



**MINISTÈRE  
DE L'ÉCONOMIE,  
DES FINANCES  
ET DE LA SOUVERAINETÉ  
INDUSTRIELLE ET NUMÉRIQUE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



**Les Clefs  
du Trésor**

# Introduction

Benjamin Delozier

# Déroulé

IA : de quoi parle-t-on ?

1. Les effets de l'IA sur la croissance et la productivité
2. Les effets de l'IA sur l'emploi
3. La chaîne de valeur de l'IA
4. Comparaisons internationales

Questions/réponses

# IA : de quoi parle-t-on ?

Arthur Dozias

# Qu'est-ce que l'intelligence artificielle ?

Ensemble des techniques qui permettent à des machines de simuler l'intelligence humaine



CHAT GPT



- **L'IA étroite (parfois également dite faible)**, conçue pour effectuer une tâche spécifique ou un éventail limité de tâches. Par exemple, il s'agit du seul type d'IA utilisé dans la reconnaissance faciale ou vocale, les agents conversationnels ou les systèmes de recommandation.

*Limite technologique actuelle*



- **L'IA générale**, conçue pour effectuer toutes les tâches intellectuelles qu'un humain peut accomplir. L'IA générale serait capable de raisonner, d'apprendre par elle-même et par la suite, d'effectuer toutes les tâches qu'un humain peut accomplir, y compris celles qui requièrent de la créativité, de l'empathie ou de l'intuition.



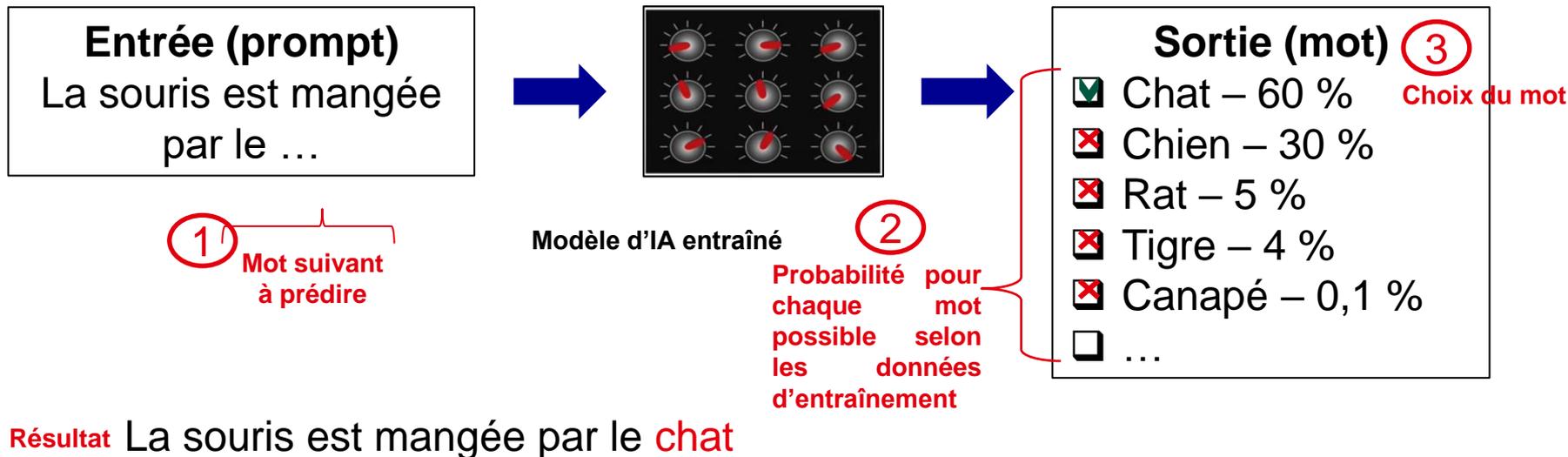
- **La super IA**, qui fait référence à une IA capable de surpasser l'intelligence humaine dans tous les domaines. Il s'agit d'une forme théorique d'IA qui serait capable de résoudre des problèmes complexes qui dépassent les capacités humaines et serait capable d'apprendre et de s'adapter à un rythme qui dépasse de loin l'intelligence humaine.

Source : OCDE, Perspectives de l'économie numérique

# Des progrès technologiques impressionnants...

Focus sur le fonctionnement des modèles de langage tels ChatGPT/LeChat.

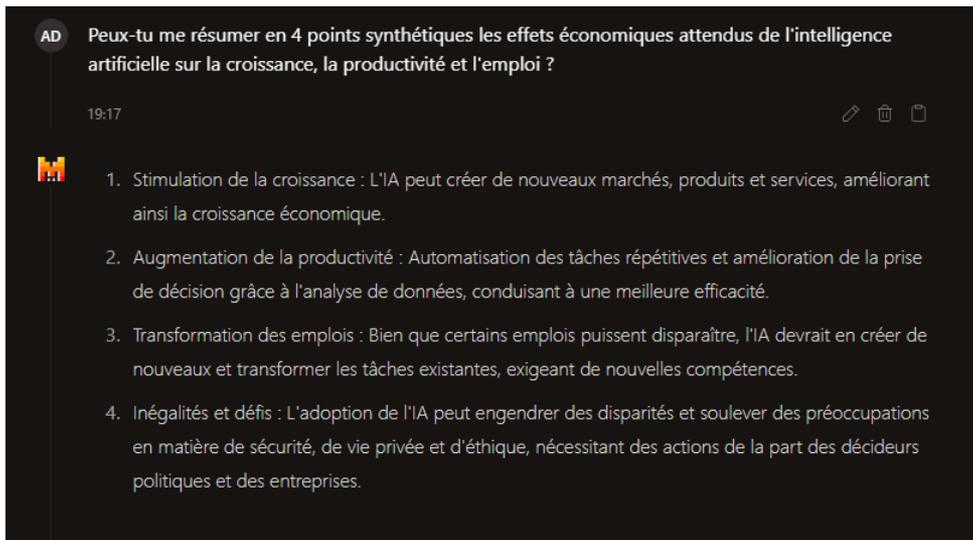
## Modèle de langage en phase d'utilisation



# Des progrès technologiques impressionnants...

## Exemple d'utilisation d'un agent conversationnel pour la génération de texte

- L'utilisation de l'IA est simple avec des résultats confondants
- L'IA produit des phrases vraisemblables mais pas forcément vraies
- La vérification des affirmations et sources par d'autres moyens est nécessaire
- Les instructions données en entrée (prompt) ont une grande importance pour la qualité des réponses



AD Peux-tu me résumer en 4 points synthétiques les effets économiques attendus de l'intelligence artificielle sur la croissance, la productivité et l'emploi ?

19:17

 1. Stimulation de la croissance : L'IA peut créer de nouveaux marchés, produits et services, améliorant ainsi la croissance économique.

2. Augmentation de la productivité : Automatisation des tâches répétitives et amélioration de la prise de décision grâce à l'analyse de données, conduisant à une meilleure efficacité.

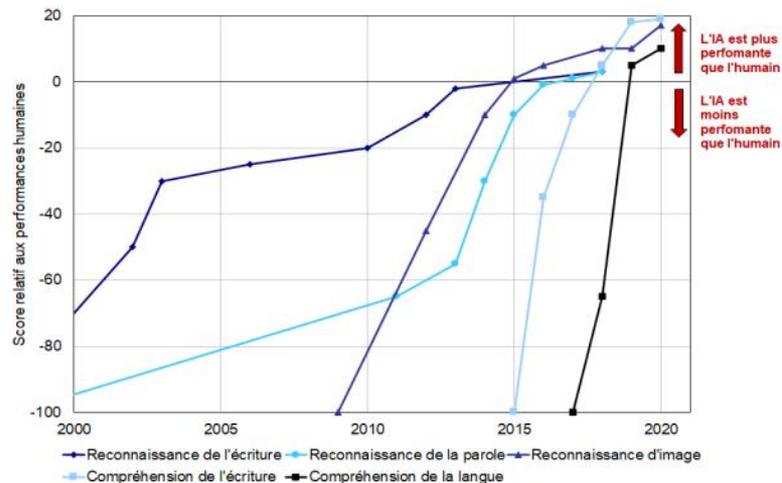
3. Transformation des emplois : Bien que certains emplois puissent disparaître, l'IA devrait en créer de nouveaux et transformer les tâches existantes, exigeant de nouvelles compétences.

4. Inégalités et défis : L'adoption de l'IA peut engendrer des disparités et soulever des préoccupations en matière de sécurité, de vie privée et d'éthique, nécessitant des actions de la part des décideurs politiques et des entreprises.

## ... sur des tâches cognitives humaines variées

Des avancées fulgurantes ces dernières années avant l'explosion médiatique récente.

- Les performances humaines ont été surpassées à partir de 2015.
- Les progrès de l'IA résultent de :
  - Augmentation de la puissance de calcul informatique
  - Structure des modèles d'IA : Transformer (2017)
- La médiatisation récente s'explique par l'accessibilité au grand public d'IA performantes



Source : Our World in Data, Kiela et al. (2021) - Dynabench: Rethinking benchmark in NLP.

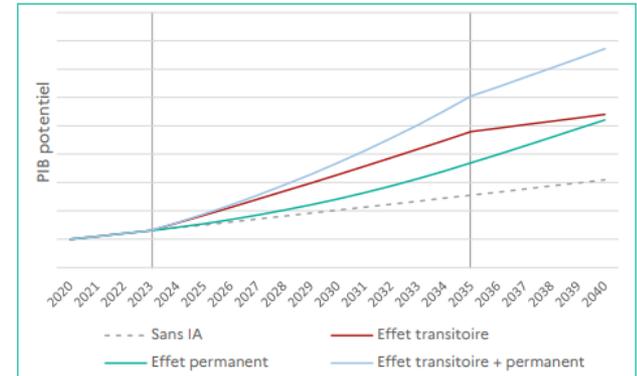
Note de lecture : Les systèmes d'IA de reconnaissance d'image ont dépassé les performances humaines à partir de 2015. Les scores de performance sont normalisés avec une performance initiale de -100 et une performance humaine à 0.

# 1. Les effets de l'IA sur la croissance et la productivité

Joceran Gouy-Waz

# L'IA a le potentiel de générer d'importants gains de productivité à l'échelle macroéconomique

- **Les premières estimations de l'impact de l'adoption de l'IA sur le PIB mettent en avant des gains de productivité potentiels importants.** En comparant l'IA aux technologies numériques et à l'électricité, la Commission de l'Intelligence Artificielle fait état d'une augmentation de la croissance annuelle de la productivité globale des facteurs (PGF) comprise entre 0,8 et 1,3 point de pourcentage à partir de 2024.
- **L'IA se distingue par ailleurs des vagues d'innovations précédentes par les potentiels gains de productivité qu'elle génère dans la production d'idées.** Ces gains pourraient permettre une accélération du procédé d'innovation, et *in fine* une croissance de la PGF plus élevée et durable.
- **Ces estimations restent toutefois exploratoires et doivent être prises avec précaution.** Notamment, elles ne tiennent pas compte des effets de bouclage macroéconomique associés à la hausse de la productivité, qui peuvent impliquer des destructions d'emplois.



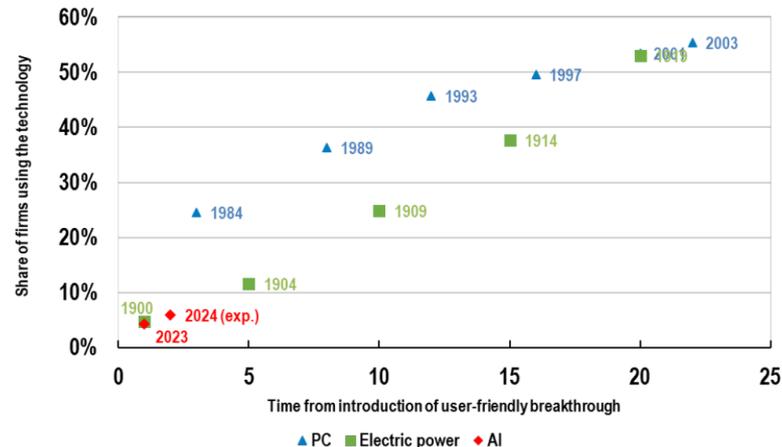
Graphique 3 : Effets totaux attendus de l'adoption de l'IA sur la croissance.

Source : Commission de l'Intelligence Artificielle. (2024), « IA : notre ambition pour la France »,

# Les travaux empiriques à disposition ne distinguent pas encore d'effet significatif de l'IA sur la croissance

- **L'accélération du développement de l'IA ne semble pas encore associée à une augmentation de la croissance de la productivité au niveau macroéconomique.** Les travaux empiriques à disposition ne mettent pas en évidence de lien causal entre développement de l'IA et croissance de la PGF.
- **L'existence d'un délai entre le développement d'une technologie à usage général et son effet sur la croissance des gains de productivité est toutefois relativement commune.** Ce délai peut être dû à son intégration encore limitée au sein des processus de production, notamment en raison de coûts d'adoption supérieurs à ses bénéfices potentiels.

The evolution of technology adoption (as % of firms, United States)

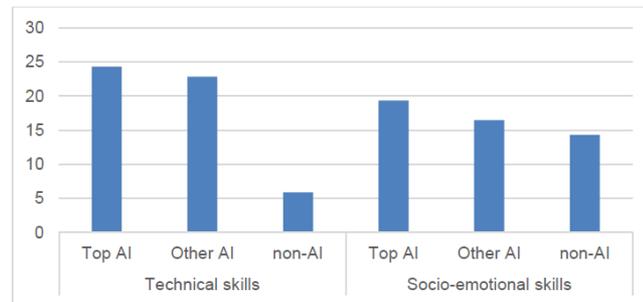


Source : OCDE. (2024), « The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth »

# Les preuves que l'IA améliore la productivité des entreprises sont rares

- Les entreprises les plus innovantes en matière d'IA sont plus productives que les autres, **mais les preuves d'une relation de causalité entre IA et productivité sont ténues.**
- **L'ampleur du choc de productivité dépendra du rythme d'adoption des technologies issues de l'IA par les entreprises.** A ce stade, cette adoption est plus fréquente chez les entreprises les plus grandes et les plus productives.
- Une autre condition nécessaire au déploiement des gains de productivité potentiels de l'IA est la **capacité des travailleurs à s'approprier ces nouvelles technologies.**

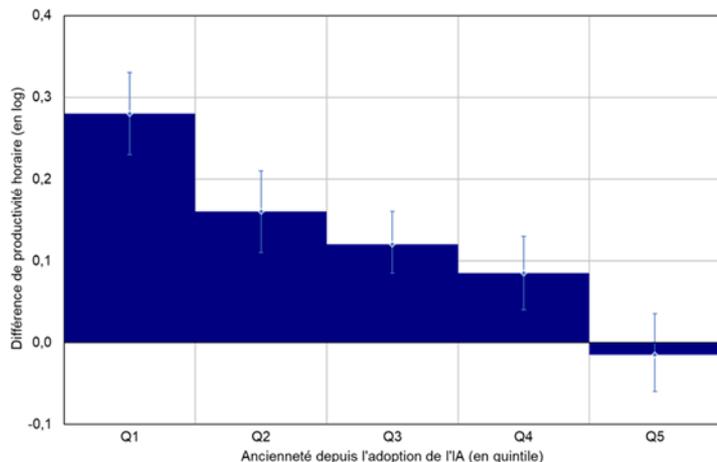
The share of online vacancies requiring specific skills, by AI-relatedness (United States, 2022)



Source : OCDE. (2024), « *The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth* »

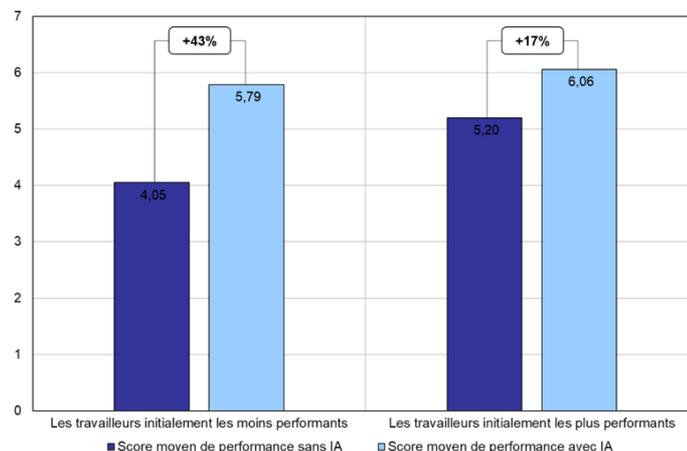
# Les gains de productivité individuels semblent concentrés sur les travailleurs les moins productifs

Hétérogénéité de l'IA en fonction de la productivité initiale des travailleurs (pour des conseillers clientèle)



Source : Brynjolfsson E., Li D., Raymond L (2023), "Generative AI at Work", NBER working paper series

Hétérogénéité de l'IA en fonction du niveau initial de performance des travailleurs (pour des consultants d'un cabinet de conseil)



Source : Dell'Acqua F., McFowland E., Mollick E. R., Lifshitz-Assaf H., Kellogg K., Rajendran S., Kraymer L., Candelon F., Lakhani K. R. (2023), "Navigating the Jagged Technological Frontier : Field Experimental Evidence of the Effects of AI on Knowledge Worker Productivity and Quality", Harvard Business School Technology & Operations Mgt. Unit Working Paper

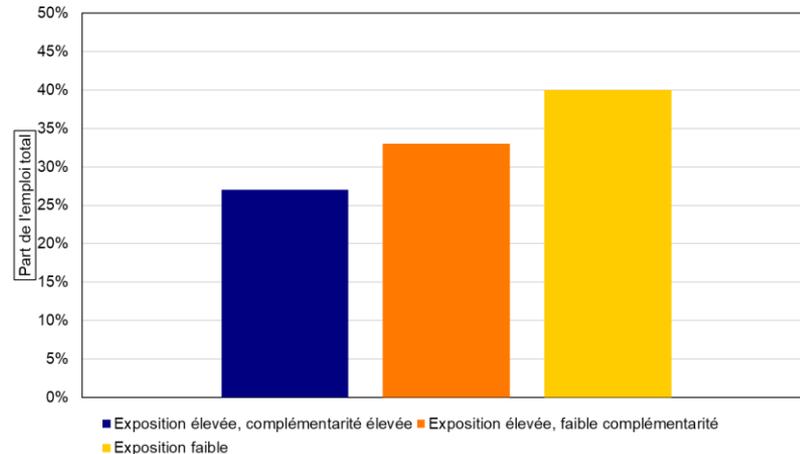
# 2. Les effets de l'IA sur l'emploi

Clémence Faivre

# L'effet total de l'IA sur l'emploi reste difficile à anticiper

- Selon le FMI (2024), 60 % des emplois des économies avancées pourraient présenter un degré élevé d'exposition à l'IA. Cette exposition résulterait d'une potentielle substituabilité pour la moitié d'entre eux, l'autre moitié étant à l'inverse potentiellement complémentaire à l'IA.
- Ces estimations doivent être interprétées avec précaution, car l'approche ne prend en compte ni la courbe de progression de l'IA, ni ses coûts de développement pour les entreprises.
- A long terme, les effets de l'IA sur la demande de travail agrégée dépendront de mécanismes similaires à ceux qui furent observés lors des précédentes révolutions technologiques (efficacité et délais du mécanisme schumpétérien de « destruction créatrice »).

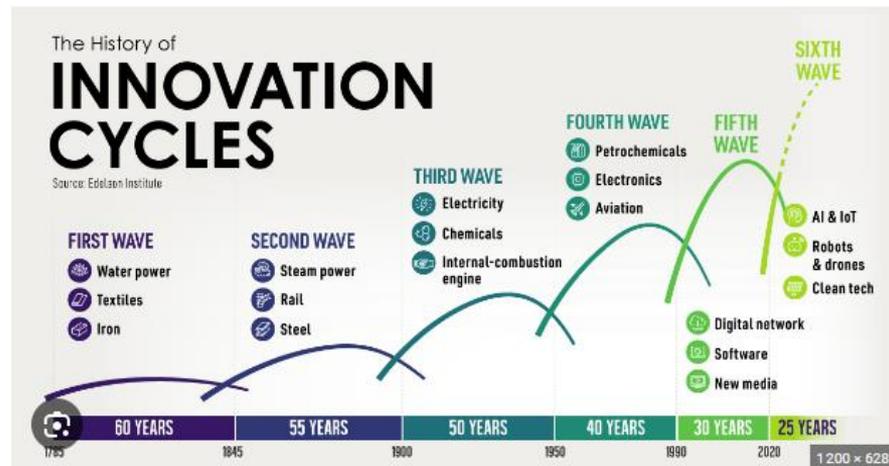
Degré d'exposition et de complémentarité de l'emploi des pays développés à l'IA



Source : FMI. (2024), « Gen-AI: Artificial Intelligence and the Future of Work »

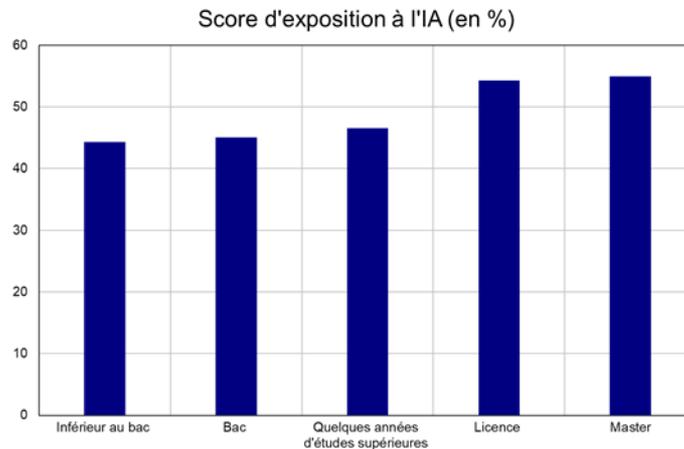
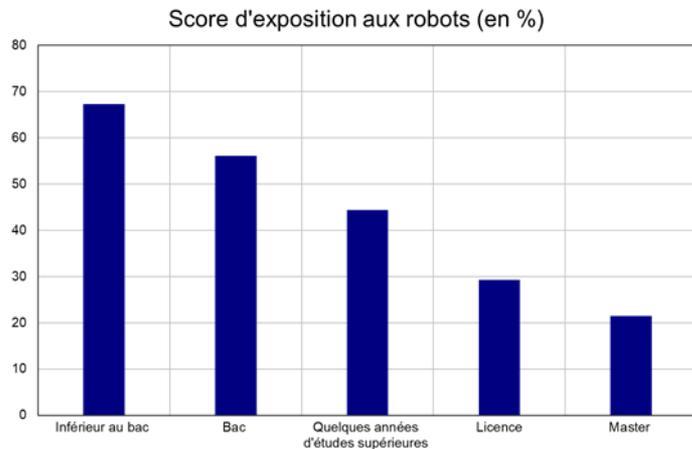
# Les dernières révolutions technologiques avaient touché les travailleurs les moins qualifiés

- Les révolutions technologiques du XX siècle ont été à l'origine d'un « progrès technique biaisé » en faveur des travailleurs les plus qualifiés.
- Elles ont à l'inverse défavorisé d'autres catégories de travailleurs :
  - La mécanisation et la robotisation ont été défavorables aux travailleurs manuels non qualifiés.
  - L'informatisation a été défavorable aux travailleurs moyennement qualifiés préposés aux tâches cognitives routinières.



# A l'inverse, le développement de l'IA pourrait davantage toucher les métiers les plus qualifiés

Scores d'exposition aux robots et à l'IA en fonction du niveau de diplôme



Source : Webb, M. (2020), « The Impact of Artificial Intelligence on the Labor Market », Stanford University Series Papers

# Parmi les professions qualifiées, toutes ne devraient pas être touchées uniformément

- **Les professions axées sur l'écriture et la programmation** seraient plus exposées au risque de remplacement par les modèles de langage que celles qui reposent sur les savoirs scientifiques ou la pensée critique.
- **Les industries de traitement de l'information** présentent une exposition élevée, tandis que l'industrie manufacturière et l'agriculture présentent une exposition plus faible.
- **Les seniors** ont plus tendance à être mentionnés par les employeurs comme pouvant être défavorablement touchés par le développement de l'IA.

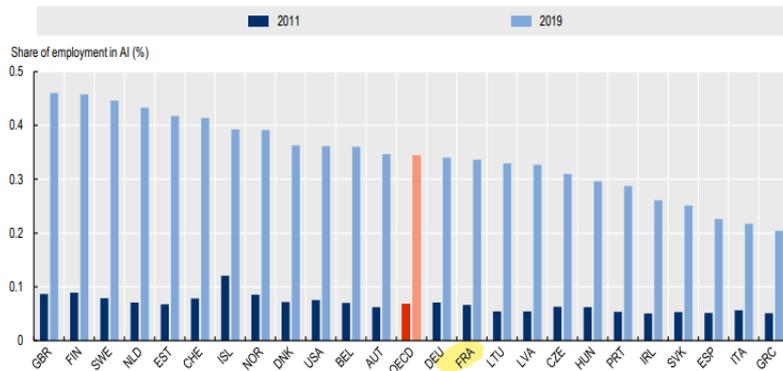
Sources : Eloundou T. et al. (2023), « GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact Potential of Large Language Models », *Open AI* ;

Milanez A. (2023), "The impact of AI on the workplace: Evidence from OECD case studies of AI implementation", *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*

# La main d'œuvre de l'IA est encore relativement faible mais en croissance rapide

2019 : 0,34% de l'emploi dans les pays de l'OCDE (multipliée par 4 entre 2011 et 2019)

The Share of employment with AI skills, 2011 & 2019

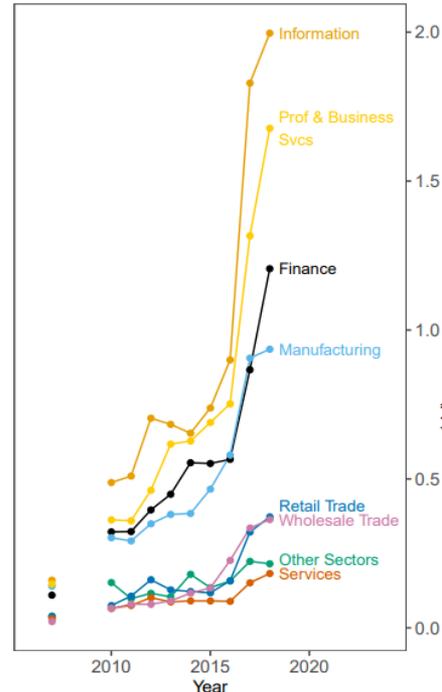


Note: Estimates obtained by summing the product of within-occupation shares of AI skill demand and employment-occupation shares by occupation. Within-occupation AI shares identified according to AI skill lists enumerated in Alekseeva et al. (2021<sub>[10]</sub>).

Source: OECD analysis of European Labour Force Survey (EU-LFS) for European countries, the Current Population Survey (CPS) for the United States, and Lightcast data.

Source: Green A. et al. (2023), « The supply, demand and characteristics of the AI workforce across OECD countries », *OECD Social, Employment and Migration Working Papers n°287*

Share of AI Vacancies by Broad Industry



Source: Acemoglu D. et al. (2020), « AI and jobs: evidence from online vacancies », *NBER working paper series*

- Augmentation des postes vacants liés à l'IA entre 2010 et 2018
- Déséquilibres entre offre et demande en IA
- Diminution des embauches dans les postes non liés à l'IA (choix de ne pas remplacer les retraités)

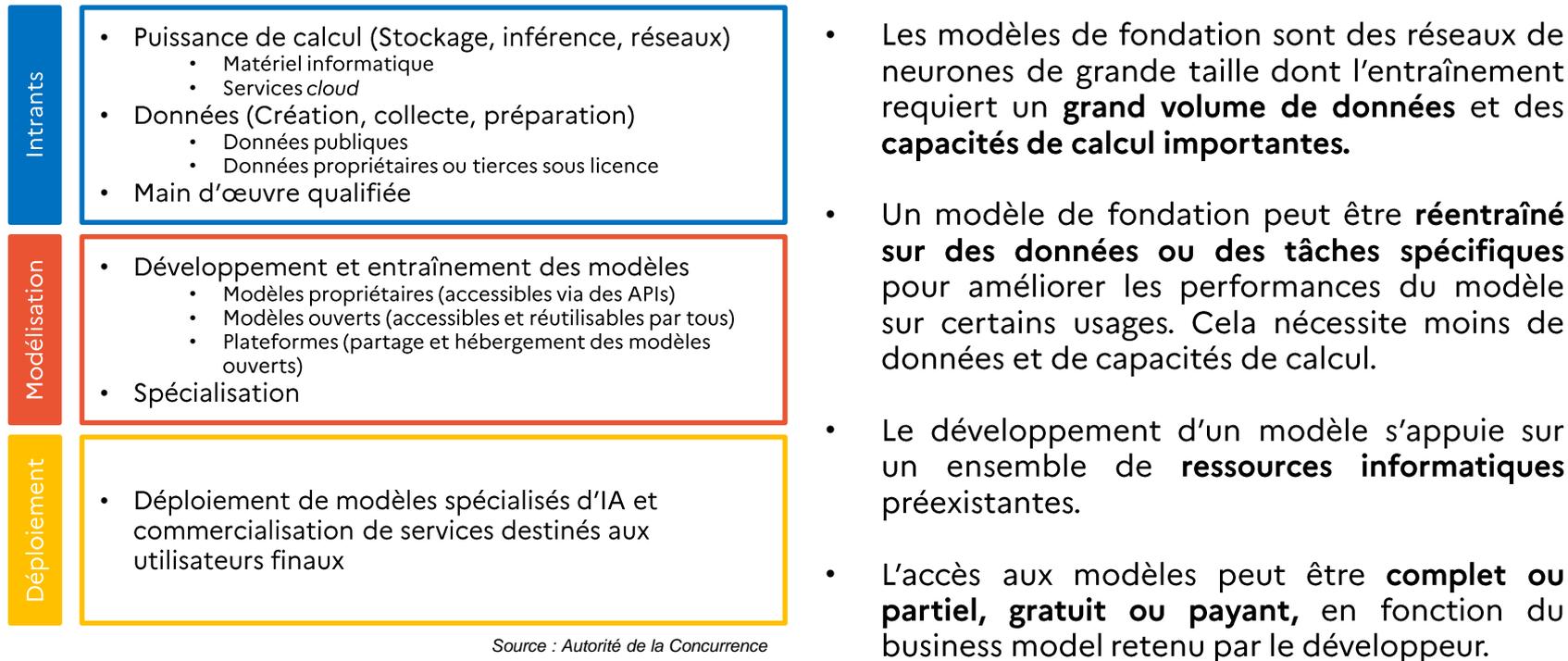
# L'utilisation de l'IA aurait des effets contrastés sur le bien-être au travail

- Les salariés et les entreprises des secteurs manufacturier et financier ont **une vision très positive de l'impact de l'IA sur la productivité et les conditions de travail.**
  - Les utilisateurs de l'IA sont 4 fois plus susceptibles de dire que l'IA a amélioré leurs performances et leurs conditions de travail que de dire qu'elle les a détériorées.
- Mais ils expriment **des inquiétudes sur l'impact de l'IA sur la stabilité de leur emploi et de leur salaire** : crainte d'une pression à la baisse sur les salaires dans les 10 ans à venir.
- **Aucun impact significatif** de l'IA n'a cependant été démontré **sur la santé mentale, l'anxiété ou la dépression des travailleurs.**

# 3. La chaîne de valeur de l'IA

Charlotte Gallezot

# Présentation de la chaîne de valeur



Source : Autorité de la Concurrence

# Les grands acteurs du numérique ont une place prépondérante dans la chaîne de valeur

## Intrants

### Calcul



### Données



## Modélisation

### Développement de modèles



### Partenariats sur le développement de modèles



### Déploiement de modèles



## Déploiement

### Moteur de recherche



### Réseaux sociaux



### Ecosystèmes téléphone

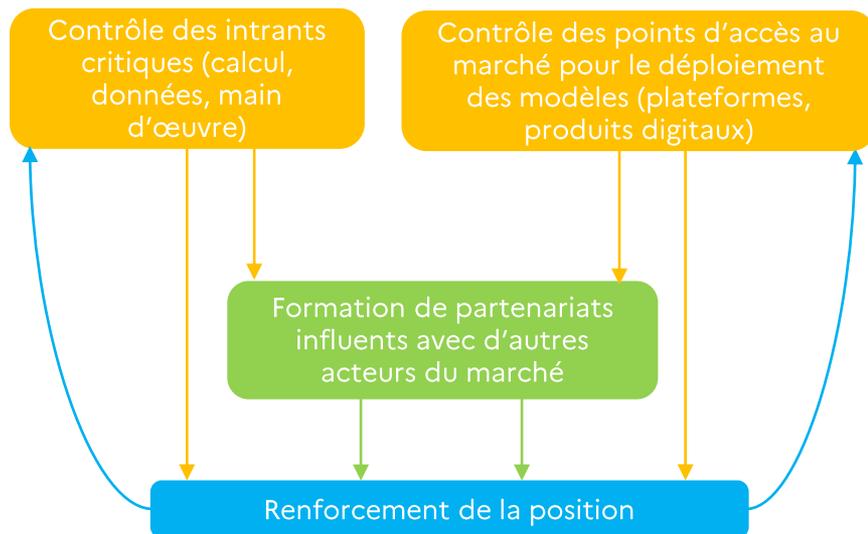


### Systèmes d'exploitation et logiciels de productivité



Source : Autorité de la concurrence britannique, AI foundation models: Update report

# Des risques concurrentiels dans la chaîne de valeur



Source : Autorité de la concurrence britannique, *AI foundation models: Update report*

- **Les grands acteurs du numérique ont un accès privilégié aux intrants critiques** pour le développement des modèles de fondation, ce qui leur permet de développer des modèles à l'état de l'art ou de faire des partenariats avec les acteurs émergents.
- **Leur intégration verticale tout au long de la chaîne de valeur** leur permet de réaliser des économies d'échelle et des synergies, et de faciliter la commercialisation de leurs modèles.
- **Le développement de plateformes** donnant accès à différents services et outils pour le développement de modèles de fondation ou de leurs applications permet d'abaisser les barrières à l'entrée sur le développement de modèles et de leurs applications, mais pourrait à terme renforcer la position des grands acteurs du numériques lorsqu'ils les contrôlent.

➡ L'Autorité de la concurrence française s'est autosaisie pour réaliser un examen approfondi des risques concurrentiels

# 4. Comparaisons internationales

Arthur Dozias

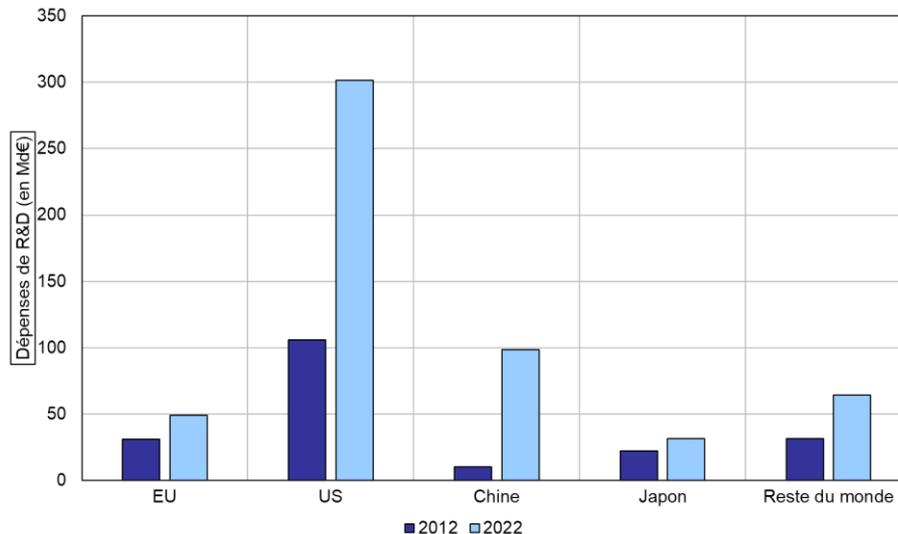
# Un retard européen des dépenses de R&D du numérique accentué en 10 ans

Les entreprises européennes du numérique dépensent collectivement moins en R&D

Depuis 2012 :

- L'écart s'accroît avec les Etats-Unis
- La Chine a rattrapé et dépassé l'Europe
- Les dépenses de R&D dans le numérique des Etats-Unis sont principalement portées par les grands acteurs du numérique (e.g. Apple, Google, Microsoft)

Évolution entre 2012 et 2022 des dépenses de R&D des entreprises du numérique selon leur région géographique



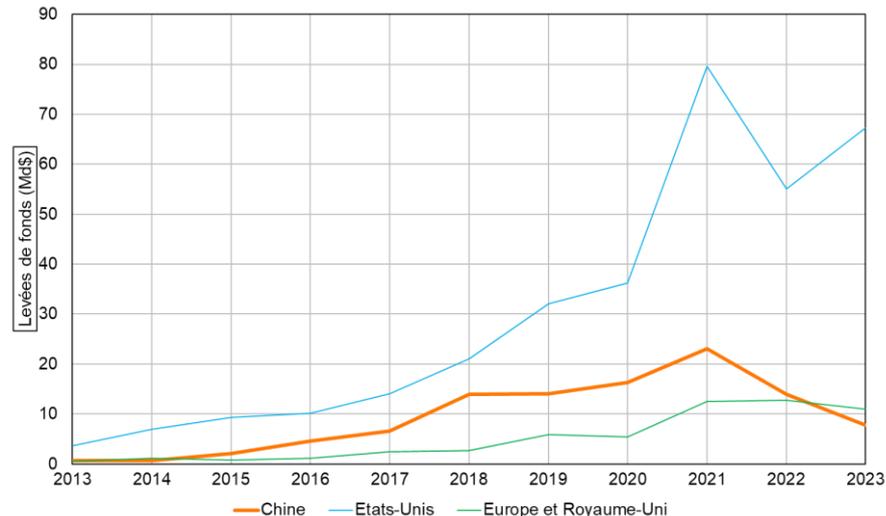
Source : 2023 EU Industrial R&D Investment scoreboard

# Les Etats-Unis dominant les levées de fonds dans l'IA

L'écart s'accroît également dans les levées de fonds pour l'IA

- La baisse des dernières années s'explique par les conditions macroéconomiques moins favorables
- La remontée des Etats-Unis en 2023 s'explique par les levées de fonds dans l'IA générative (e.g. OpenAI, Anthropic, Inflection AI)
- Les domaines qui concentrent les levées de fonds sont : les infrastructures d'IA, la relation client, la santé.

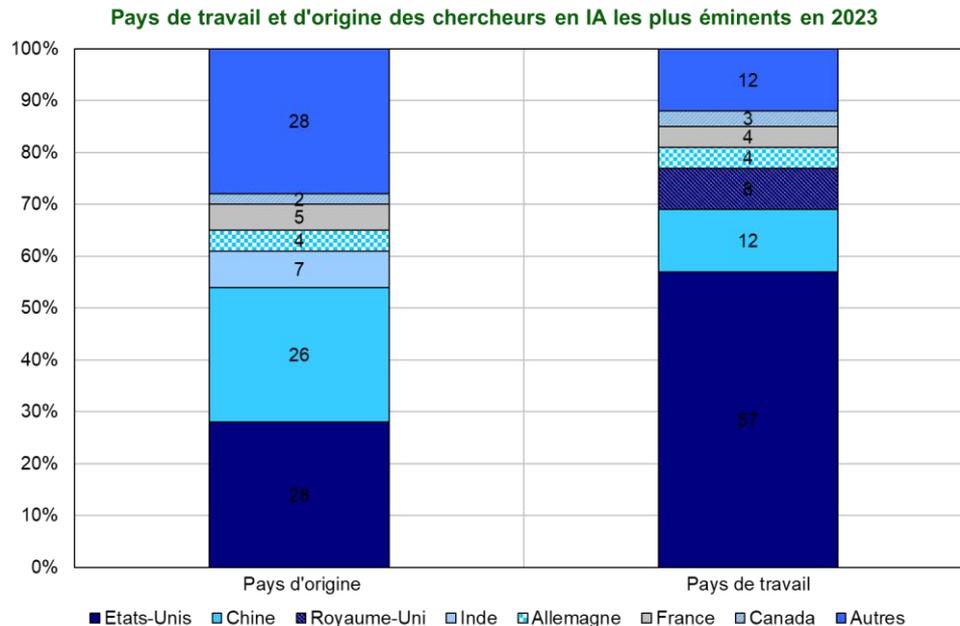
Evolution entre 2013 et 2023 des levées de fonds de startups dans l'intelligence artificielle par région



Source : 2024 AI Index Report - Données : Quid

# Les Etats-Unis attirent les meilleurs chercheurs (y compris français)

- La France est le pays d'origine de 5% des meilleurs chercheurs en IA.
- La France est le pays de travail de 4% des meilleurs chercheurs en IA.

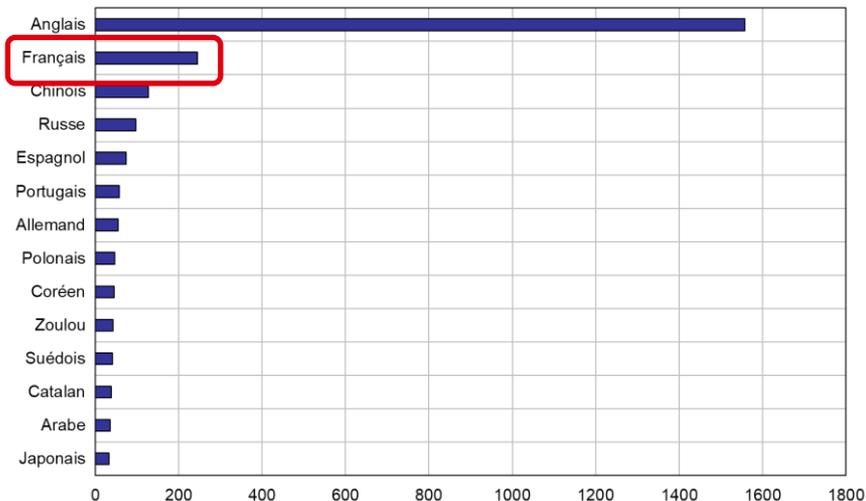


Source : The Global AI Talent Tracker 2.0 MacroPolo

# La France occupe un rôle important dans l'écosystème IA

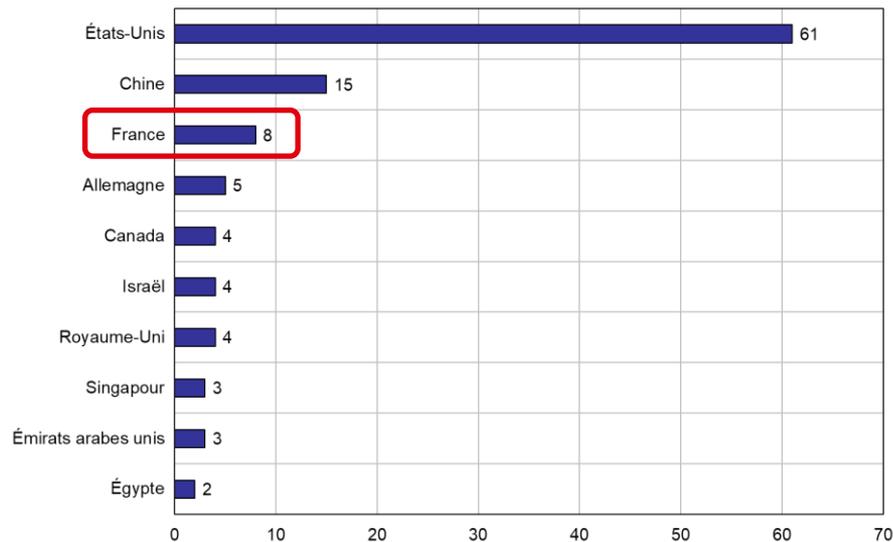
La France dispose de bases de données en français et développe des modèles d'IA notoires

Classement des langues par nombre de bases de données accessibles sur Hugging Face au 22 avril 2024



Source : OCDE.AI - Données : Hugging Face

Classement du nombre de modèles d'IA notoires par pays en 2023



Source : 2024 AI Index Report - Données : Epoch

# Conclusion

Vincent Marinnet

# Nos dernières publications

## Trésor Eco

- **Les conséquences économiques du Brexit pour le Royaume-Uni**

*Louis ADJIMAN, Benjamin CABOT*

- **Quels besoins d'investissements pour les objectifs français de décarbonation en 2030 ?**

*Logan GOURMAND*

# Questions/réponses

# Merci de votre attention

Retrouvez toute l'actualité sur notre site  
[www.tresor.economie.gouv.fr](http://www.tresor.economie.gouv.fr)

