dispose encore de relativement peu d'investissements structurants en IA et ne dispose pas d'une stratégie dotée de ressources claires. Il y a beaucoup de discussions sur la manière de réguler l'IA, mais peu de discussions sur la manière de structurer son développement local. Et il est nécessaire de former davantage de personnes dans ce domaine, comme je l'ai déjà mentionné.

Giordano Cabral :

Fabio a déjà bien résumé la situation. D'un côté, les talents. De l'autre, un manque d'infrastructures, de marché prospère, d'incitations plus fortes et de davantage de connexions avec le marché. En outre, je voudrais mentionner une force : celle du Brésil en tant que laboratoire. Il s'agit d'un lieu complexe, vaste, mais dont le public est avide de nouveautés, les accepte bien, est réceptif et adaptable. Je crois beaucoup aux partenariats entre le Brésil et les grands centres de développement technologique du monde.

Le Brésil est bien placé en matière de R&D en agronomie, industrie pétrolière, minération, aviation, médecine. Voyez-vous ces secteurs comme des futurs secteurs de pointe pour l'IA au Brésil ?

Fabio Cozman :

Je pense que ce sont de bons paris pour l'avenir, mais je crois que le secteur financier et le secteur des ressources humaines sont également importants, et le seront certainement pour longtemps. Ces deux secteurs sont de solides utilisateurs de l'IA.

Le Brésil est également un acteur culturel important, notamment en matière de musique (bossa nova, MPB...). Voyez-vous un potentiel spécifique au Brésil en matière d'IA générative et d'aide à la création artistique ?

Giordano Cabral :

Indubitablement. Pour moi, non seulement l'art, mais également l'économie créative en général, est un domaine prioritaire pour le développement de l'IA au Brésil. Parce que c'est là que le Brésil a beaucoup à enseigner. La créativité est l'une de nos forces. Notre musique, notre cinéma et diverses autres formes culturelles sont notre patrimoine.

L'IA générative montre son impact dans diverses industries créatives. Le Brésil a un immense potentiel, il s'agit d'une opportunité unique d'être l'un des plus grands acteurs de ce nouveau monde créatif numérique, qui inclut les jeux, le divertissement, la publicité, la musique, les réseaux sociaux, l'audiovisuel, le journalisme, le cinéma, et la mode, entre autres.

À ma connaissance, le seul centre de R&D industriel en informatique au Brésil est le centre d'IBM, qui existe depuis 2010. Voyez-vous, et dans quel délai, la possible création de centres de R&D d'autres acteurs majeurs en IA (Google, Facebook, etc.), comme c'est le cas dans d'autres pays ?

Fabio Cozman :

Le centre de R&D d'IBM se distingue certainement par sa qualité, mais il y a de nombreuses entreprises qui investissent dans la recherche informatique, en utilisant les ressources de la loi sur les technologies de l'information, qui réduit les impôts en échange d'investissements par l'entreprise. Grâce à ce mécanisme, il existe de nombreux centres, tels que SIDI et Eldorado, qui réalisent de la R&D en informatique sur demande d'entreprises ou parfois aussi du gouvernement. Il existe également de grandes entreprises dotées de grands centres de recherche qui incluent l'informatique, notamment Petrobras. On peut également citer comme exemples des banques, comme Itaú, et des hôpitaux, comme l'Hôpital Albert Einstein. Le volume des ressources est inférieur à celui observé dans les pays ayant une plus grande tradition de recherche, mais il est significatif.

Comment évaluez-vous l'élaboration actuelle ou souhaitable de grands programmes nationaux en IA par les institutions publiques brésiliennes (Ministères et agences d'évaluation et de financement) ?

Giordano Cabral :

À mon avis, cela n'a pas été très efficace. Premièrement, les actions sont timides, en comparaison d'autres pays. Deuxièmement, elles ont tendance à être dispersées, au service du plus grand nombre de personnes/entreprises, mais sans ressources suffisantes (individuellement) pour obtenir un plus grand impact. Troisièmement, il y a peu de liens (à nouveau, en comparaison d'autres pays), notamment entre les universités et les organismes publics avec le marché, et cet isolement rend leurs recherches plus théoriques et détachées des avancées provenant de l'industrie. Enfin, encourager ce développement est, en général, considéré comme une responsabilité de la sphère publique. À mon avis, il y a de la place pour encore beaucoup plus d'investissements privés au Brésil. Que ce soient des entreprises brésiliennes, ou des entreprises étrangères.

Comment voyez-vous les risques en matière de fuite des cerveaux brésiliens (« brain drain ») vers l'Amérique du nord, l'Europe ou l'Asie et les moyens de les contrer ?

Fabio Cozman :

C'est un véritable défi pour le pays. D'un côté, il est intéressant qu'il y ait des Brésiliens qui travaillent ailleurs, pour faciliter l'échange d'idées et de perspectives. Cependant, ces dernières années, le départ de Brésiliens spécialistes en IA s'est accéléré. Le marché étranger accueille favorablement ces professionnels et il y a plein d'opportunités. Mais le marché intérieur brésilien est également en plein essor, avec une véritable course après les meilleurs cerveaux. À nouveau, le Brésil a besoin de former davantage de personnes, pour que les entrepreneurs se multiplient et réussissent – et grâce à ce succès, qu'ils puissent retenir d'autres bons professionnels.

Giordano Cabral :

Le CESAR a une belle histoire à raconter à ce sujet. Dans les années 1990, le Centre informatique de l'UFPE²² s'est imposé comme l'un des centres d'excellence en technologies de l'information au Brésil. J'étais étudiant à cette époque. Il existait une formation de niveau international, mais il n'existait pas de marché local pour absorber ces personnes. Le CESAR a été créé précisément pour amener des projets (et des clients) sophistiqués à Recife (à l'origine), et offrir une opportunité aux talents qui souhaitaient y rester. Ce mouvement (et ces mêmes personnes) a ensuite créé une organisation avec un champ d'action encore plus large, le Porto Digital²³, un écosystème d'entreprises informatiques, considéré aujourd'hui comme le plus grand parc technologique urbain et ouvert du Brésil. On y compte plus de 400 entreprises, représentant 13 % du PIB de l'État, employant bientôt 20 000 personnes.

Il a ainsi été possible de contenir la fuite des cerveaux. Voici quelques secrets pour les garder :

- Un écosystème d'entraide. L'écosystème Porto Digital encourage les partenariats. En plus, les entreprises ne rivalisent généralement pas entre elles, car elles servent des clients répartis à travers le Brésil ou dans le monde. Ainsi, la plupart du temps elles ne se disputent pas le même espace. Au contraire, elles s'entraident pour obtenir une place sur d'autres marchés plus puissants.
- À mesure qu'un secteur se développe, il acquiert une responsabilité sociale, de contribuer au développement de son environnement : la ville, la région dans son ensemble. Le CESAR et le Porto Digital, par exemple, ont un rôle fondamental à jouer pour le renouvellement de la ville de Recife.

²² Universidade Federal do Pernambuco, à Recife, capitale de cet État du Nord-Est du pays.

²³ <https://www.portodigital.org/>

- Maintenir des valeurs et une culture locale. Ce ne sont pas seulement le salaire et un défi professionnel qui déterminent les critères de choix de l'endroit où quelqu'un va vivre. Le Brésil possède d'énormes attraits, comme le mode de vie de sa population, la culture, le climat. Il faut valoriser cela, et pas le contraire. Pour nous, par exemple, il a été très important d'assumer notre façon décontractée d'être. Finalement, avec tout cela, les gens perçoivent qu'il n'est pas nécessaire de renoncer à un style de vie pour avoir des opportunités professionnelles.
- Donner de l'opportunité pour plus de gens. C'est-à-dire, de l'investissement dans la formation. L'état de Pernambuco est déjà l'État qui compte le plus grand nombre d'étudiants en informatique pour 100 000 habitants. Et, avec des initiatives comme le programme Embarque Digital, qui favorise le lien entre la formation des étudiants au collège et le marché du travail, l'État est en train de doubler sa capacité de formation dans le domaine.
- Enfin, il faut que les initiatives contribuent à réduire les inégalités et aient une responsabilité sociale envers leur environnement. Un écosystème qui se développe doit être perçu comme un vecteur de croissance pour tous, sinon les écarts se creusent et il risque d'être largement désapprouvé.

Derrière tout cela se cache une logique, qui n'est pas toujours évidente. Mais cela devient plus clair lorsqu'on regarde le CESAR.

Le CESAR travaille avec certaines des plus grandes entreprises du monde. Les collaborateurs travaillent avec des technologies et des processus similaires à ceux avec lesquels ils travailleraient dans la Silicon Valley. Ils travaillent sur des projets qui ont un impact, pour des entreprises qu'ils admirent. Ils se développent professionnellement. Mais, ils peuvent le faire sans quitter leur culture, leurs amis, leur famille. Comme le coût de la vie à Recife est inférieur à celui de la Silicon Valley (ou de la France), si le collaborateur a le même niveau de vie, c'est plus compétitif au Brésil. Cela permet aux entreprises de travailler à distance avec des entreprises internationales, acquérant ainsi une expérience et des compétences de « classe mondiale ».

Bien sûr, beaucoup suivent le mouvement d'aller vers les grands centres. Leur formation et leurs expériences les y qualifient. Et, pour eux, il est important qu'ils prennent conscience du rôle qu'ils peuvent jouer dans le développement d'autres personnes, de futurs talents, qui restent au Brésil. Cependant, le CESAR s'est rendu compte que certains de ses collaborateurs veulent rester et souhaitent que ces opportunités existent dans leur lieu d'origine.

Nous n'avons donc pas besoin de lutter contre la fuite des cerveaux. Nous avons besoin de suffisamment d'espace pour que les cerveaux qui veulent rester au Brésil aient des conditions de travail satisfaisantes, et qu'ils travaillent en harmonie et connectés avec les grands centres. Je crois en cela comme un moyen pour le Brésil de devenir également un grand centre, en travaillant avec les meilleurs. Les gens qui partent aident ceux qui restent à se développer, ceux qui restent développent une nouvelle économie. Pour moi, le partenariat, la connexion et le sens de l'objectif sont le secret.

Suivant les cultures, l'IA (et la robotique) est plus ou moins bien acceptée a priori, par exemple avec une meilleure acceptation sociale au Chine et au Japon, et plus de résistance aux risques en Europe. Comment voyez-vous l'acceptation par les Brésiliens ?

Fabio Cozman :

D'un point de vue subjectif, je pense qu'en général, les Brésiliens accueillent favorablement les nouvelles technologies et s'intéressent aux dernières évolutions du marché. L'IA apporte de nouveaux défis, car son

impact sur le marché du travail est potentiellement important. Pour autant, j'observe généralement peu d'animosité, malgré les inquiétudes évidentes quant aux risques et aux impacts sociaux.

Giordano Cabral :

Je pense avoir déjà répondu à cela à travers une autre question. Pour moi, une grande opportunité est le fait que les brésiliens aient tendance à bien accepter les changements technologiques. Ils y adhèrent facilement et le voient d'un bon œil.

L'IA a subi depuis sa naissance divers retournements spectaculaires entre les courants symbolique et sub-symbolique. L'IA statistique/neuronale est depuis une dizaine d'années un véritable rouleau compresseur et représente une forme de revanche pour une certaine communauté. Comment est-ce vécu au Brésil ?

Fabio Cozman :

Je pense que le cas brésilien est intéressant, car le Brésil compte plusieurs communautés, tant en informatique qu'en ingénierie²⁴, qui étudient les réseaux neuronaux depuis des décennies. Même dans les années 2000, lorsque les réseaux de neurones suscitaient moins d'intérêt dans certains pays, la communauté brésilienne des réseaux de neurones a continué à prospérer. Il y a eu en effet récemment une « révolution neuronale », car les réseaux neuronaux modernes (et leurs innombrables variantes) ont obtenu des résultats inattendus. Aujourd'hui, la majeure partie de la communauté universitaire brésilienne en IA travaille avec l'apprentissage automatique, autant avec des réseaux de neurones qu'avec des méthodes statistiques plus traditionnelles.

Les performances récentes en matière d'IA générative par des grands modèles de langage (tels que ChatGPT) sont impressionnantes, et en même temps ils ont des limites dues aux modèles statistiques de corrélation. Des perspectives en cours sont en matière d'intégration avec des mécanismes de raisonnement et de résolution et un « grounding » des concepts (par exemple par des robots). Comment voyez-vous ces perspectives et à quelle échéance ?

Fabio Cozman :

Les grands modèles de langage actuels²⁵ sont impressionnants et je ne pense pas que quelqu'un aurait prédit que ces modèles, construits de la manière dont ils sont construits, pourraient connaître le succès observé aujourd'hui. Mais il reste encore beaucoup à faire pour améliorer les performances de ces modèles, qui commettent fréquemment des erreurs et n'offrent aucune garantie d'exactitude. Je crois que nous aurons besoin d'artefacts informatiques qui développeront des modèles internes du monde et qui pourront raisonner sur ces modèles, comme base d'une intelligence plus raffinée, que nous devons viser chez nos assistants informatiques. Les modèles linguistiques sont des outils importants qui contribueront à la construction de ces modèles du monde, mais ils ne me semblent pas suffisants pour un raisonnement sophistiqué. Pour ce faire, il sera nécessaire d'enrichir l'apprentissage automatique avec des techniques de représentation des connaissances et de raisonnement logique. Je pense que dans quelques années nous pourrions mettre l'accent sur ces derniers aspects. À l'heure actuelle, presque toute l'attention dans ce domaine est absorbée par les modèles de langage.

²⁴ On retrouve dans les universités des séparations parfois un peu arbitraires entre facultés de science et d'ingénierie, comme aux États-Unis, et certains spécialistes en méthodes statistiques et réseaux de neurones se trouvent dans des départements d'ingénierie électrique.

²⁵ LLMs, tels que GPT et ChatGPT.

Giordano Cabral :

C'est une excellente question. Je pense qu'il y a des avancées sur plusieurs fronts, et j'aimerais les diviser en 3 grands groupes.

Premièrement, il y a de nouveaux développements dans les techniques, les algorithmes, etc. Il s'agit d'un projet à long terme, et c'est vers cela que pointent tant la communauté scientifique que les « big techs ». Cela parle du futur. Fabio a déjà bien exploré ces perspectives.

Deuxièmement, il reste encore beaucoup à faire avec le cadre déjà existant. Cela parle du présent. Il existe par exemple une nouvelle ingénierie de l'IA, déjà en place, qui a encore tendance à beaucoup évoluer. La manière même de développer des logiciels tend à changer radicalement. NVIDIA, par exemple, vient d'introduire les NIMs²⁶. Les modèles de fondation²⁷ ont également tendance à fonctionner dans de nouveaux domaines, dans le but de reproduire le phénomène GPT dans d'autres domaines, qu'il s'agisse de la biotechnologie, des sciences naturelles, ou autre.

Enfin, troisièmement, la majeure partie de la société est encore dans le passé. L'IA impose des changements sociaux si profonds, que nous n'arrivons pas encore à nous mettre à jour (l'Europe est un peu en avance, mais pas suffisamment). Et pas seulement concernant les grandes questions éthiques, comme les lois sur la protection des données, ou les risques pour la démocratie liés au recours à la contrefaçon et à la désinformation, ou aux armes (autonomes) à base d'IA.

En fin de compte, nous ne sommes pas cohérents en tant qu'humains. Si les enfants font leurs devoirs en utilisant ChatGPT, on le critique comme étant « trop performant » (comme une calculatrice l'est pour faire des calculs). Si nous, les adultes, l'utilisons, nous nous plaignons de ses hallucinations, et nous demandons plus de vérification des faits. En fait, une bonne partie de ces systèmes dits d'IA générative ont été conçus dans le but d'être créatifs, sans le concept de vrai ou faux.

En informatique, on parle beaucoup du niveau de tolérance des systèmes (par exemple, de tolérance aux pannes). Aujourd'hui, alors que l'IA envahit le monde, nous devons discuter notre propre niveau de tolérance envers les machines, en tant que société. Nous devons évoluer. Il y a beaucoup à changer dans notre mentalité, et il y a beaucoup à changer dans notre relation aux machines. La robotique, par exemple, envisage (avec le supercalcul, avec de nouveaux modèles de langage, et donc avec une nouvelle capacité à enseigner aux robots de manière plus naturelle) la genèse des « humains numériques ». Quelle relation allons-nous avoir avec ces êtres ?

Je pense qu'il y a un certain ordre de priorité dans les avancées (pour ne pas mettre la charrue avant les bœufs). Premièrement, comment réinventer notre système réglementaire et notre système éducatif pour qu'il y ait une plus grande rapidité de mise à jour/adaptation, capable de suivre les avancées technologiques à la même vitesse ? Deuxièmement, comment pouvons-nous apprendre à créer de nouveaux artefacts bénéfiques pour l'humanité avec la technologie dont nous disposons déjà ? Pour enfin se demander : où allons-nous ensuite ? Quelle sera la prochaine étape ?

²⁶ Nvidia Inference Microservices. Annoncés à la GTC 2024 de Nvidia, ces microservices conteneurisés regroupent un modèle d'IA, un runtime et un moteur d'inférence optimisé pour le modèle, tout cela dans un seul package prêt à l'emploi.

²⁷ Foundation models, des modèles entraînés sur une très grande masse de données, mais également adaptables (fine-tuning) sur différents types de tâches.

Nous vivons maintenant à des époques différentes, en même temps. La société essaie encore de comprendre ce qu'est exactement cette technologie déjà présente dans les rues. Entre-temps, de nouvelles technologies font déjà leur apparition et l'écart tend à se creuser encore davantage. Il est temps de se demander non seulement quel sera le prochain algorithme ou technologie, mais aussi quel effet cela aura sur nous, comment garantir que nous en ferons le meilleur usage possible, et comment cela peut contribuer à une société plus juste.