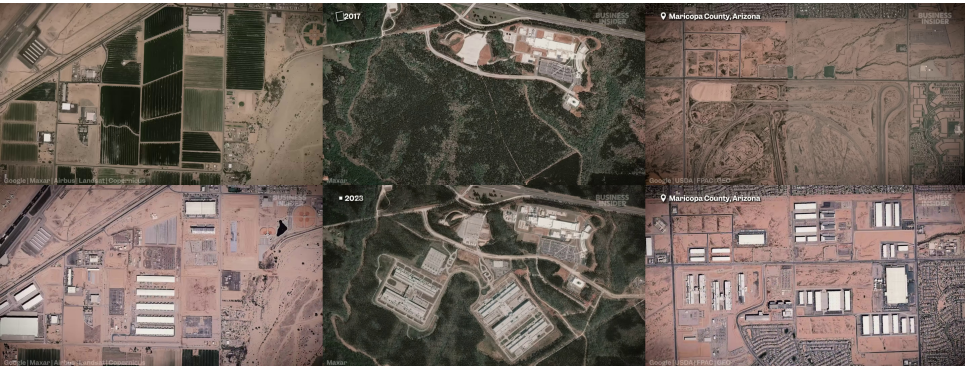


Trajectoires environnementales du numérique



Adrien Luxey-Bitri



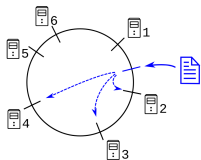
Jeudi 5 mars 2026

Qui suis-je ?

Maître de conférences

(Ça veut dire « prof des universités pocket »)

Thèse à Rennes en 2019 en
systèmes distribués

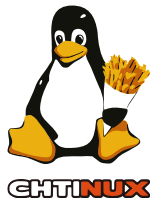


3. Network ● — ● — ● MANETs, DTNs, OppNets ...

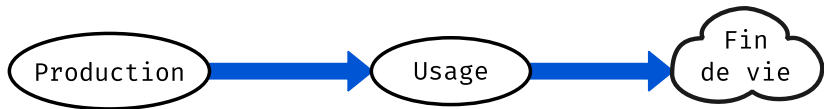
2. Unified data link  ?

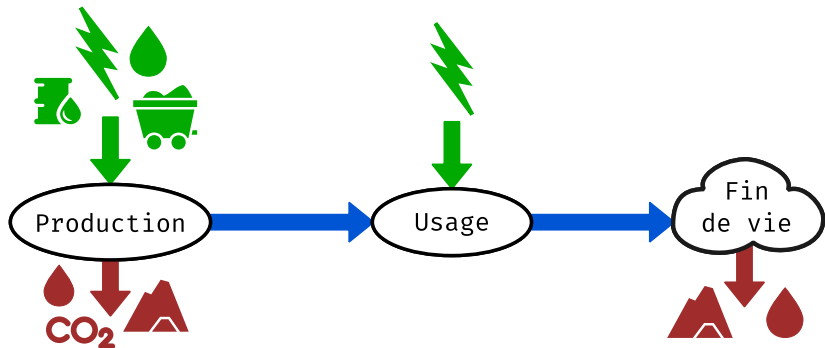
1. Physical  Bluetooth, IR, Wi-Fi, NFC ...

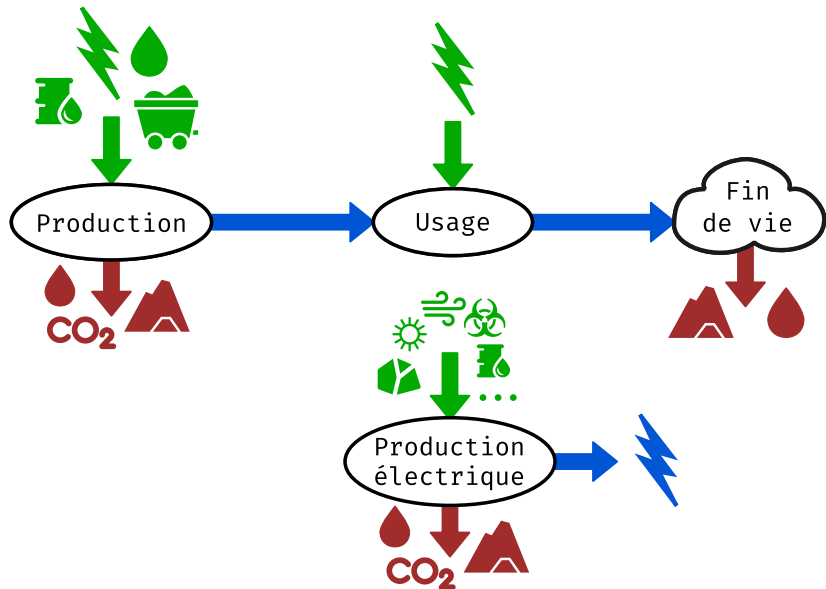
Militant des libertés numériques

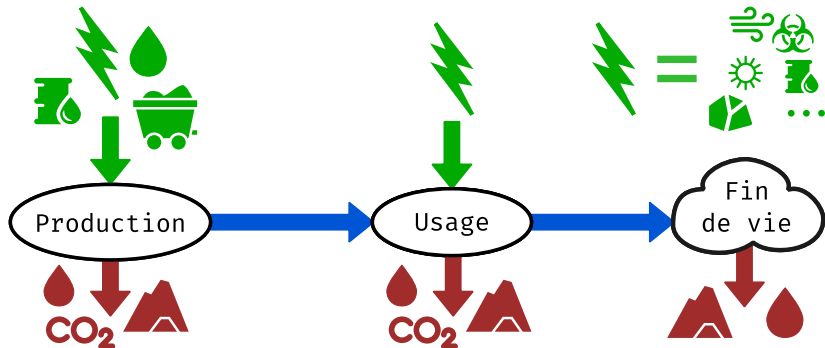


Matérialité du numérique













Mine d'Escondida
Désert d'Atacama (Chili)



Production

Un cocktail minéral

DALLE TACTILE + VITRE

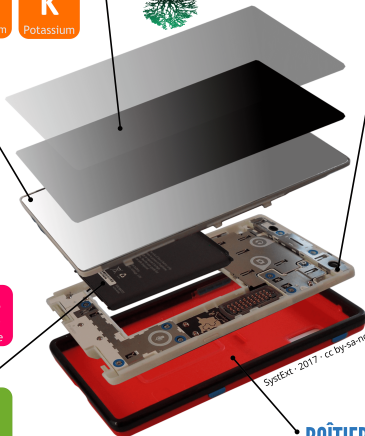
In Indium	Sn Etain	Si Silicium	Al Aluminium	K Potassium
---------------------	--------------------	-----------------------	------------------------	-----------------------

ÉCRAN

Eu Europium	Tb Terbium	Y Yttrium	
Gd Gadolinium	Ce Cérium	Tm Thulium	
La Lanthane	B Bore	Ba Baryum	
S Soufre	Mg Magnésium	Mo Molybdène	Hg Mercure

BATTERIE

Li Lithium	Co Cobalt	C Carbone	F Fluor
Mn Manganèse	V Vanadium	P Phosphore	Al Aluminium



CARTE ET COMPOSANTS

Ni Nickel	Pb Plomb	Sn Etain	Bi Bismuth
Au Or	Ag Argent	W Tungstène	Pt Platine
Rh Rhodium	Be Béryllium	Cu Cuivre	P Phosphore
As Arsenic	Ga Gallium	Ge Germanium	Si Silicium
Zr Zirconium	Ru Ruthénium	Nd Néodyme	Fe Fer
B Bore	Sm Samarium	Co Cobalt	Pr Praséodyme
Cl Chlore	Dy Dysprosium	Ta Tantale	
Nb Niobium	Pd Palladium		

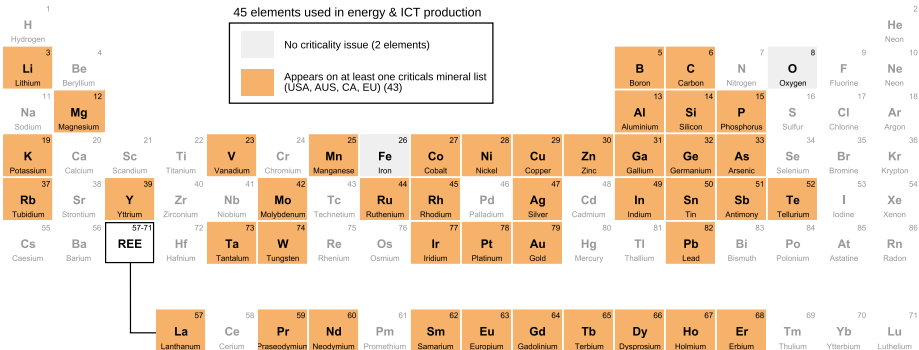
BOÎTIER

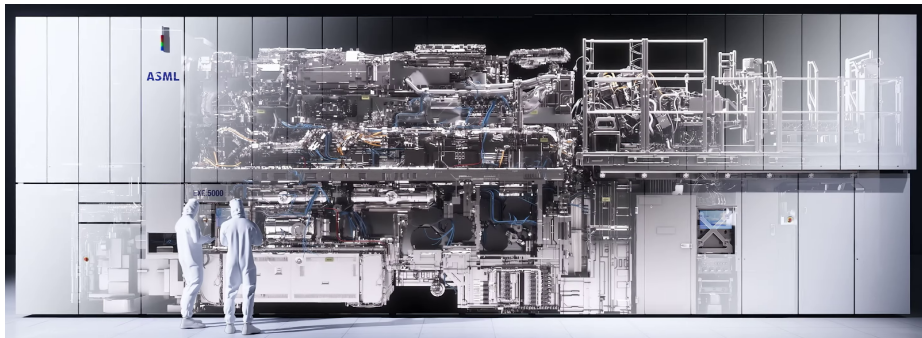
Mg Magnésium	C Carbone	Sb Antimoine	Br Brome	Ni Nickel	Zn Zinc
------------------------	---------------------	------------------------	--------------------	---------------------	-------------------

SystExt · 2017 · cc by-sa-nc 3.0 fr

Production

Un cocktail minéral

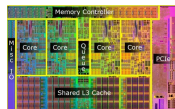
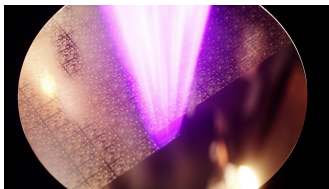


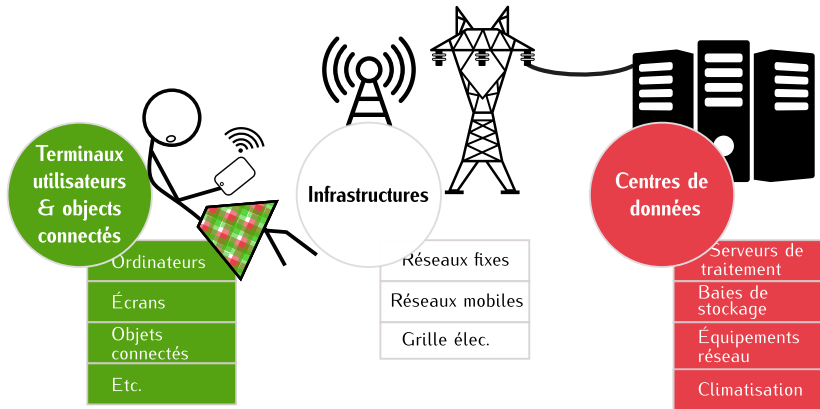


La lithographie High-NA EUV d'ASML

Résolution : 3 nm

Prix : 380M \$





« Après avoir cuisiné une ratatouille, comment récupérer séparément chaque ingrédient (tomate, courgette, sel...) ? »

« Après avoir cuisiné une ratatouille, comment récupérer séparément chaque ingrédient (tomate, courgette, sel...) ? »

Méthode industrielle



« Après avoir cuisiné une ratatouille, comment récupérer séparément chaque ingrédient (tomate, courgette, sel...) ? »

Méthode industrielle



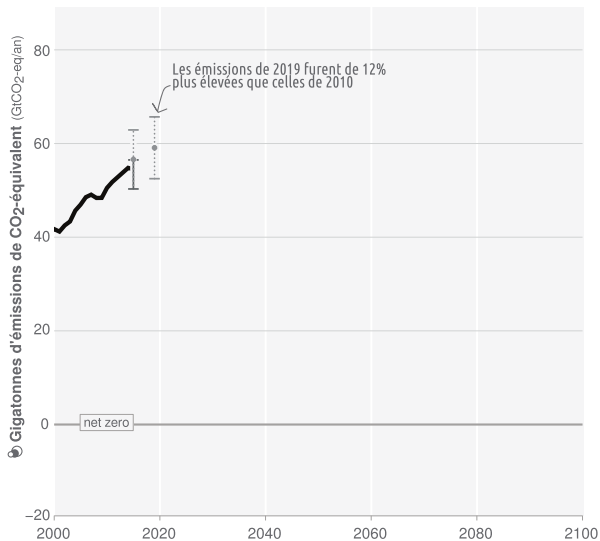
Méthode artisanale



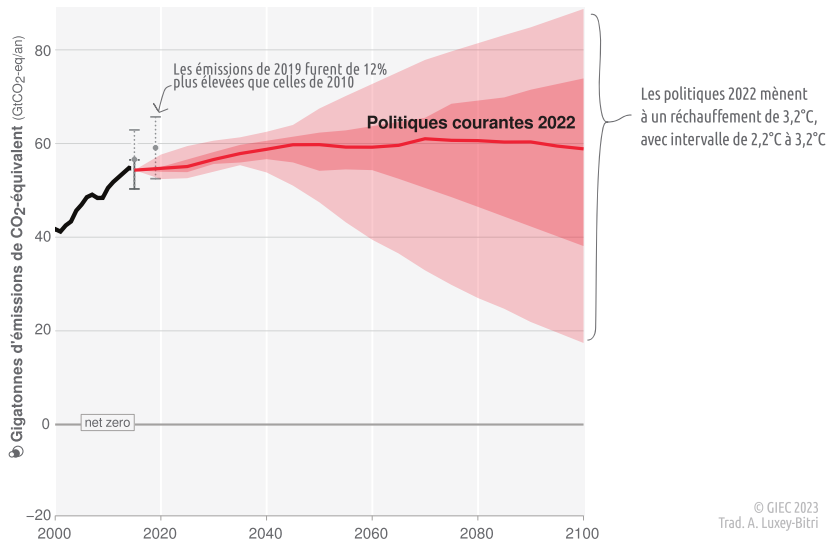
Welcome to Sodom, Documentaire, 2018
Agbogbloshie, Accra, Ghana

Le problème énergétique

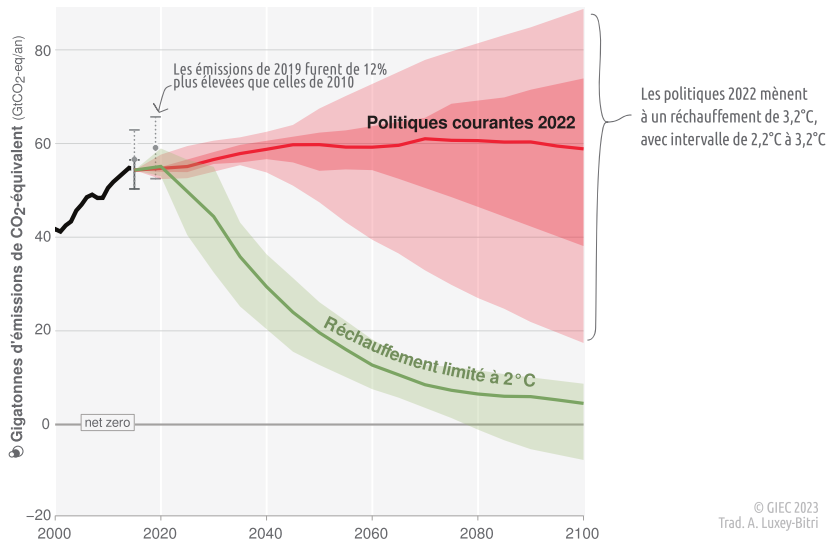
Les gaz à effet de serre



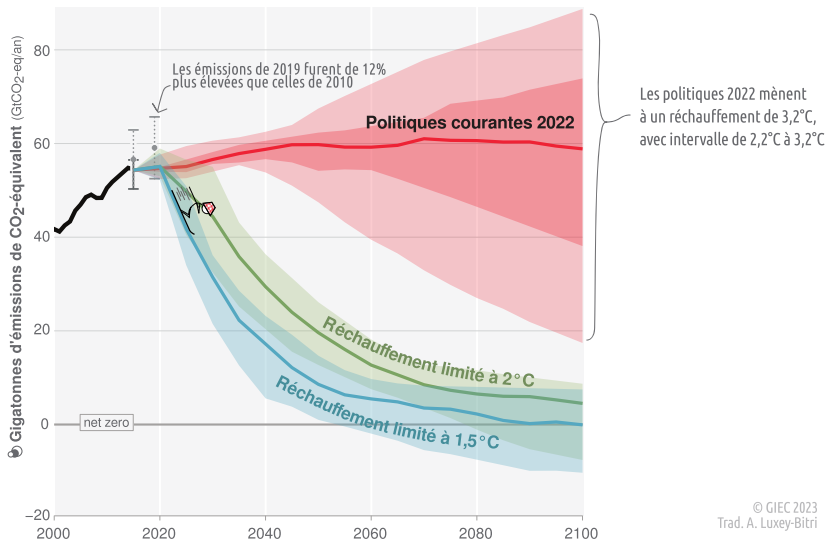
Les gaz à effet de serre



Les gaz à effet de serre



Les gaz à effet de serre

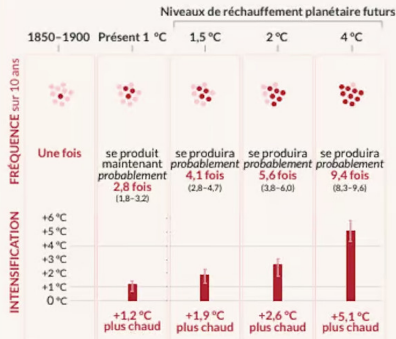


Et leurs conséquences

Extrêmes chauds au-dessus des terres émergées

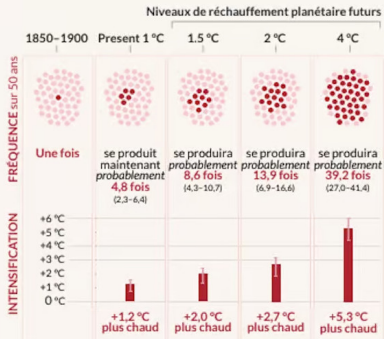
Evènement décennal

Augmentation de la fréquence et de l'intensité d'un évènement de température extrême qui se produisait **une fois tous les 10 ans** en moyenne dans un climat sans influence humaine.



Evènement cinquantennal

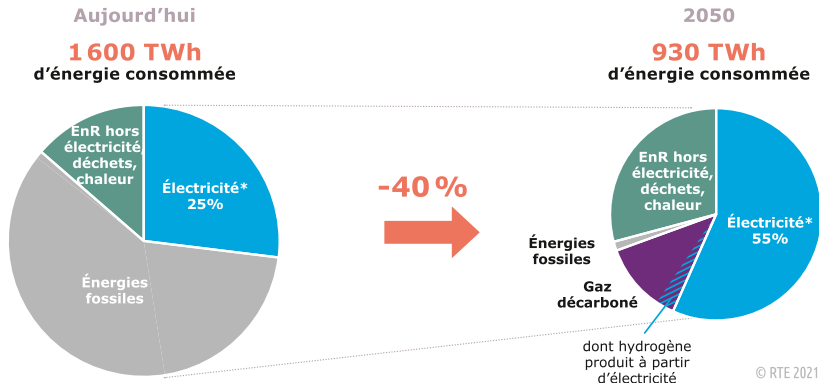
Augmentation de la fréquence et de l'intensité d'un évènement de température extrême qui se produisait **une fois tous les 50 ans** en moyenne dans un climat sans influence humaine.



Précipitations extrêmes sur les terres émergées

Sécheresses de type agricole et écologique dans les régions qui s'assèchent

...



Sobriété & énergies « vertes »

Les énergies « vertes » en question



Montagne de Taihang (Chine)

La croissance du numérique

Croissance du trafic Internet

Global annual internet traffic

Tracking Clean Energy Progress

1997
60 PB

2007
54 EB

2017
1.1 ZB

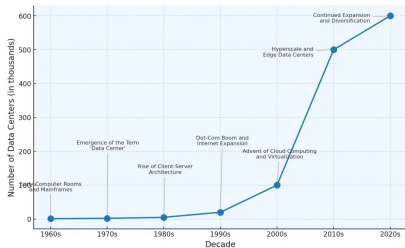
2022
4.2 ZB

KB	kilobyte	10^3 bytes
MB	megabyte	10^6 bytes
GB	gigabyte	10^9 bytes
TB	terabyte	10^{12} bytes
PB	petabyte	10^{15} bytes
EB	exabyte	10^{18} bytes
ZB	zettabyte	10^{21} bytes
YB	yottabyte	10^{24} bytes

International
Energy Agency

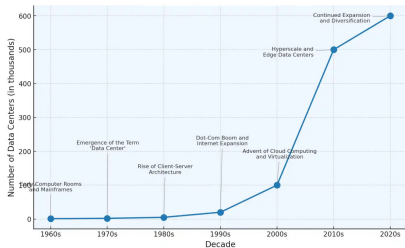
Des exponentielles partout

Quantité de centres de données

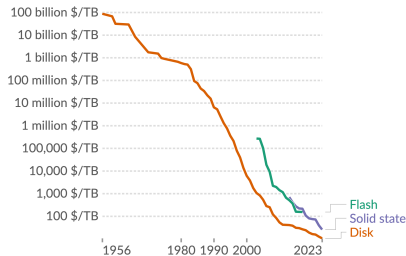


Des exponentielles partout

Quantité de centres de données



Prix du stockage



Data source: John C. McCallum (2023)

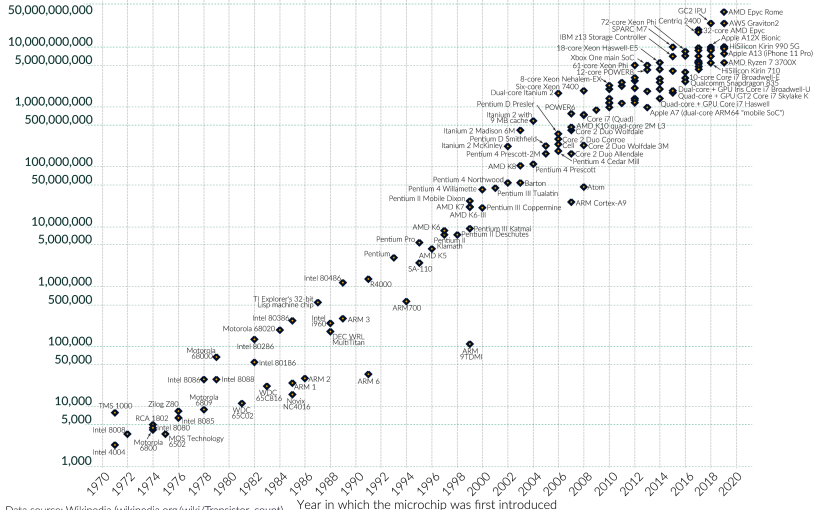
CC BY

Moore's Law: The number of transistors on microchips doubles every two years

Moore's law describes the empirical regularity that the number of transistors on integrated circuits doubles approximately every two years. This advancement is important for other aspects of technological progress in computing – such as processing speed or the price of computers.

Our World
in Data

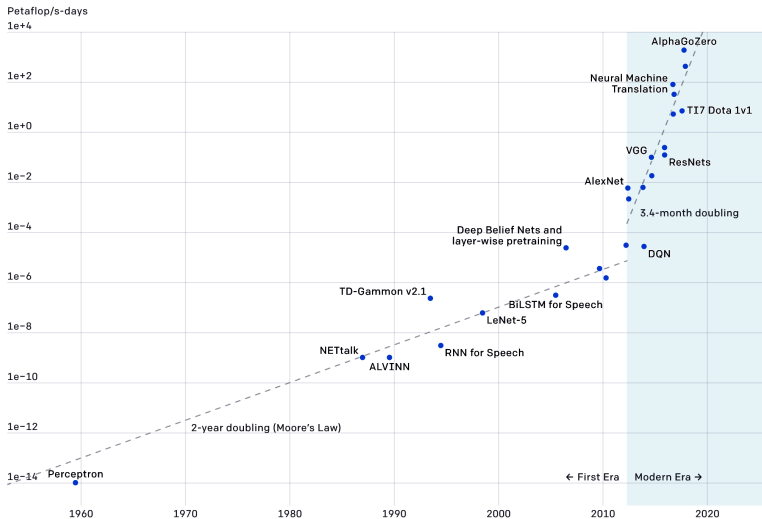
Transistor count



Data source: Wikipedia (wikipedia.org/wiki/Transistor_count)

OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.

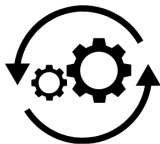


Et donc, l'IA ?

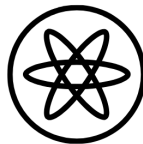
Comment ça marche ?



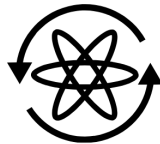
Données
d'entraînement



Entraînement



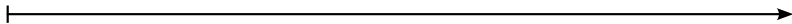
Modèle
entraîné



Inférence



Est-ce que ça vaut le coup ?



Coût

Est-ce que ça vaut le coup ?

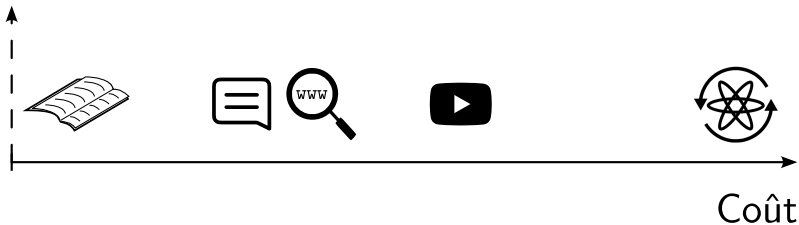
Utilité ?



Coût

Est-ce que ça vaut le coup ?

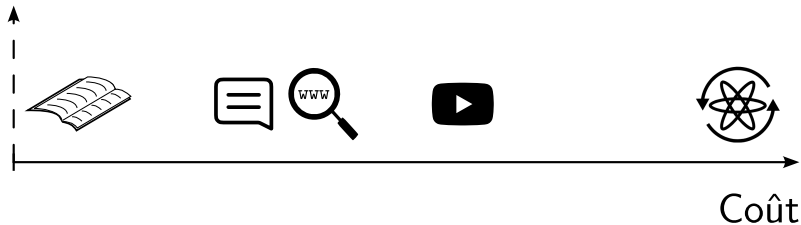
Utilité ?



Tout dépend de l'usage : recette de cuisine ou sauver le monde ?

Est-ce que ça vaut le coup ?

Utilité ?



Tout dépend de l'usage : recette de cuisine ou sauver le monde ?

« La technologie n'est ni bonne ni mauvaise, **ni neutre.** »

La **sobriété** comme boussole

« Garantir le bien-être de tous en respectant les limites planétaires »

La **sobriété** comme boussole

« Garantir le bien-être de tous en respectant les limites planétaires »

⇒ La solution n'est parfois pas technique !

La sobriété comme boussole

« Garantir le bien-être de tous en respectant les limites planétaires »

⇒ La solution n'est parfois pas technique !



Références I

- [Sys17] SYSTEXT ASSOCIATION, *Des Métaux Dans Mon Smartphone*, avr. 2017, URL : <https://www.systext.org/sites/all/animationreveal/mtxsmpl/#/> (vu le 07/10/2024).
- [Chi18] CHINA PLUS, *Taihang Mountain Goes Solar*, déc. 2018, URL : <https://chinaplus.cri.cn/photo/china/18/20181218/224696.html> (vu le 01/12/2022).
- [KW18] Christian KRÖNES et Florian WEIGENSAMER, *Welcome to Sodom*, Documentaire, nov. 2018.
- [RTE21] RTE, *Futurs Énergétiques 2050*, Rapport Exécutif, Paris, oct. 2021, URL : <https://rte-futursenergetiques2050.com/> (vu le 04/12/2024).
- [Ope22] OPENAI, *AI and Compute*, OpenAI, juin 2022, URL : <https://openai.com/index/ai-and-compute/> (vu le 07/02/2025).
- [Cal+23] Katherine CALVIN et al., *IPCC, 2023 : Climate Change 2023 : Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland*. Rapp. tech., Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), juill. 2023, DOI : 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647, URL : <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/> (vu le 06/02/2025).
- [Cer+23] S. CERF et al., *Untangling the Critical Minerals Knot : When ICT Hits the Energy Transitions*, déc. 2023, URL : <https://inria.hal.science/hal-04709741> (vu le 07/10/2024).
- [IEA23] IEA, *World Energy Outlook 2023*, rapp. tech., OECD, 2023, URL : <https://origin.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023> (vu le 01/10/2024).
- [Raa23] Dierk RAABE, « The Materials Science behind Sustainable Metals and Alloys », *À : Chemical Reviews* 123.5 (mars 2023), p. 2436-2608, ISSN : 0009-2665, DOI : 10.1021/acs.chemrev.2c00799, URL : <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.2c00799> (vu le 22/12/2024).
- [ASM24] ASML, *EUV Lithography Systems*, 2024, URL : <https://www.asml.com/en/products/euv-lithography-systems> (vu le 07/10/2024).

Références II

- [Dat24] DATACATE INC, *Data Centers : A Timeline of Growth and Expansion*, sept. 2024, URL : <https://www.datacate.net/data-centers-a-timeline-of-growth-and-expansion/> (vu le 07/02/2025).
- [Izo24] Célia IZOARD, *La Ruée Minière Au XXIe Siècle. Enquête Sur Les Métaux à l'heure de La Transition*, Seuil, Paris, 2024.
- [Shi24] Anton SHILOV, « Intel Shares Biggest Unboxing Video Ever as ASML's \$380 Million High-NA Lithography Machine Is Installed in Oregon Fab », À : *Tom's Hardware* (mars 2024).
- [Sys24] SYSTEXT, *Controverses minières – Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales – Mine secondaire et recyclage*, Rapport d'étude Volet 2 – Tome 3, Paris, France : Association SystExt, avr. 2024, URL : https://www.systext.org/sites/all/documents/RP_SystExt_Controverses-Mine_VOLET-2_Tome-3_Avril2024.pdf (vu le 18/06/2024).
- [Bus25] BUSINESS INSIDER, *Exposing The Dark Side of America's AI Data Center Explosion | View From Above | Business Insider*, sept. 2025, URL : <https://www.youtube.com/watch?v=t-8TDOFqkQA> (vu le 05/03/2026).
- [Fal+25] Sophia FALK et al., *More than Carbon : Cradle-to-Grave Environmental Impacts of GenAI Training on the Nvidia A100 GPU*, Archive ouverte, août 2025, DOI : 10.48550/arXiv.2509.00093.
- [GP25] Raúl GUILLÉN et Vincent PEYRET, « Vos batteries vont-elles exploser ? », À : *Le Monde diplomatique* (fév. 2025), pages 1, 22 et 23, URL : <https://www.monde-diplomatique.fr/2025/02/GUILLEN/68043> (vu le 07/02/2025).
- [LSC25] Alexandra Sasha LUCCIONI, Emma STRUBELL et Kate CRAWFORD, *From Efficiency Gains to Rebound Effects : The Problem of Jevons' Paradox in AI's Polarized Environmental Debate*, jan. 2025, DOI : 10.48550/arXiv.2501.16548, arXiv : 2501.16548 [cs], URL : <http://arxiv.org/abs/2501.16548> (vu le 06/02/2025).