Conférence grand public à Saint- Gély-du-Fesc, Mardi 10 février 2026
salle des Verriès à 19h

Les nouveaux enjeux du monde numérique
Data centers et IA

Pr. Michel ROBERT

Université de Montpellier

Chaire Polytech - ISIA

« Responsabilité, éthique et impacts des Technologies Numériques »

https://www.polytech.umontpellier.fr/partenariats/chaires-scientifiques

CC BY NC SA

Mieux comprendre les transformations numériques

L'Association des amis des sciences de la terre et du climat Pic Saint-Loup (ASTEC-PSL) propose une nouvelle conférence ouverte à tous, à la Halle des sports Verriès. Une soirée pour mieux comprendre les transformations numériques qui façonnent déjà notre quotidien.

Les enjeux du numérique

La conférence sera animée par Michel Robert, professeur à l'Université de Montpellier, qui prendra en février la présidence de l'Académie des sciences et des lettres de Montpellier. Jusqu'en octobre 2025, il dirigeait le Centre informatique national de l'enseignement Supérieur (CINES), qui héberge notamment Adastra, l'un des supercalculateurs les plus puissants au monde. Enseignant à Polytech Montpellier, il travaille sur les questions de numérique responsable. Ses travaux portent sur les architectures informatiques, l'intelligence artificielle et la sobriété énergétique des infrastructures numériques.

Dans sa conférence, Michel Robert reviendra sur un constat central : *« Le monde numérique – souvent perçu comme immatériel – a une réalité physique et des impacts environnementaux et sociétaux croissants »*, explique le Professeur.

L'émergence récente des applications d'intelligence artificielle entraîne *« la multiplication des data centers et d'infrastructures qui consomment des ressources »*, renforçant des paradoxes déjà à l'œuvre.

Michel Robert.

Le numérique incarne en effet *« de profonds paradoxes »* : dématérialisation des services et impacts environnementaux, innovation technologique et obsolescence accélérée, quête de performance et contraintes énergétiques.

Après une présentation du contexte et des usages, la conférence abordera *« la question des limites des technologies et des impacts, ressources, émissions, énergie, etc. »*.

Dans une optique de développement durable et de responsabilité sociétale, des recommandations et des exemples de solutions seront proposés pour agir individuellement et collectivement.

> *Ce mardi 10 février, 19 h. Halle des sports Verriès.*

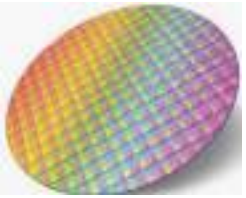
▶ Correspondant Midi Libre : 07 87 53 50 85

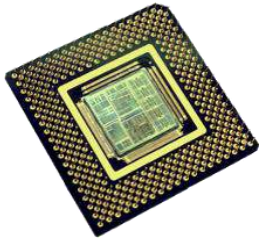
Pr. Michel ROBERT

Université de Montpellier

Chaire Polytech - ISIA

« Responsabilité, éthique et impacts des Technologies Numériques »



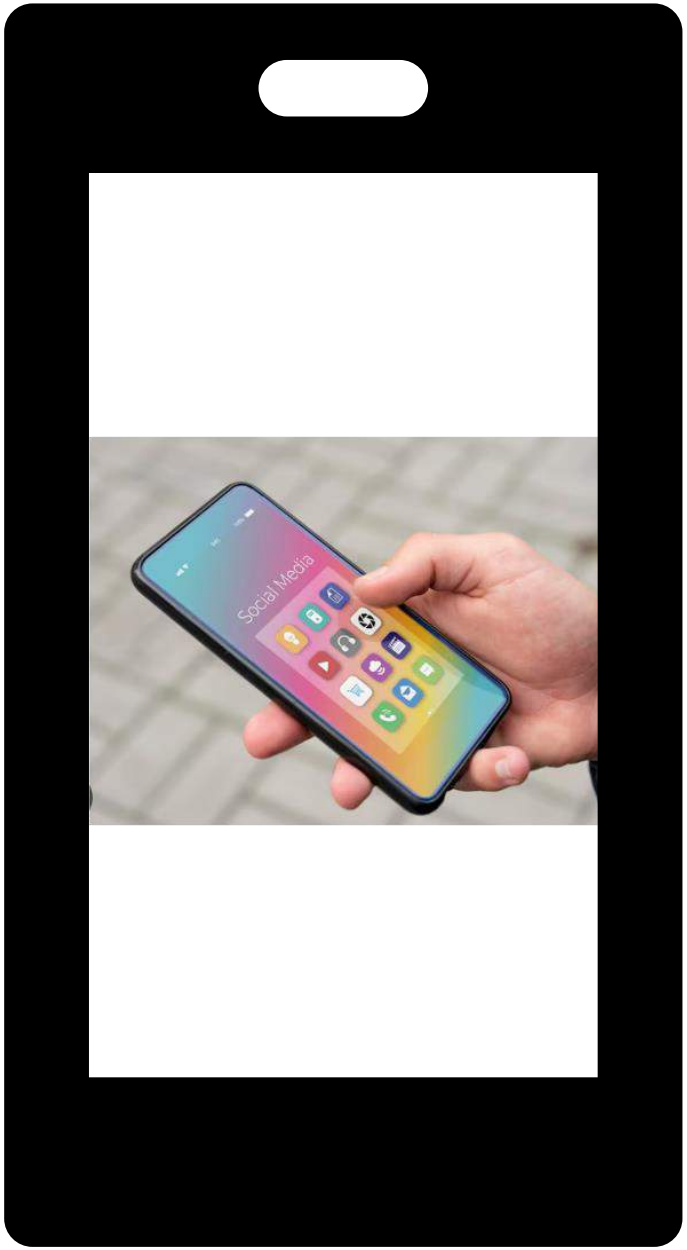


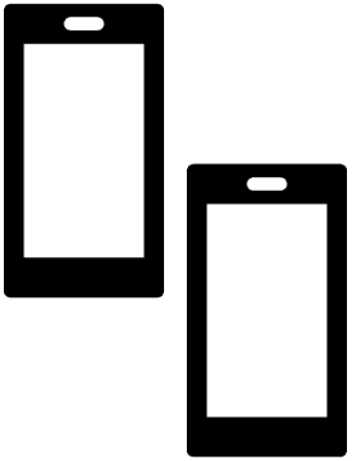
1980-1984 microélectronique
Salles blanches semiconducteurs

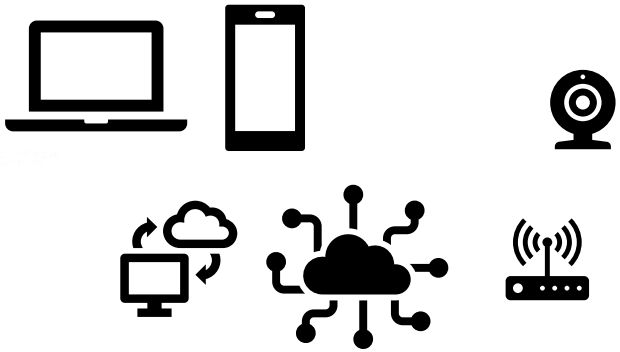
2022-2025 supercalculateurs
Data center
Salles informatiques

2000 → 2025

Audio
Digital Camera
Game Player
Mobile phone
TV
Digital Cam
MP3 Player
GPS
Laptop
Navigator


Social Media





- ✓ Définition du « **numérique** » 00101001010101111001
- ✓ L’explosion du volume des **données** : pourquoi ?
- ✓ Quelles **ressources** ?
- ✓ Quel **impact sur l’environnement** ?
- ✓ Est-ce qu’il est possible de **recycler** ?
- ✓ C’est quoi **l’effet rebond** ?
- ✓ Est-ce que le numérique peut être vertueux ?
- ✓ Quelle **responsabilité sociétale** avons-nous ?
- ✓ Quelles recommandations pour un **numérique responsable** ?

Quelques grandeurs physiques du monde numérique

- **Le nanomonde numérique** Micro 10^{-6} 0, 000 001
  Nano 10^{-9} 0, 000 000 001

- **Le monde numérique**
  - ✓ **Kilo** 10^{3} 1000
  - ✓ **Méga** 10^{6} (million) 1000 000
  - ✓ **Giga** 10^{9} (milliard) 1000 000 000
  - ✓ **Téra** 10^{12} (mille milliard) 1000 000 000 000
  - ✓ **Péta** 10^{15} (million de milliards)
  - ✓ **Exa** 10^{18} (milliard de milliards)
  - ✓ Zetta 10^{21} 1000 000 000 000 000 000 000

Livre = x **Kilo**-octets
Image = x **Méga**-octets
Film = x **Giga**-octets

Les nouveaux enjeux du monde numérique : *data centers et IA*

1. **Sciences & techniques**
   - Histoire des Sciences et techniques et émergence du monde numérique
   - De l'écriture, aux révolutions (industrielle, électrique, numérique)
   - Convergences scientifiques et technologiques et objets du numérique
   - Le monde numérique aujourd'hui
2. **IA**
3. **Data centers : le revers énergétique du numérique**
4. **IA & Data centers**
5. **Les impacts du numérique**
   - Energie & Ressources
   - Enjeux sociétaux
6. **Des impacts aux usages**
7. **Vers un numérique plus responsable : agir !**

- **Sciences & techniques**
  - Histoire des Sciences et techniques et émergence du monde numérique

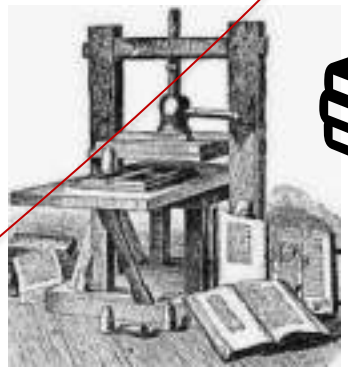
Pour comprendre où on va,
regardons d'abord d'où l'on vient

- *Origine du monde numérique ?*
- *Objets du monde numérique ?*
- *Ressources du monde numérique ?*
- *Impacts ?*

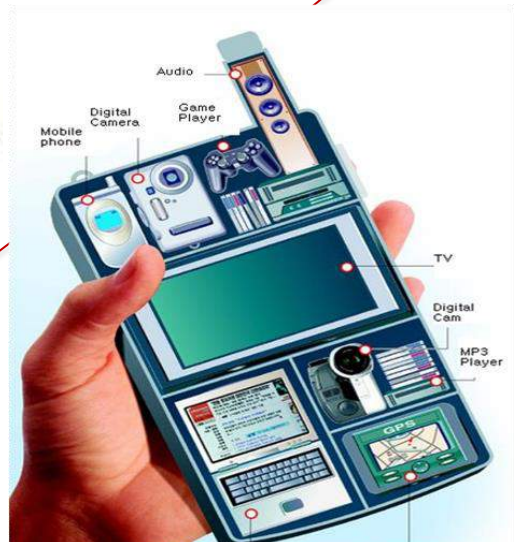
-5000

De l'écriture au numérique puis aux IA génératives : *accélération des innovations*

-500



-50



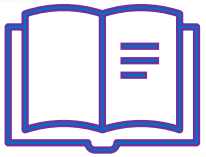
Electronique
+
Télécoms
+
Informatique

-5

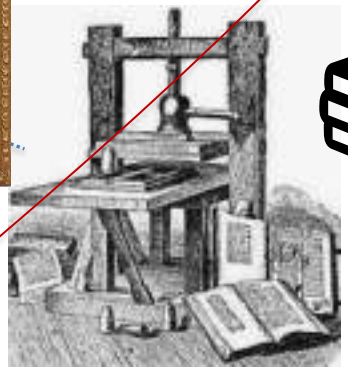
Michel ROBERT

-5000

-2500

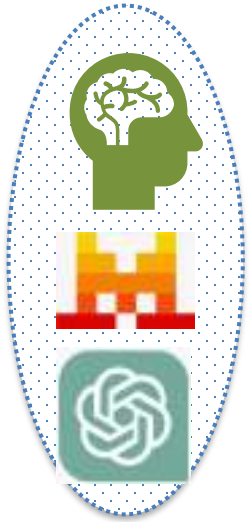


-500



De l'écriture au numérique puis aux IA génératives :

accélération des innovations



-50

Electronique
+
Télécoms
+
Informatique

-5

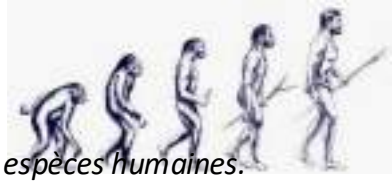
Michel ROBERT

UNE BRÉVE HISTOIRE DE NOTRE PLANETE, DE NOS RESSOURCES, DE L'HUMAIN

- 13,8 milliards Apparition de la matière et de l'énergie. Formation des atomes et des molécules
- **4,5 milliards Formation de la planète Terre**
- 3,8 milliards Émergence des organismes

APPARITION DES RESSOURCES

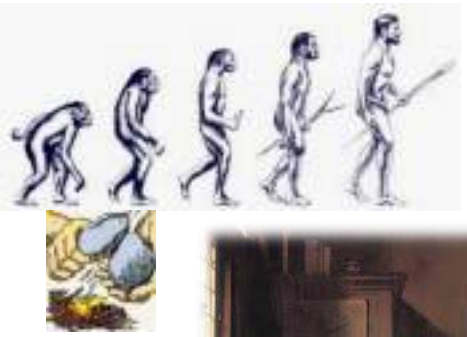
……



- 6 millions Dernière ancêtre commun des humains et des chimpanzés
- 2.5 millions Les humains évoluent en Afrique. *Premiers outils de pierre*
- 2 millions Propagation des humains de l'Afrique vers l'Eurasie. *Évolution de différentes espèces humaines.*
- 400000 Les Néandertaliens commencent à évoluer en Europe et au Moyen-Orient. *Usage régulier du feu.*
- 300000 Homo sapiens évolue en Afrique.
- 70000 Révolution cognitive. Émergence de la narration. Commencement de l'Histoire. Sapiens se répand hors de l'Afrique.
- 30000 Extinction des Néandertaliens. Homo sapiens est la seule espèce humaine survivante.
- 15000 Sapiens s'établit en Amérique. Extinction de la mégafaune américaine.
- **12000 Révolution agricole. Domestication (plantes, animaux). Sédentarisation**
- **5000** Premiers royaumes, **naissance de l'écriture, première monnaie**.
- 2500 Invention des pièces de monnaie. Empire perse.
- 2000 Empire des Han en Chine. Empire romain en Méditerranée.
- **500 Révolution scientifique.** L'humanité commence à acquérir un pouvoir sans précédent. Les Conquêtes de l'Amérique et des océans. Invention de l'**imprimerie** (1450 Gutenberg)
- **-200 Révolution industrielle** *Extinctions massives (plantes, animaux)*
- **50 Révolution numérique** *Émergence de l'IA*

Source : Y. N. Harari Sapiens

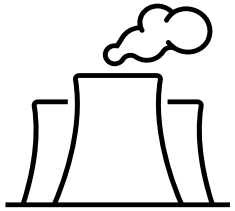
Révolutions techniques et énergie



- ✓ **Agricole** – 10 000

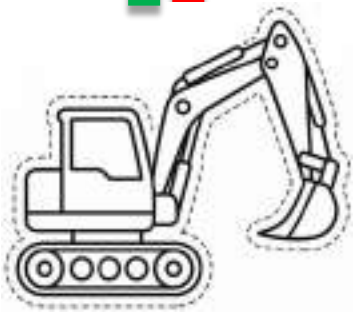
- ✓ **Scientifique**

- ✓ **Industriel** XIXe
- ✓ **Numérique** XXe



735 W

50 000 W



100 000 W

Consommation annuelle moyenne d'un terrien = 22 000 kWh # 200 esclaves

4 W

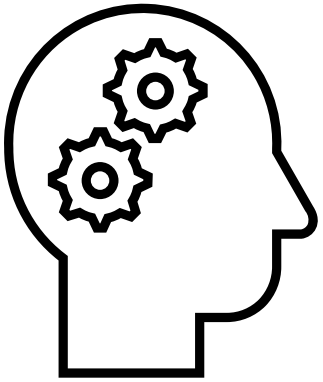
Calculateurs simples, sobres et durables

- Meilleures technologies ?

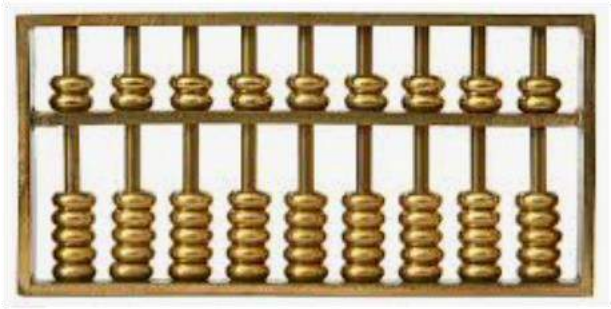
1- Préparation

2- Calcul **&** Résultat

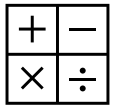
20 W

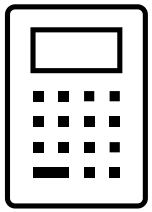


+



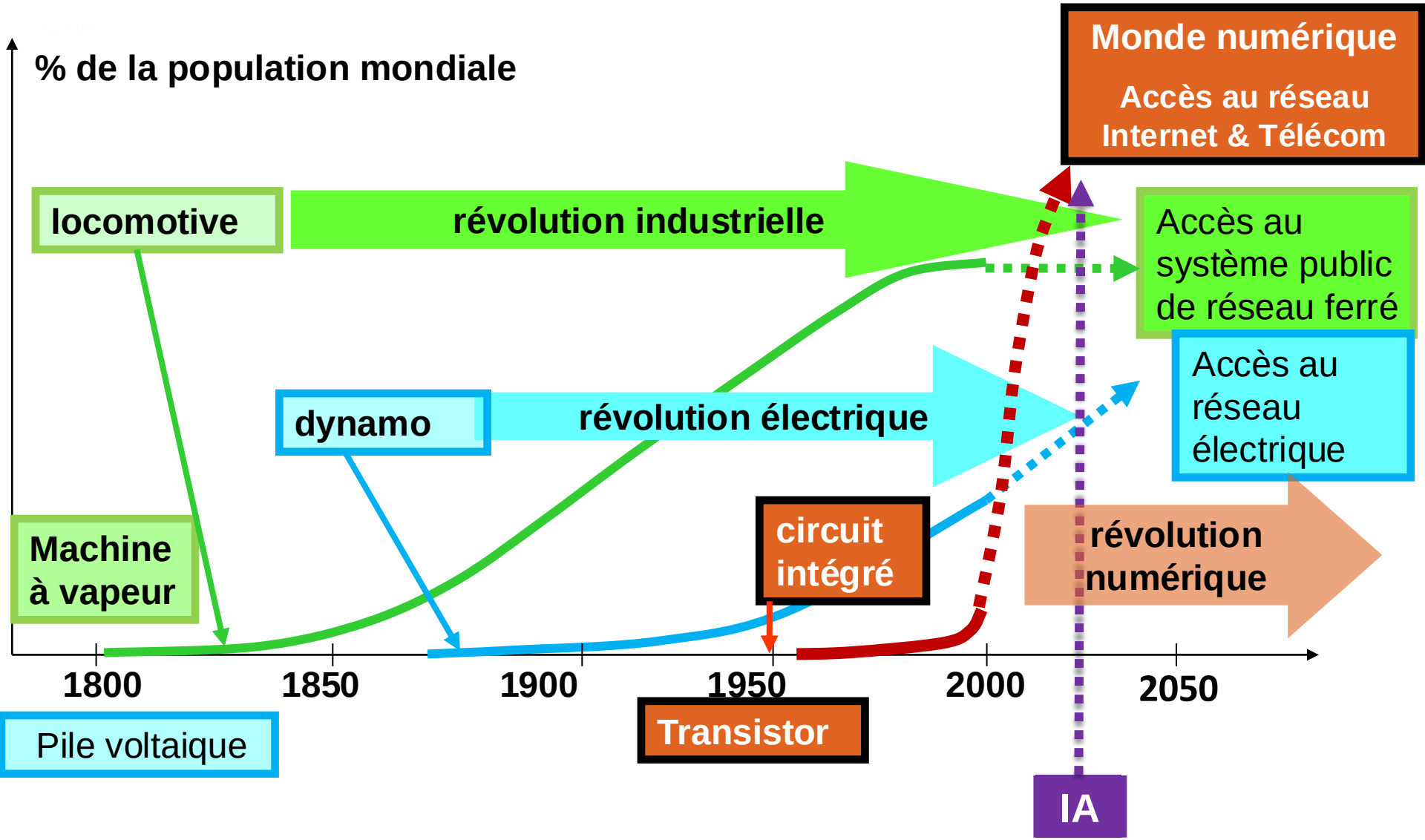
0 W





➢ Apprentissage ?

Accélération des évolutions technologiques



Histoire des Sciences et Techniques : *Convergences* **électronique**, **informatique**, ***communication***

1800 : pile de Volta
1826 : loi d'ohm
1831 : premier relais électrique
1837 : télégraphe de Morse
1834, calculateur mécanique de Babbage
1847 : lois de kirchhoff
1854 : algèbre de Boole
1866 : dynamo
1876 : téléphone (Bell)
1880 : Piezo-électricité (Jacques & Pierre P Curie)
1904 : la diode, premier tube à vide
1907 : la triode à vide (Lee de Forest)
1909 : premier central téléphonique automatique
1914 : premiers circuits électroniques
1936 : machine de Turing
1945 : architecture von Neumann
1946 : ENIAC : ***premier calculateur électronique*** **(10^3 instructions/s)**
1947 : transistor à pointes germanium (brattain, bardeen, shockley)
1948 : Shannon, théorie de l'information
1954 : transistor silicium (G. Teal, TI) **… Émergence de l'IA**

Histoire des Sciences et Techniques : *Convergences* **électronique**, **informatique**, ***communication***

1959 : circuit intégré (R.Noyce, J. Kilby)

1959 : transistor à effet de champ (FET) **: transistor MOS**

1970 : mémoire DRAM 1024 bits Intel (1988: 4 Mbits)

1971 : microprocesseur 4004 Intel, **micro-ordinateur, premier mail @**

1980 : microcontrôleur 8 bits *Microélectronique CMOS …*

1980 : premier calculateur **IBM** installé au CNUC-CINES (5.10^6 instructions/s)

1981 : Personal Computer PC 5150 d'IBM

1982 : Minitel, ***« Médium Interactif par Numérisation d'Information Téléphonique »***

1984 : Mactintosh (Apple)

1989 : Internet, World Wide Web

1990 : microcontrôleur 32 bits

1992 : premier Short Message Service (SMS)

1999 : internet des objets (IoT)

2007 : iphone (Apple)

Informatique :
- Machines
- Algorithmes
- Langages, programmes
- Informations, données
- HPC, calcul intensif
- Cloud, Data Centers
- IA

2022 : ChatGPT (IA générative)

2023 : Supercalculateur ADASTRA au CINES (75 pétaflops)

2024 : 100 milliards de transistors sur une puce, MP-SoC, CPU, GPU

2024 : Supercalculateur El Capitan (2 exaflops soit 10^{18} instructions/s)

2035 ? 2042 ? 2049 ? 2060 ? 2070 ?

CONVERGENCES Sciences & Technologies

matériel et immatériel

Sciences

Mathématiques
Algorithmes
Informatique
…

11010001

Convergence Informatique & communications

TSI
Réseaux
Internet, Web
Cloud

Technologies

Electronique
Microélectronique
Physique
Chimie
…

IA

Données

USAGES

Internet, logiciels, objets connectés, cloud …

Le monde numérique

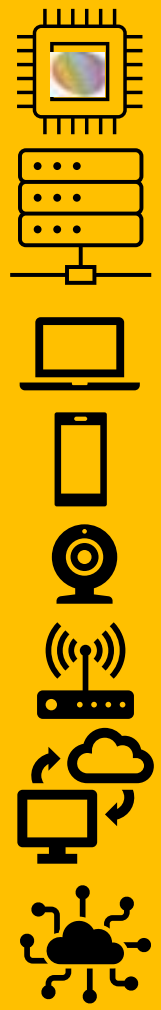
- ✓ **Visible, invisible, embarqué …**
- ✓ **infrastructures nécessaires ?**

- ✓ **Usages :** (télé)-Travailler, Calculer, Commercer, Informer, Former, Communiquer, Partager…
- ✓ **Usages :** se divertir …

- ✓ **Domination $**
- ✓ **Impacts**
- ✓ **Régulations ?**

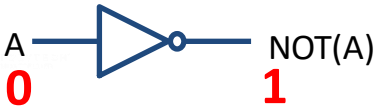
Peut-on se passer aujourd'hui du numérique ?

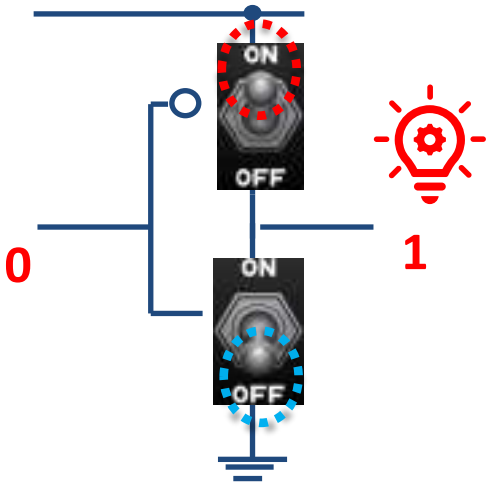
Nano 10^{-9}

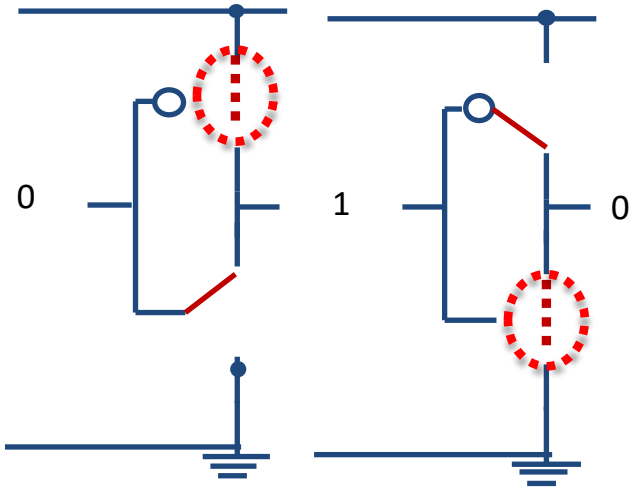


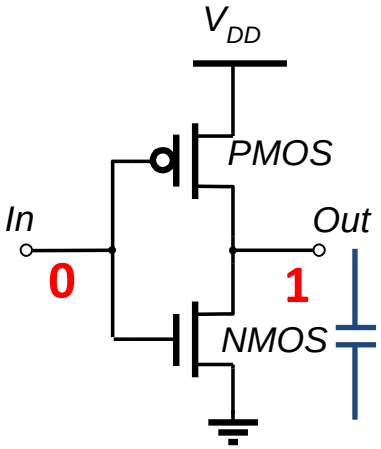
Téra 10^{12}
Péta 10^{15}
Exa 10^{18}
Zetta 10^{21}

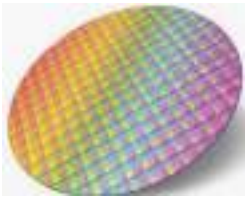
Portes logiques

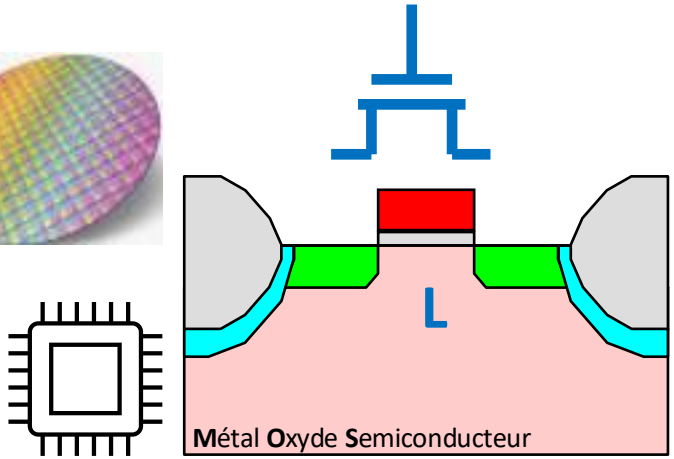


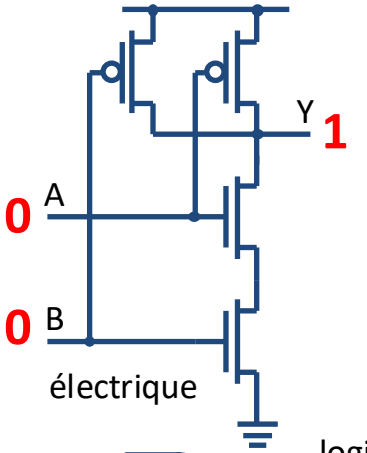








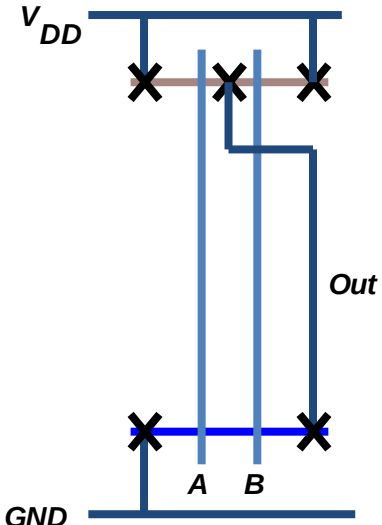




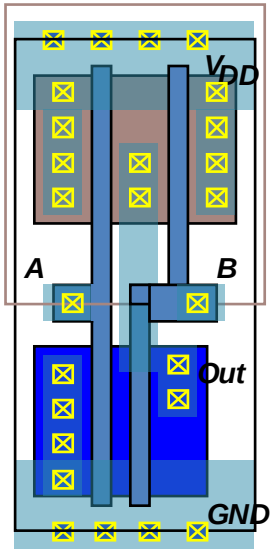
électrique

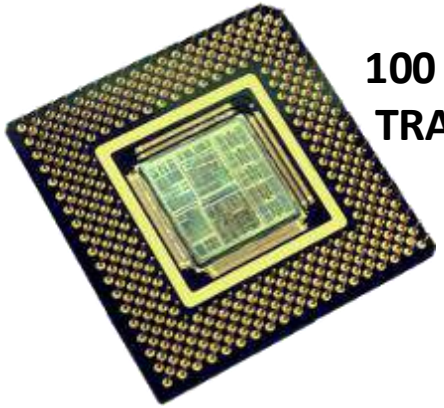
logique

NOT(A OR B)



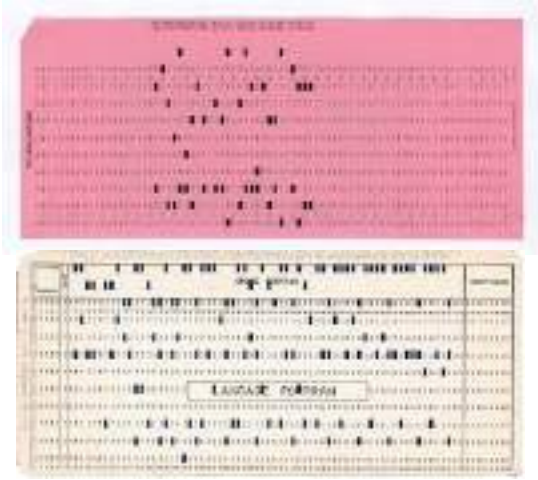
topologique

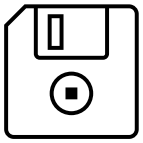


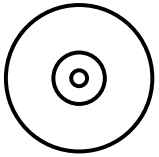


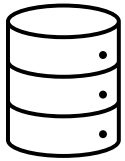
100 MILLIARDS TRANSISTORS

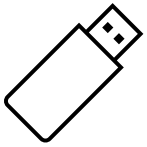
Obsolescence et préservation numérique à long terme

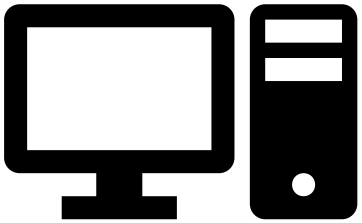


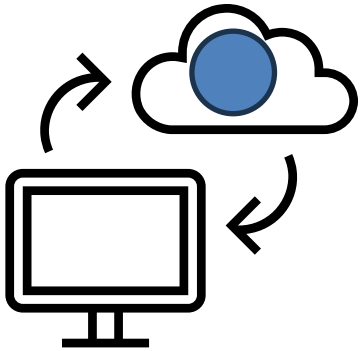












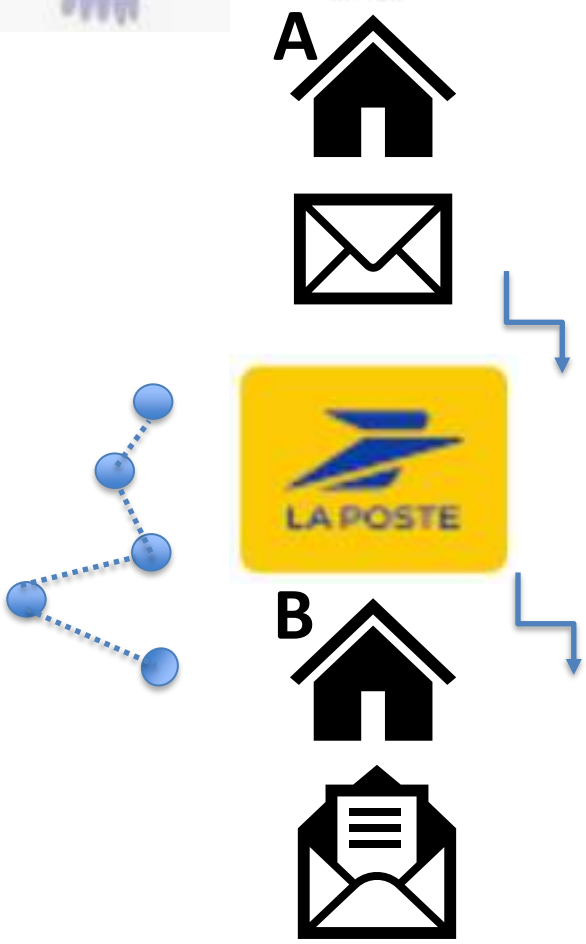
Michel ROBERT

TECHNOLOGIES & EVOLUTIONS DES USAGES

communiquer

Peut-on se passer aujourd'hui du numérique ?

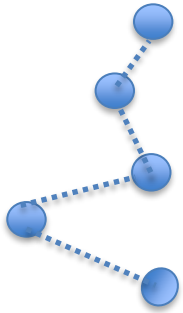
TECHNOLOGIES & EVOLUTIONS DES USAGES

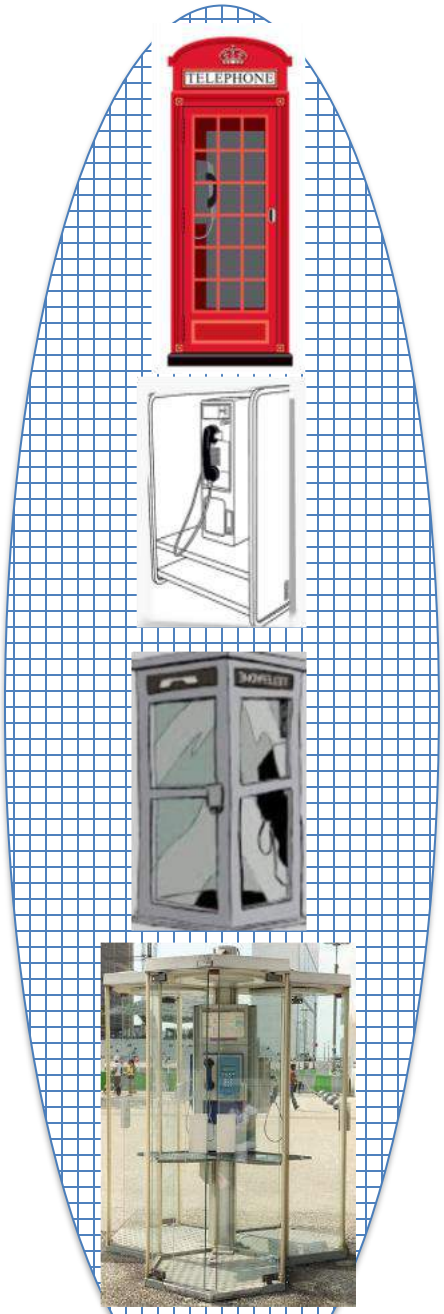


communiquer

mutualiser

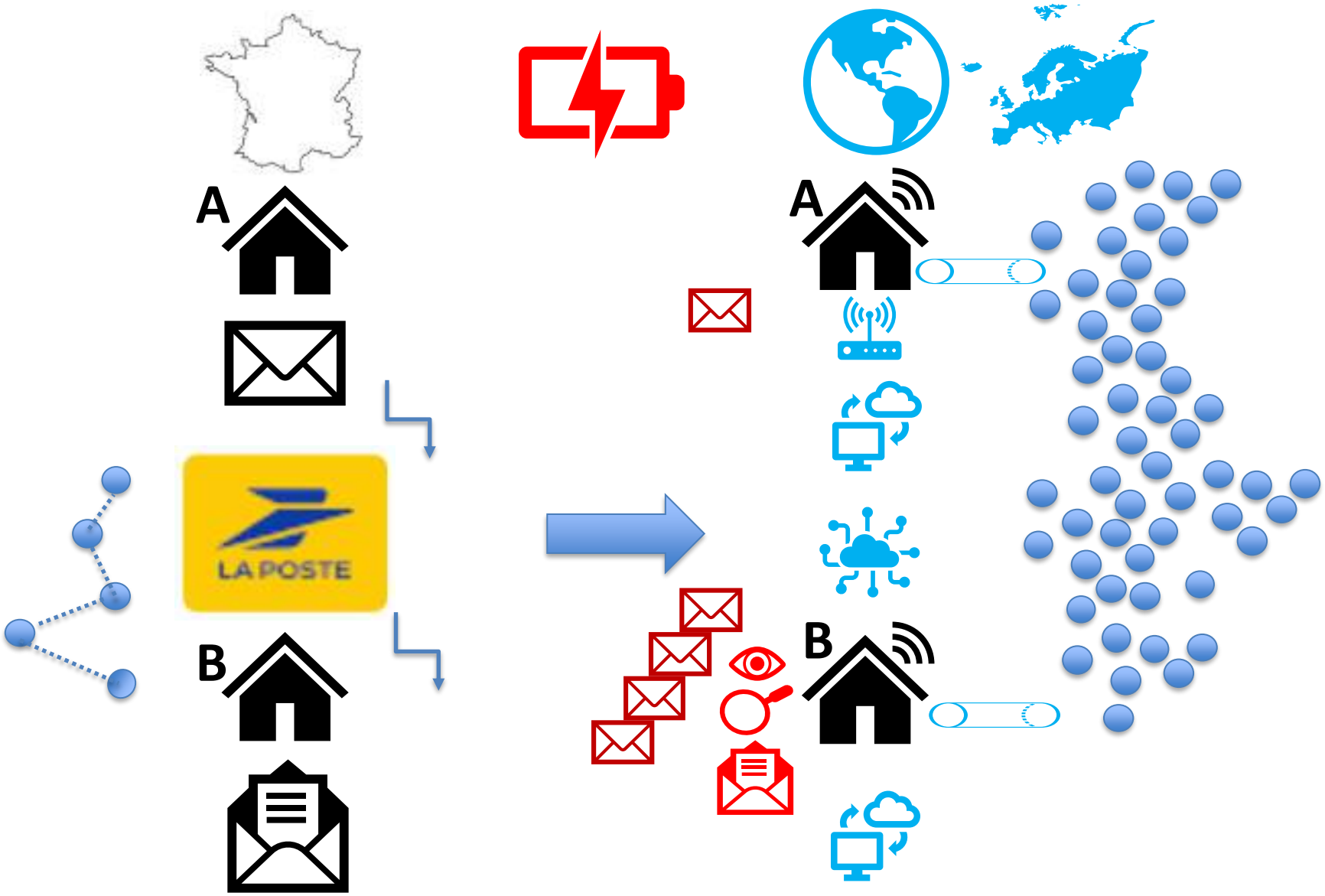
TECHNOLOGIES & EVOLUTIONS DES USAGES

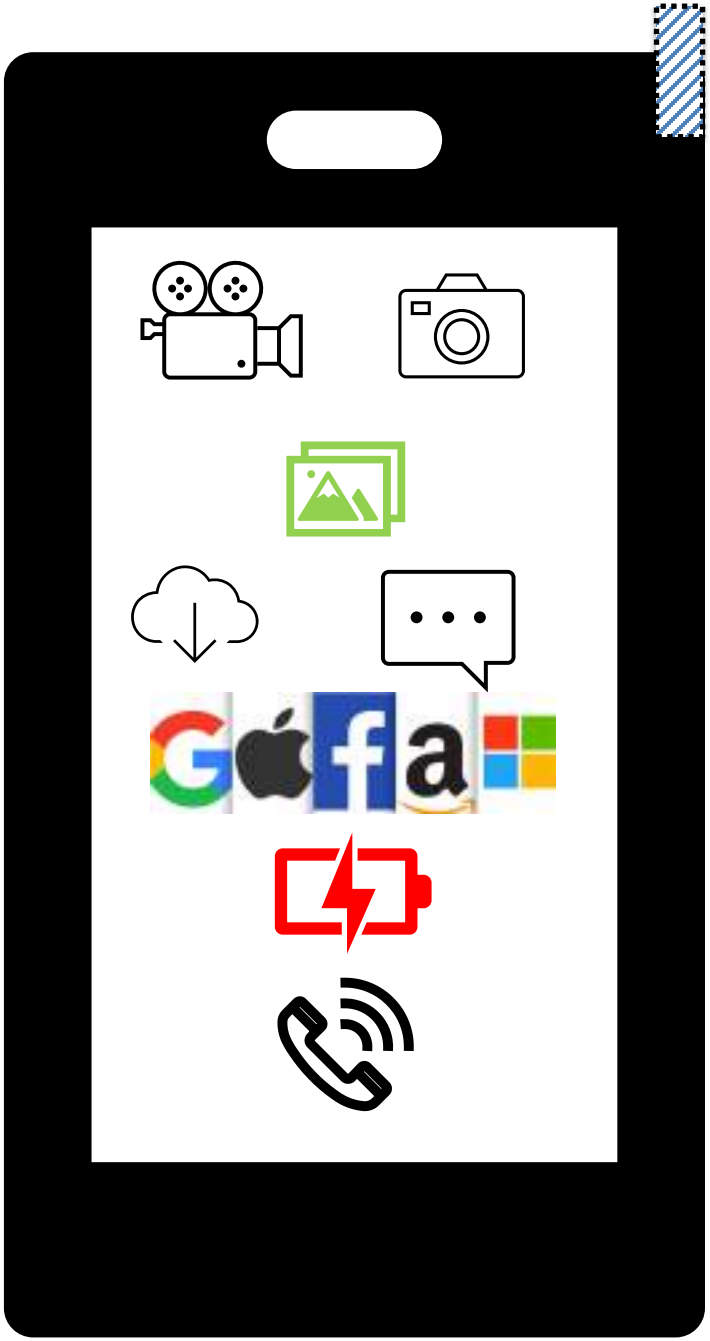


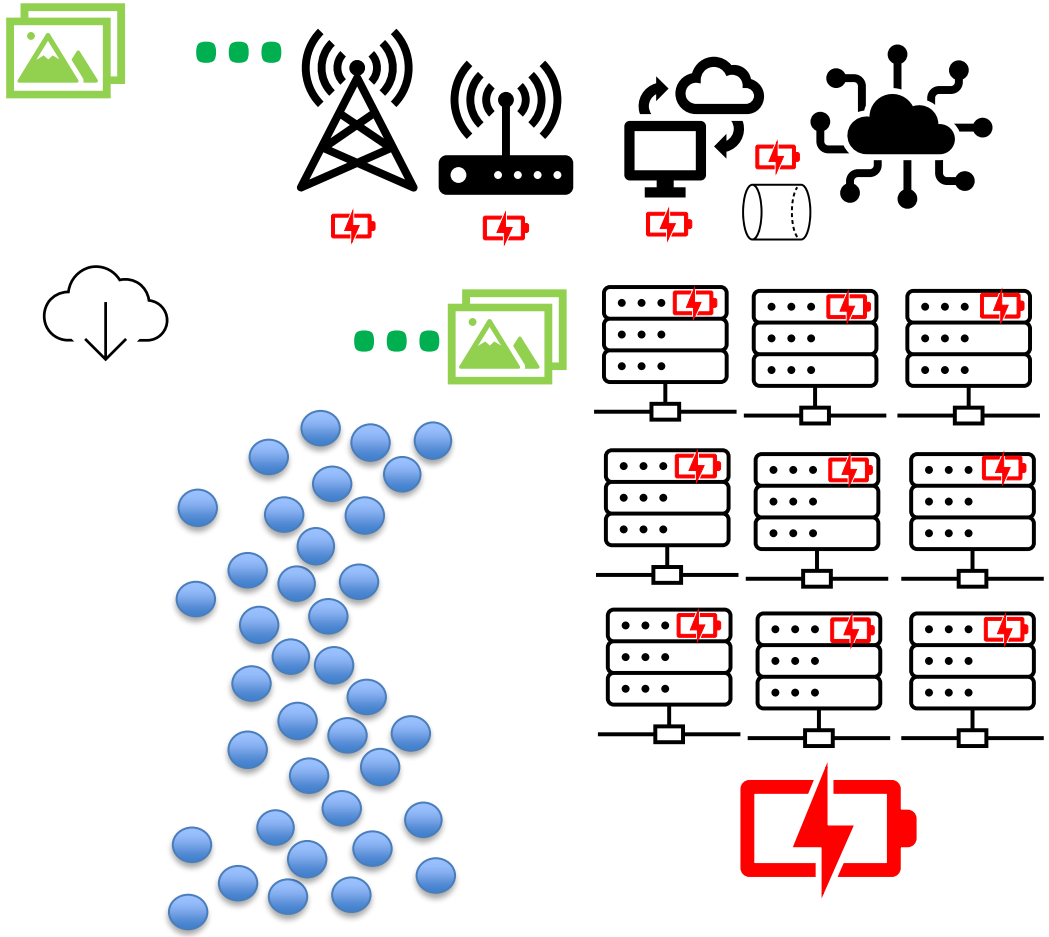


Mutualiser !

TECHNOLOGIES & USAGES : communiquer



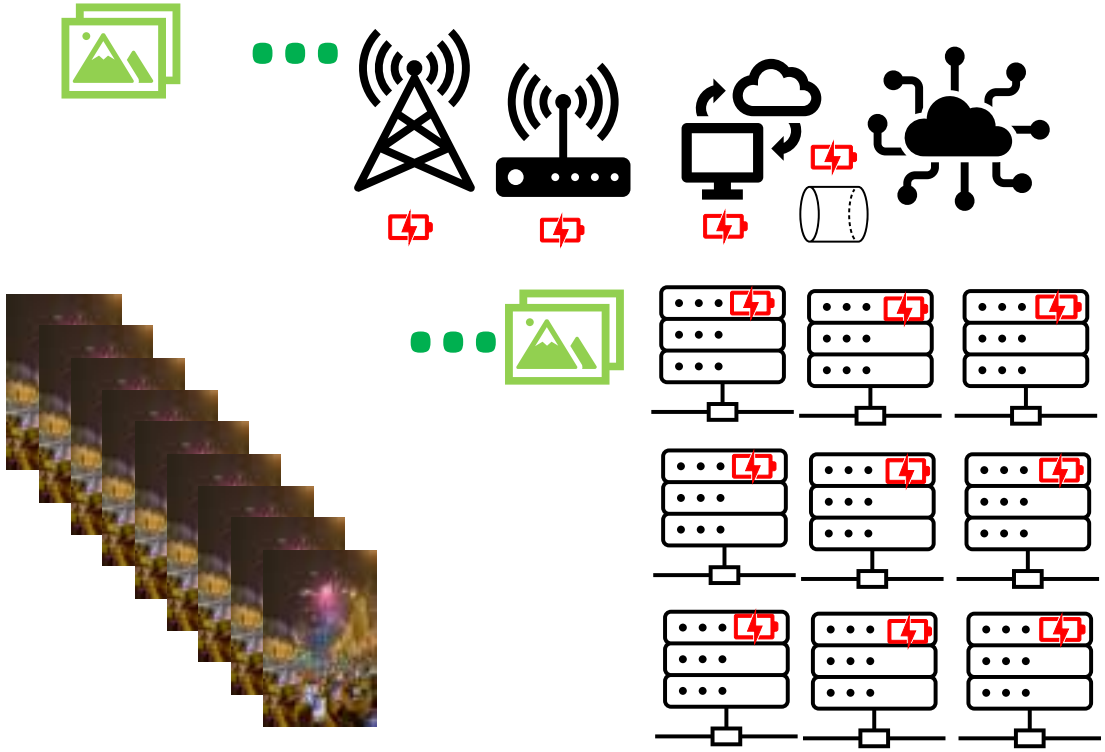




smartphone : 200 g

- Ressources ; 200 kg
- Around sixty elements from the periodic table
- 8 billion smartphones! (source: Statista)

L'ILLUSION DE LA DÉMATÉRIALISATION



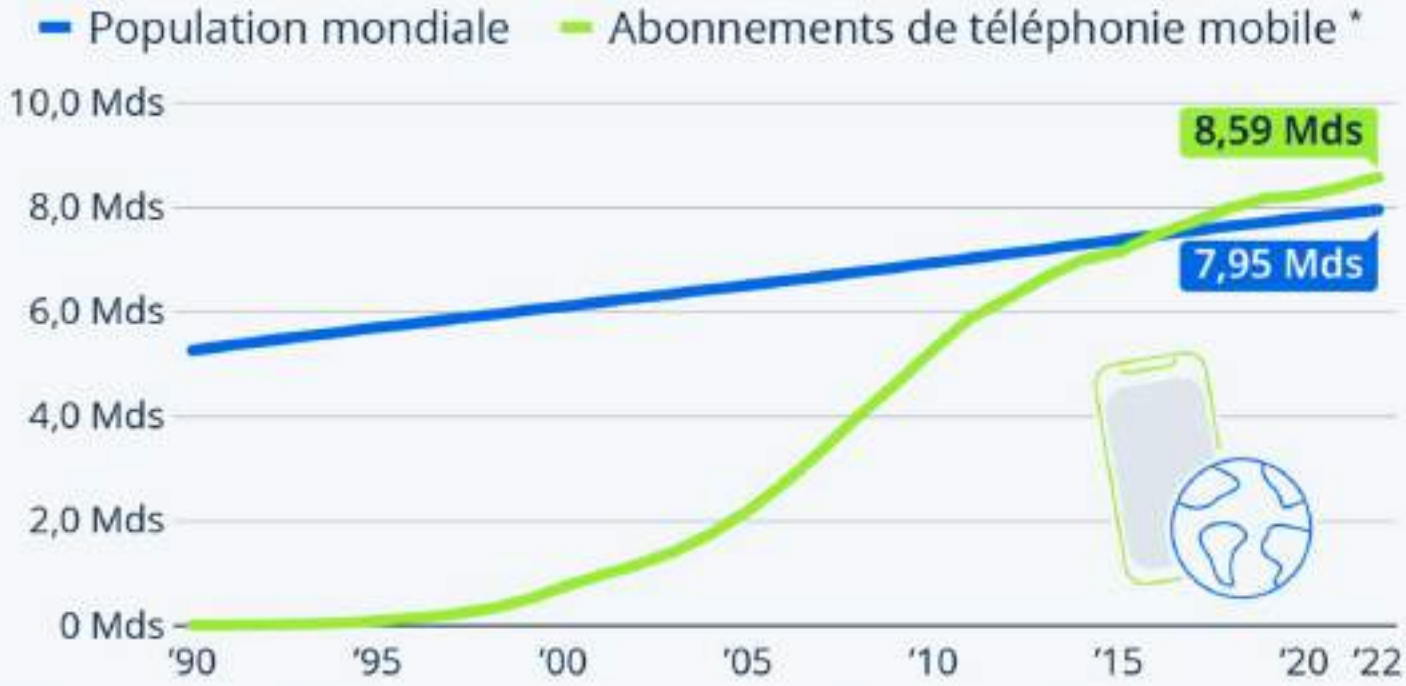
`

- Nombre d'Objets = NO
- Nombre Personnes = NP
- énergie nécessaire = E
- Ressources = R

Impacts = f (NO, NP, $E_{fabrication}$, E_{usage} , R)

Plus de téléphones portables que d'humains sur Terre

Nombre estimé d'abonnements à la téléphonie mobile comparé à la population mondiale

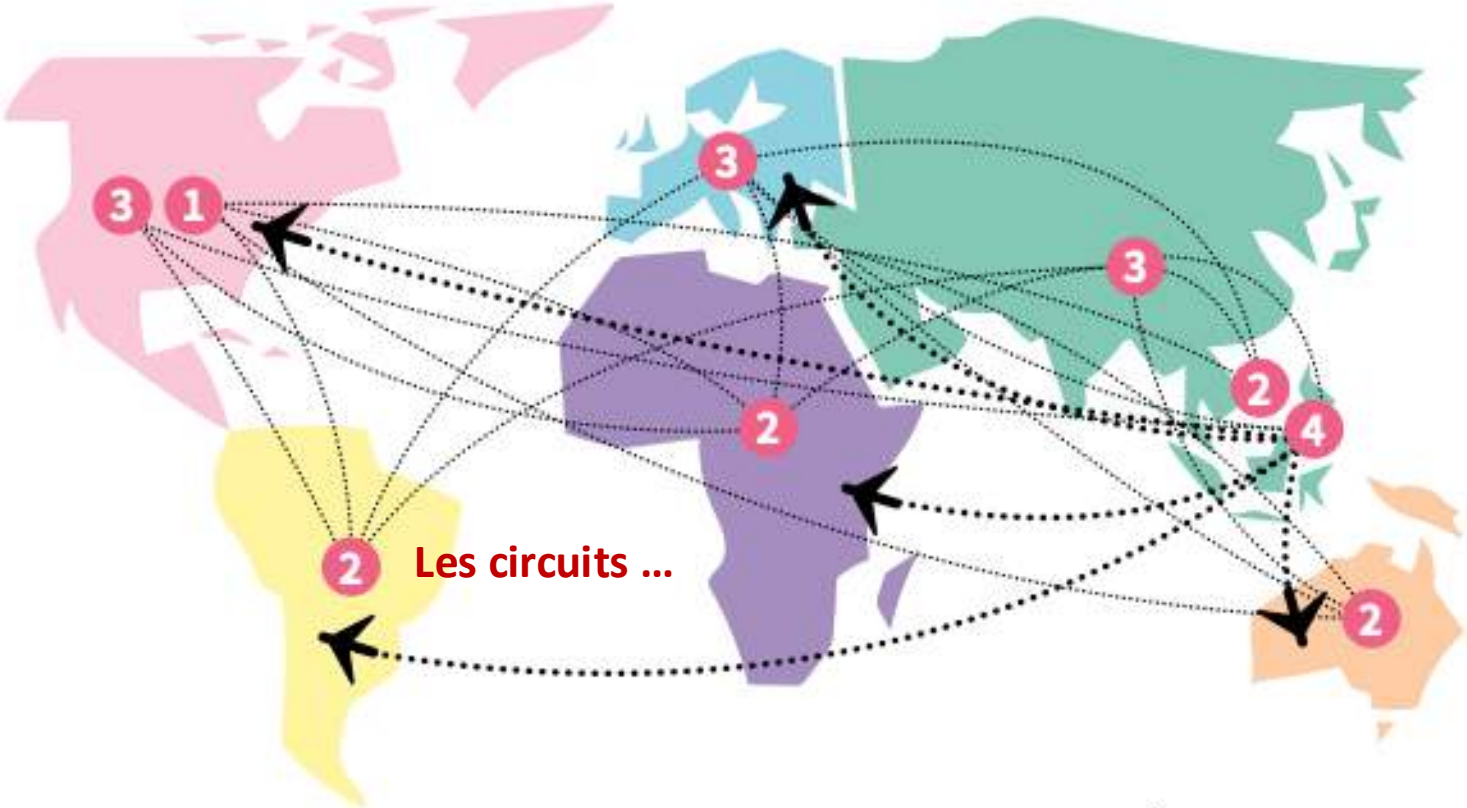


* Comprend les forfaits postpayés et prépayés actifs offrant des communications vocales ; hors abonnements via cartes de données ou modems USB, services de radiomessagerie et télémétrie.

Sources : UIT, Banque mondiale, Division de la population des Nations unies

statista

QUATRE TOURS DU MONDE POUR FABRIQUER UN SMARTPHONE



1. **Conception** le plus souvent aux États-Unis

2. **Extraction et transformation des matières premières** en Asie du Sud-Est, en Australie, en Afrique centrale et en Amérique du Sud

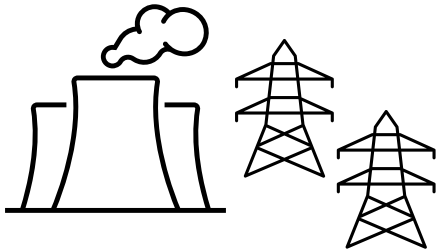
3. **Fabrication des principaux composants** en Asie, aux États-Unis et en Europe

4. **Assemblage** en Asie du Sud-Est

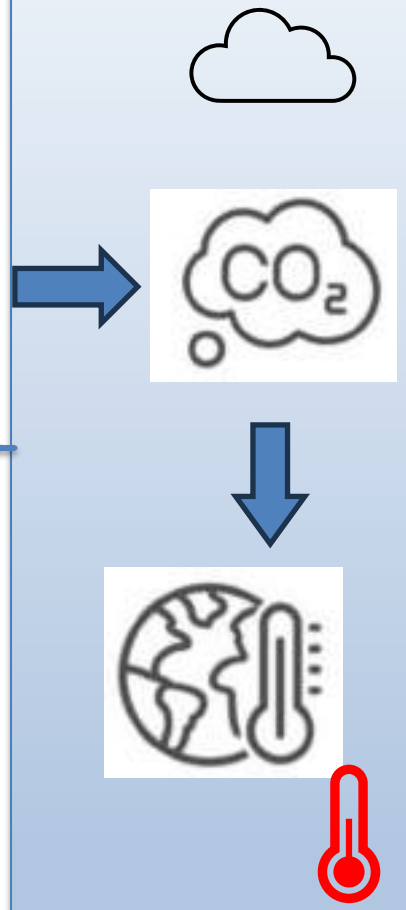
Distribution vers le reste du monde, souvent en avion.

Empreinte du numérique

- **BESOINS**
  - ✓ ***RESSOURCES***
  - ✓ ***ENERGIE***



- **IMPACTS**
  - ✓ ***FABRICATION***
  - ✓ ***UTILISATION***
  - ✓ ***FIN DE VIE***



ETHIQUE

Michel ROBERT

Les nouveaux enjeux du monde numérique : *data centers et IA*

1. **Sciences & techniques**
   - Histoire des Sciences et techniques et émergence du monde numérique
   - De l'écriture, aux révolutions (industrielle, électrique, numérique)
   - Convergences scientifiques et technologiques et objets du numérique
   - Le monde numérique aujourd'hui
2. **IA**
3. **Data centers : le revers énergétique du numérique**
4. **IA & Data centers**
5. **Les impacts du numérique**
   - Energie & Ressources
   - Enjeux sociétaux
6. **Des impacts aux usages**
7. **Vers un numérique plus responsable : agir !**

Société numérique

Ressources

Énergies

Technologies

Applications

Sciences de l'ingénieur

Sciences humaines et sociales

usages

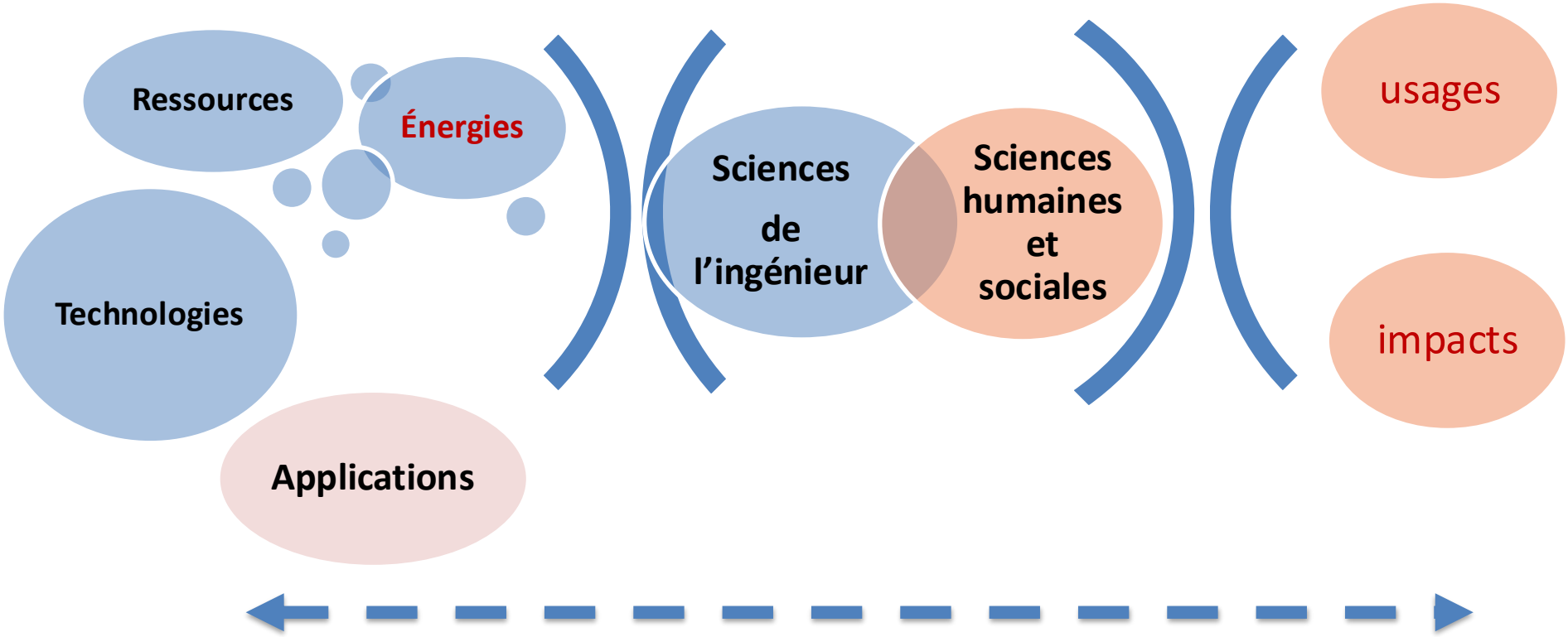
impacts

Société numérique

BIENS COMMUNS ?

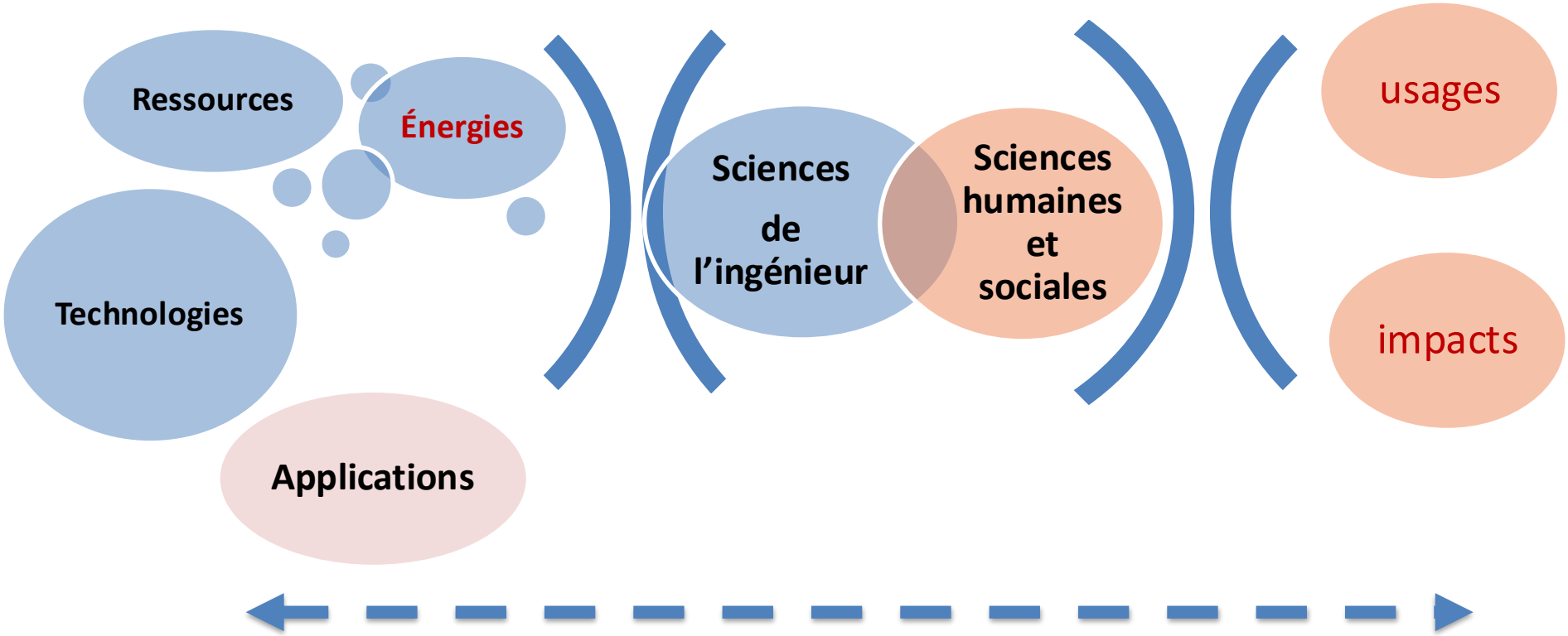
A QUELLE ECHELLE ?

VALEURS ?



Société numérique: **complexité**

Le monde numérique n'est pas immatériel, son développement doit se faire avec conscience, et responsabilité, en comprenant que les usages ont des ***effets complexes et interdépendants*** *sur* la société, l'environnement, les générations futures



Société numérique

Progrès

IMPACTS HUMAIN

EDUCATION

Libertés ?

Loisirs

Gestion du Temps

INFORMATION

Egalités ?

Local & Global

Robustesse

Dépendances

Asservissements

Exploitation

Données

Calculs

PERFORMANCES ?

REGULATIONS

Violences

usages

Ressources

Énergies

Sciences de l'ingénieur

Sciences humaines et sociales

Utile

Futile

Technologies

Impacts

Applications

Economie

Effet rebond

Recyclage

Pollutions

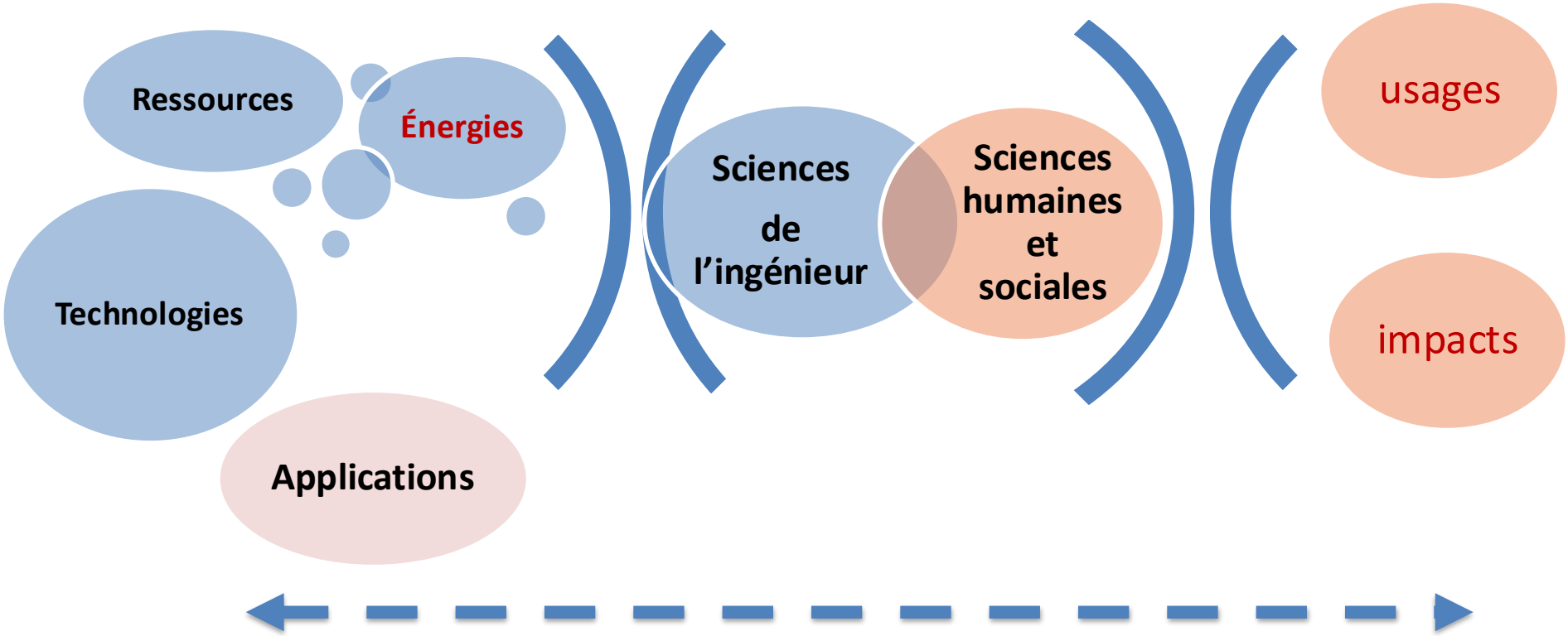
Planète

IMPACTS Environnement

Climat

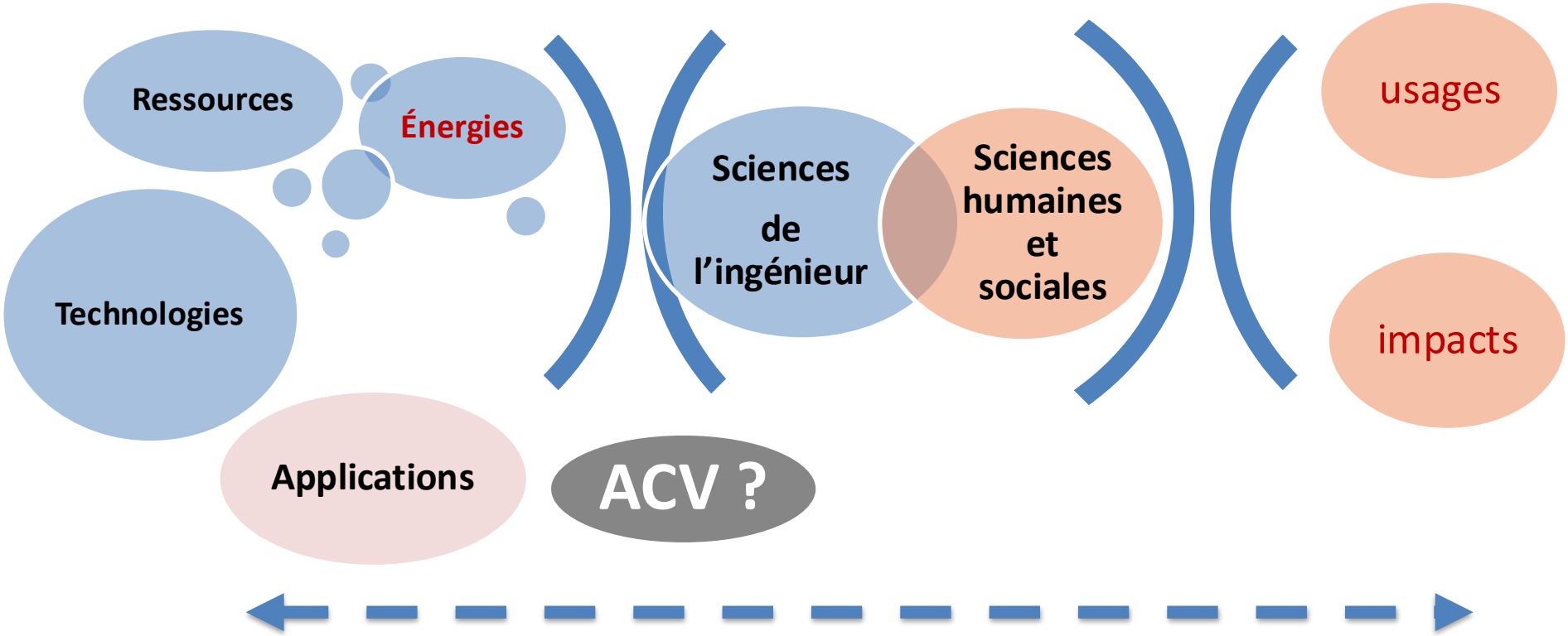
Société numérique: complexité

Le monde numérique n'est pas immatériel, son développement doit se faire avec conscience, et responsabilité, en comprenant que les usages ont des ***effets complexes et interdépendants*** *sur* la société, l'environnement, les générations futures



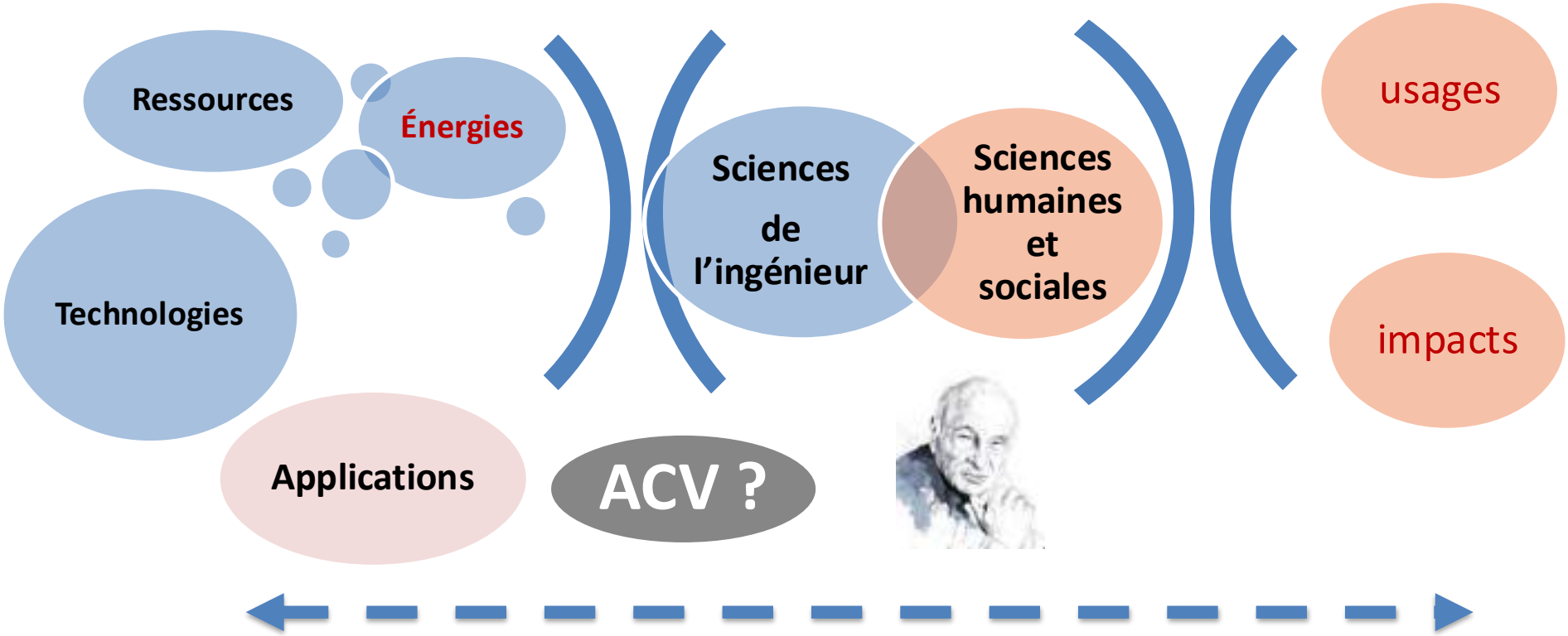
Société numérique: complexité

Le monde numérique n'est pas immatériel, son développement doit se faire avec conscience, et responsabilité, en comprenant que les usages ont des ***effets complexes et interdépendants*** *sur* la société, l'environnement, les générations futures



Société numérique: complexité

Le monde numérique n'est pas immatériel, son développement doit se faire avec conscience, et responsabilité, en comprenant que les usages ont des ***effets complexes et interdépendants*** *sur* la société, l'environnement, les générations futures



REGULATION

- **General Data Protection Regulation**

Règlement général de protection des données (RGPD)

Texte réglementaire européen (2018) qui encadre le traitement des données de manière égalitaire sur tout le territoire de l'Union européenne (UE). Il s'inscrit dans la continuité de la loi française « Informatique et Libertés » de 1978, modifiée par la loi du 20 juin 2018 *relative à la protection des données personnelles, établissant des règles sur la collecte et l'utilisation des données sur le territoire français. Il a été conçu pour renforcer les droits des personnes et responsabiliser les acteurs traitant des données.*

- **Law of February 10, 2020: Anti-Waste for a Circular Economy**

Loi n° 2020-105 du 10 février 2020 : **Anti-Gaspillage pour une Economie Circulaire (AGEC),** pour accélérer le changement de modèle de production et de consommation afin de limiter les déchets et préserver les ressources naturelles, la biodiversité et le climat, lutter contre toutes les différentes formes de gaspillage et transformer notre économie linéaire (produire, consommer, jeter), en une économie circulaire.

- **Law No. 2021-1485 of November 15, 2021, aimed at reducing the environmental footprint of digital technology in France**

Loi n° 2021-1485 du 15 novembre 2021 visant à réduire **l'empreinte environnementale du numérique en France**.

- **European Artificial Intelligence Act (2024)** **IA act**

Loi européenne sur l'intelligence artificielle (2024): tout premier cadre juridique en matière d'IA, qui traite des risques liés à l'IA et positionne l'Europe pour qu'elle joue un rôle de premier plan à l'échelle mondiale.

Discours du Président du gouvernement espagnol Pedro Sanchez contre le « FAR WEST NUMÉRIQUE »

À Dubaï, l'Espagne s'est jointe à cinq autres pays européens dans le cadre d'une ***coalition des volontaires sur le numérique****, engagée à appliquer une réglementation plus stricte, plus rapide et plus efficace des plateformes de réseaux sociaux.*

On nous avait dit que les réseaux sociaux deviendraient un outil de compréhension et de coopération mondiales. Un vecteur de liberté, de transparence et de responsabilité. Un espace où les flux et les algorithmes contribueraient à améliorer nos sociétés et nos vies.

C'est le contraire qui s'est produit.

- **Les réseaux sociaux sont devenus un État failli.**
- **Un lieu où les lois sont ignorées et où la criminalité est tolérée.**
- **Où la désinformation vaut plus que la vérité et où la moitié des utilisateurs sont victimes de discours haineux.**
- **Un État failli où les algorithmes faussent le débat public et où nos données et nos images sont piratées et vendues.**

https://legrandcontinent.eu/fr/2026/02/04/la-coalition-de-pedro-sanchez-contre-le-far-west-numerique-discours-integral/

Discours du Président du gouvernement espagnol Pedro Sanchez contre le « FAR WEST NUMÉRIQUE »

Mon gouvernement mettra en œuvre les mesures suivantes :

- **Nous modifierons la législation espagnole afin que les dirigeants des plateformes soient légalement responsables** des nombreuses infractions commises sur leurs sites Internet.

- **Nous ferons de la manipulation algorithmique et de l'amplification de contenus illégaux un délit.** La désinformation n'apparaît pas toute seule comme par magie. Elle est créée, promue et diffusée par certains acteurs. Nous les poursuivrons — ainsi que les plateformes dont les algorithmes amplifient cette désinformation à des fins lucratives. Assez de prétendre que la technologie est neutre.

- Nous mettrons en place un « **indice de la haine et de la polarisation** ».

Un système permettant de suivre, de quantifier et d'exposer la manière dont les plateformes numériques alimentent la division et amplifient la haine.

- **L'Espagne interdira l'accès aux réseaux sociaux aux moins de 16 ans.**

Les plateformes seront tenues de mettre en place des systèmes efficaces de vérification de l'âge, non seulement des cases à cocher, mais des barrières réelles qui fonctionnent.

- Enfin, mon gouvernement collaborera avec le bureau du procureur pour enquêter et poursuivre les infractions commises par Grok, TikTok et Instagram.

Nous appliquerons une **tolérance zéro en la matière**. Et nous défendrons notre **souveraineté numérique** contre toute forme de coercition étrangère.

Les nouveaux enjeux du monde numérique : *data centers et IA*

1. **Sciences & techniques**
   - Histoire des Sciences et techniques et émergence du monde numérique
   - De l'écriture, aux révolutions (industrielle, électrique, numérique)
   - Convergences scientifiques et technologiques et objets du numérique
   - Le monde numérique aujourd'hui
2. **IA**
3. **Data centers : le revers énergétique du numérique**
4. **IA & Data centers**
5. **Les impacts du numérique**
   - Energie & Ressources
   - Enjeux sociétaux
6. **Des impacts aux usages**
7. **Vers un numérique plus responsable : agir !**

Human and machine

- ✓ Imaginaire et tendance humaine à anthropomorphiser les machines, leur attribuer des capacités humaines avec l'idée de supériorité

- ✓ Termes utilisés : « intelligence » « réseaux de neurones artificiels » « apprentissage profond » « modèle de Langage (LLM, SLM) … »

IA : Historique & contexte

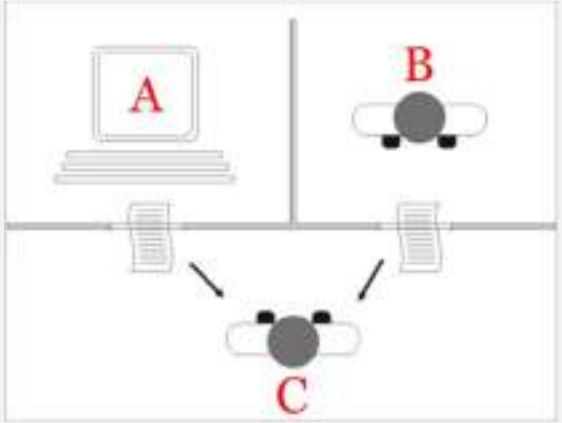
De Turing au perroquet connecté

Hier

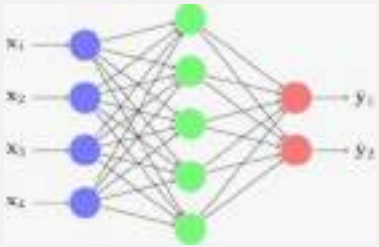
- *Avant la seconde guerre mondiale*
  - Physique : du quantique à la relativité
  - Mathématiques : Alan Turing : « machine »
- *Pendant la seconde guerre mondiale*
  - Alan Turing : cryptage, ordinateur
- *Après la seconde guerre mondiale*
  - Alan Turing, Von Neuman,… : ordinateur
  - Claude Shannon (théorie de l'information)

  - Emergence de l'IA …

✓ **IA : Discipline scientifique** avec plusieurs courants qui a conduit aux outils technologiques actuels pour des applications de **reconnaissance, prédiction ou génération**



«**Can machines think**?»
« Computing Machinery and Intelligence" Alan Turing 1950, Mind, « Turing test »



Aujourd'hui

IA : Historique & contexte

De Turing au perroquet connecté

Perroquet connecté

- De l'IA aux IA**g** *(**g**énératives de … textes, sons, images, vidéos…)*

- Des moyens disproportionnés
  - *GAFAM* (Google, Amazon, Facebook, Apple, Microsoft) *+ Oracle + OpenAI + NVDIA + … =* ***$$$$$***
  - *Des besoins inédits en ressources, calcul (GPU), énergie*

- Un <u>manque de recul</u> sur les <u>usages</u> et les <u>impacts</u> des IAg

EMOTION RAISON REGULATION INTERDICTION

- Impacts sur l'éducation ?

Intelligence artificielle (IA)

Exemples :

création de contenus, assistants vocaux, systèmes embarqués de reconnaissance, analyse d'imagerie médicale, systèmes de prédiction (publicité ciblée, météo,…),

- Un système d'IA intégré dans un véhicule autonome prend des décisions pour la navigation du véhicule, *sans impliquer l'utilisateur*, basées sur des reconnaissances de panneaux, des prédictions de trajectoires

Les IA génératives

- génèrent une **réponse** à une **requête** (prompt)
- en créant de nouveaux contenus après un **entrainement** nourri par un ensemble de **données préexistantes** s'appuyant sur des algorithmes et calculs mathématiques
- par exemple pour aligner des mots d'un texte (ex. : ChatGPT), ou construire des images (ex. : Midjourney, Gemini)…

Intelligence artificielle (IA) : principes

- **Phase 1 : <u>Entraînement, apprentissage</u>**

  - automatique (**machine learning**) : **non supervisé, supervisé**

  - par **renforcement :** bons et mauvais comportements déterminés par des humains

  - ***Deep learning*** **= apprentissage supervisé,** s'appuyant sur des **réseaux de neurones**

- **Phase 2 : <u>inférences, requêtes « prompt »</u>**

➢ Traitement de données inédites

➢ Exemple : ChatGPT, agent conversationnel

« Transformer Génératif Pré-entraîné (GPT) »

réseaux de neurones artificiels avec des milliards de paramètres

➢ Le fonctionnement des modèles d'IA générative diffère du **raisonnement humain** :

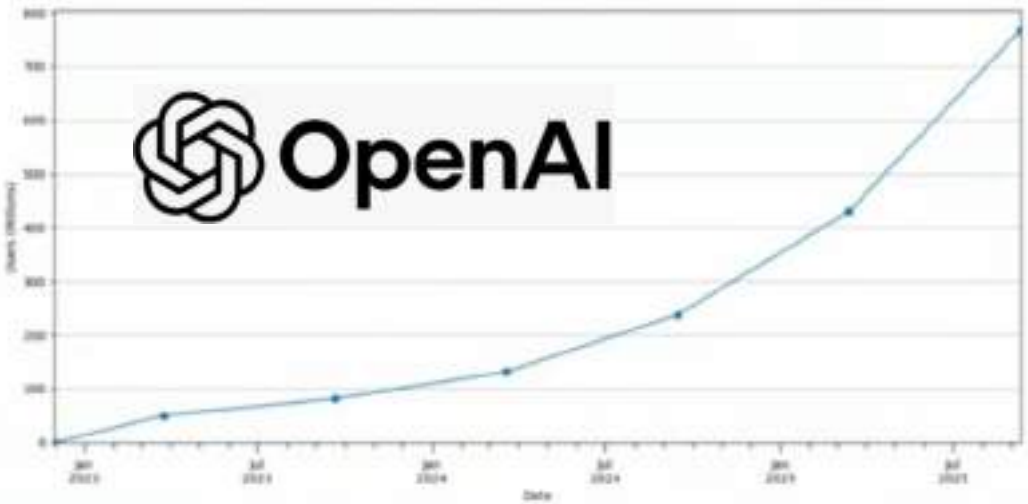
- *Assistants répondant à des* ***requêtes***
- *Alignement de mots par des calculs de* ***probabilités****.*
- *Modèles probabilistes qui ne génèrent* ***pas de sens***

Historique & contexte : IAg

- Contrairement aux grands instruments, des outils similaires pour les usages utiles à commencer par la recherche scientifique et des usages publics futiles et énergivores

- Un manque de transparence sur les enjeux éthiques et énergétiques (empreinte d'un « prompt » ?

- Une vitesse de déploiement sans précédent



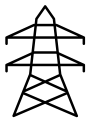
Utilisateurs actifs hebdomadaires de ChatGPT (photographie tous les 6 mois), novembre 2022, septembre 2025
Source : « How people use ChatGPT », OpenAI, 2025

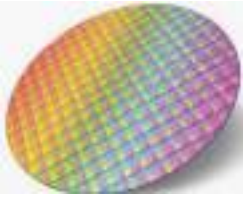
L'adoption de l'IA générative a été fulgurante :

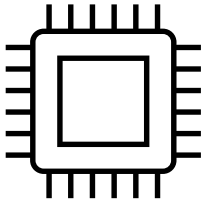
- 1 million d'utilisateurs inscrits sur ChatGPT en 5 jours
- 100 millions d'utilisateurs hebdomadaires au bout d'un an
- Aujourd'hui, ce chiffre serait de plus de 700 millions

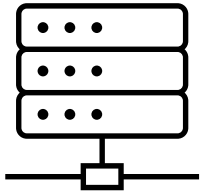
THE SHIFT PROJECT

Les ingrédients de l'IA : énergie, données, algorithmes

- **Energie** 
- **Ressources matérielles**
  - *circuits intégrés*
    - ✓ processeurs (CPU, GPU) de calcul
    - ✓ mémoires
  - *calculateurs et supercalculateurs*
  - ***data centers**, réseaux de communication*
- **Logiciels** *Informatique*
  - ✓ ***Algorithmes** = suite d'étapes (instructions) permettant d'obtenir un résultat à partir d'informations fournies en entrée*
- **Information**
  - ✓ ***Données* =** mesure d'une grandeur physique, textes, images, sons, données personnelles, …
  - ✓ *Sans données, pas d'IA*
- **Applications et usages**







Usages sobres de l'IA dans la société : frugalité et sobriété

Obésité et qualité de la « nourriture » (données)

- **Interrogations actuelles**

  - ✓ *Taille des modèles (*(LLM générique ou SML spécialisé) ?
  - ✓ *Capacités de calcul nécessaires ?*
  - ✓ *Précision des calculs nécessaires (FP 64 à 4) ?*
  - ✓ *Matériel : choix des processeurs et des partitions* (apprentissage, inférences)
  - ✓ Consommation énergétique, et impact CO_2 ?

- **Les IA génératives ajoutent de nouvelles couches d'usages et de besoins**

  - ✓ *Nouvelles architectures, capacités de traitement et de stockage*
    Nouveaux terminaux pour pouvoir rendre des services d'IA locaux
  - ✓ *Nouveaux services, effets d'obsolescence, effets rebonds …*

Intelligence artificielle (IA) : quelques enjeux

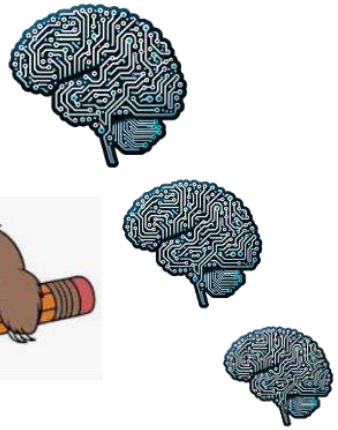
- **Réglementation** : garantir une utilisation éthique, explicable et sécurisée de l'IA en protégeant les données sensibles

- **Confiance : l**es IA génératives ne sont pas une source de données fiable. Les ensembles de données d'entrainement sont des corpus qui peuvent contenir des biais (sociaux, culturels …) conduisant à des résultats orientés

- **Paresse** : les IA génératives sont des outils accompagnant l'apprentissage humain et les nécessaires efforts intellectuels : analyse, esprit critique, …
- **Impacts sur l'éducation** : RE-APPRENDRE à APPRENDRE …

- **Responsabilité** et **transparence** : mesurer les impacts, inciter à choisir des modèles plus efficaces, des sources d'énergie véritablement renouvelables

AI INSIDE



L'homme moderne a les sens obtus, il supporte le bruit que vous savez, il supporte les odeurs nauséabondes, les éclairages violents et follement intenses ou contrastés ; il est soumis à une trépidation perpétuelle ; il a besoin d'excitants brutaux, de sons stridents, de boissons infernales, d'émotions brèves et bestiales.

Il supporte l'incohérence, il vit dans le désordre mental. D'autre part, ce travail de l'esprit auquel nous devons tout nous est parfois devenu trop facile. Le **travail mental** coordonné est muni aujourd'hui de moyens très puissants qui le rendent plus aisé, parfois au point de le supprimer. On a créé des symboles, **il existe des machines qui dispensent de l'attention, qui dispensent du travail patient et difficile de l'esprit** ; **plus nous irons, plus les méthodes de symbolisation et de graphie rapide se multiplieront. Elles tendent à supprimer l'effort de raisonner.**

Paul Valéry (1871-1945) *« la politique de l'esprit » 16 novembre* ***1932***, *Variété I*, NRF, 1934

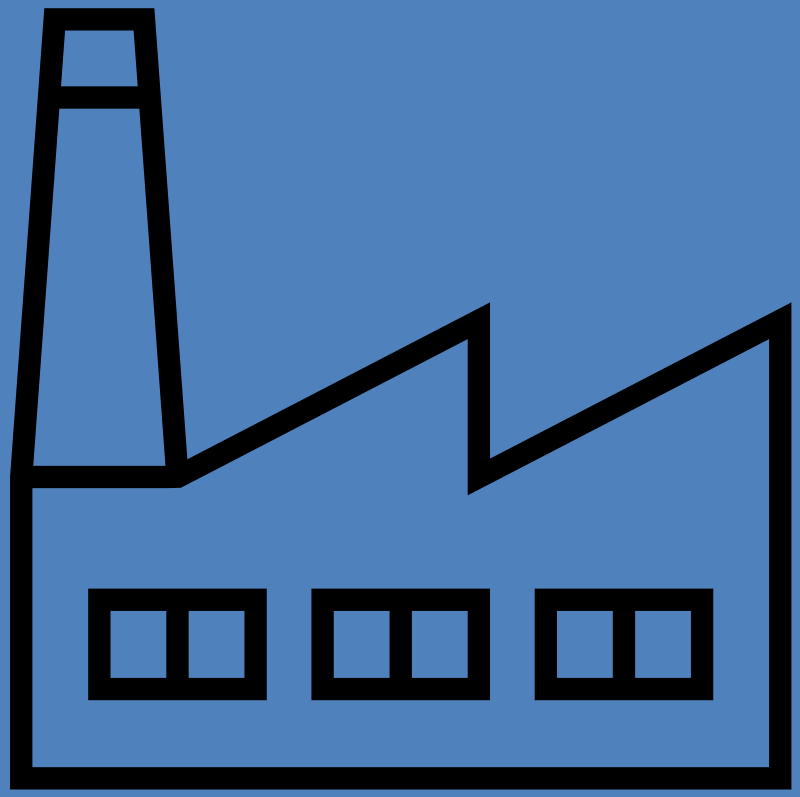
L'homme moderne a les sens obtus, il supporte le bruit que vous savez, il supporte les odeurs nauséabondes, les éclairages violents et follement intenses ou contrastés ; il est soumis à une trépidation perpétuelle ; il a besoin d'excitants brutaux, de sons stridents, de boissons infernales, d'émotions brèves et bestiales.

Il supporte l'incohérence, il vit dans le désordre mental. D'autre part, ce travail de l'esprit auquel nous devons tout nous est parfois devenu trop facile. Le **travail mental** coordonné est muni aujourd'hui de moyens très puissants qui le rendent plus aisé, parfois au point de le supprimer. On a créé des symboles, **il existe des machines qui dispensent de l'attention, qui dispensent du travail patient et difficile de l'esprit** ; **plus nous irons, plus les méthodes de symbolisation et de graphie rapide se multiplieront. Elles tendent à supprimer l'effort de raisonner.**

Les nouveaux enjeux du monde numérique : *data centers et IA*

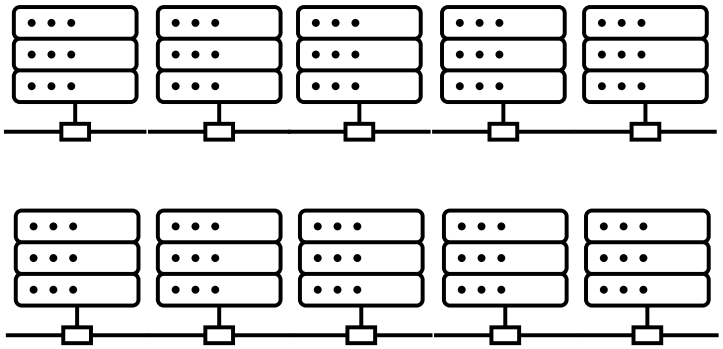
1. **Sciences & techniques**
   - Histoire des Sciences et techniques et émergence du monde numérique
   - De l'écriture, aux révolutions (industrielle, électrique, numérique)
   - Convergences scientifiques et technologiques et objets du numérique
   - Le monde numérique aujourd'hui
2. **IA**
3. **Data centers : le revers énergétique du numérique**
4. **IA & Data centers**
5. **Les impacts du numérique**
   - Energie & Ressources
   - Enjeux sociétaux
6. **Des impacts aux usages**
7. **Vers un numérique plus responsable : agir !**

Data center ?



Regroupement d'infrastructures :
calculateurs, serveurs, baies de stockage, équipements réseaux et télécommunications
…

MUTUALISATION DES EQUIPEMENTS



CENTRALISÉ ou DISTRIBUÉ ?

HEBERGEMENT
RESEAUX
CALCUL
STOCKAGE

ENERGIE
EAU

DATA CENTER

CENTRE DE DONNÉES ET CALCULS

SOUVERAINETÉ
SECURITÉ
SOBRIETÉ

HPC
&
IA

PUBLIC ou PRIVÉ ?

LOCALISATION ? *(France, Europe, …)*

site de l'utilisateur pour son usage, hébergement par un tiers, hébergement et serveurs gérés par un tiers, cloud, edge, hyperscale

CINES = Hébergement de serveurs et de supercalculateurs (MESO & ADASTRA)

Calcul numérique intensif

- **1946** : ENIAC *(Electronic Numeral Integrator and Calculator)*

  Premier calculateur électronique

  1500 relais 17468 tubes électroniques ,

  30 tonnes, 15O KW, 5000 additions par seconde

  Pour 1 W : 0,03 addition/s

- **1980** : calculateur CINES : 5 MIPS (5.10^6)

  > 1000 ENIAC

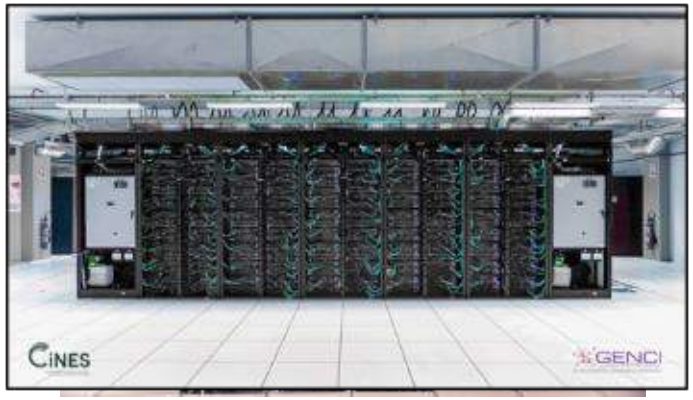
CINES

- **2025** : CINES **ADASTRA** 100 PFlop/s= (10^{17})

  > 20 milliards CINES 1980 !

  Pour 1 W : 70.10^9 opérations/s (FP 64)

  (20 W = 1,4 TéraFlops)

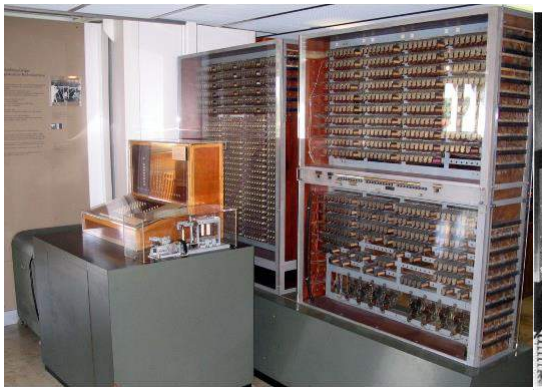
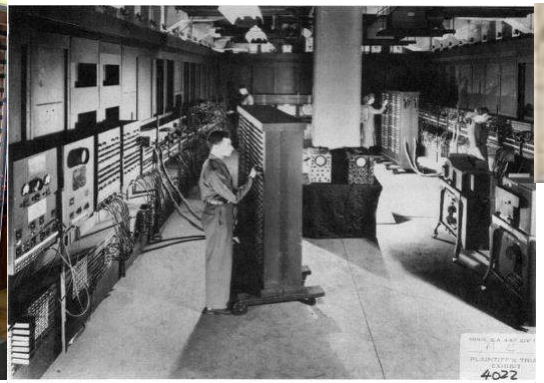
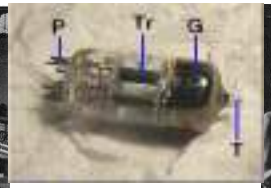


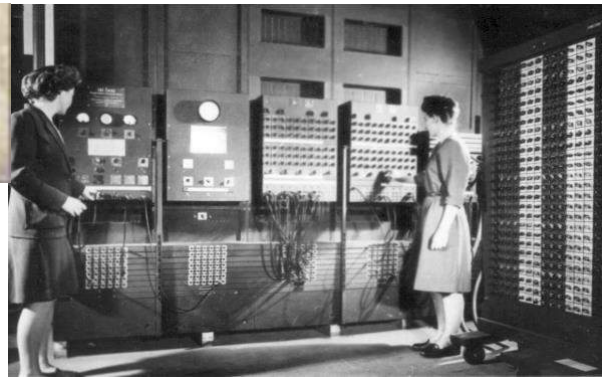
DES CAPACITES PERMETTANT l'ENTRAINEMENT d'IA !

100 milliards de Transistors (# 3 nm)

Les défis du calcul intensif des fondements théoriques aux réalités technologiques

électronique : relais, tubes, transistors



***Unité d'information en Logique binaire Bit** : 0 ou 1*

- **1946** : Top 1 mondial « ENIAC », USA, 1500 relais, 17468 tubes électroniques

5000 additions/seconde P # 150 000 Watts (**150 KW**) 0,03 addition / Watt

1 addition/s # 30 W

➢ *Extrapolation impossible :* *10^{18} additions/secondes = 30. 10^{9} GW ?*

- **Tolérance aux pannes ?**
- Evolution ?

- Transistor : **John Bardeen** Walter Brattain, William Shockley, **prix Nobel 1956**
- Supraconductivité: **John Bardeen,** Leon Neil Cooper et John Robert Schrieffer **Nobel 1972**

Les défis du calcul intensif des fondements théoriques aux réalités technologiques

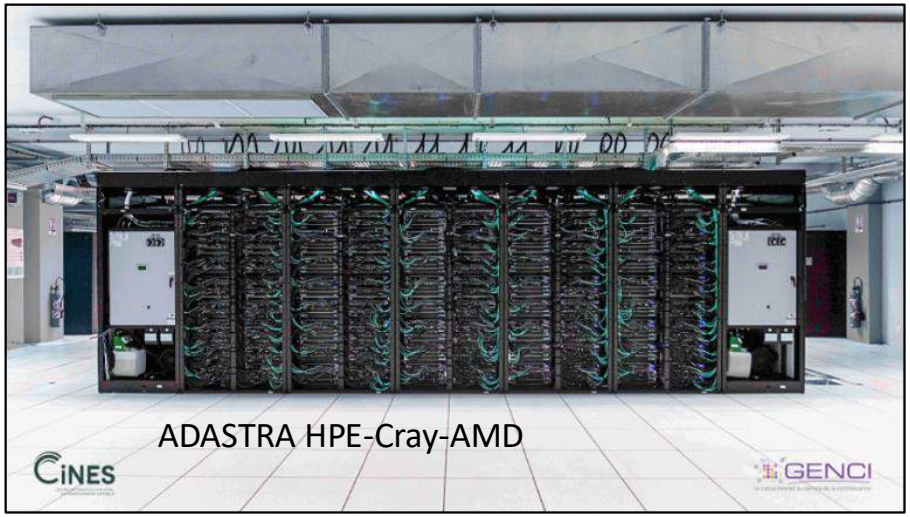
microélectronique : circuits intégrés, systèmes intégrés matériel-logiciel

- **Technologies semiconducteurs, CMOS, L= 2 nm** *= 0,000 000 002 m*

HPC

CPU

GPU



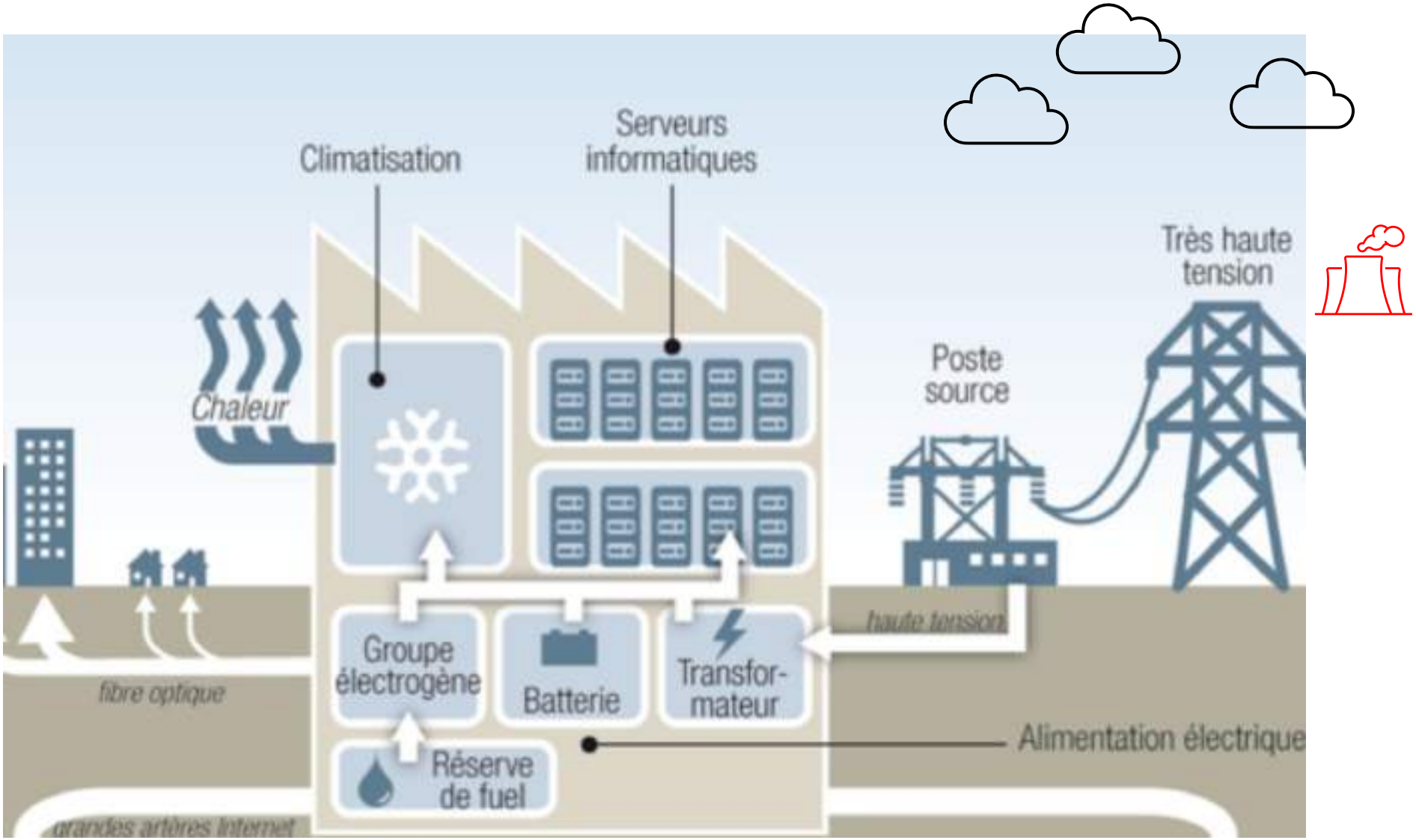
- **2026** : Top 1 mondial « El Capitan », USA, HPE-Cray-AMD 11.10^6 processeurs

 # $2.\ 10^{18}$ opérations/seconde P # **30.10^6 W** # $70.\ 10^9$ opérations/ W

- **2026** : France CINES, 3.10^5 processeurs, # $0{,}1.\ 10^{18}$ opérations/seconde, P # 1,4 MW

- *Six décennies de développements industriels mutualisés dans le monde numérique*
- *Industrie des semiconducteurs : nombre d'acteurs de plus en plus limité*
- *Des salles machines aux* ***DATA CENTERS, …***

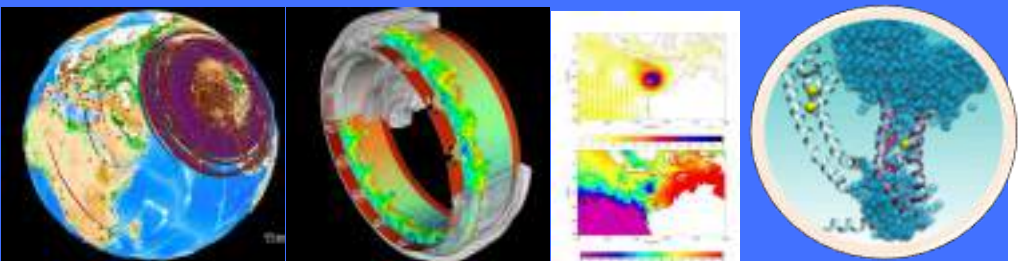
DATA CENTER : mainframe computers, servers, storage arrays, network and telecommunications equipment, etc.



CINES

Centre Informatique National de l'Enseignement supérieur

HPC | Hébergement | Archivage



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

CINES
CENTRE INFORMATIQUE NATIONAL DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

DATA CENTER

- **S**ouveraineté
- **S**obriété
- **S**écurité
- **S**ervice public
- **S**anté, Données, IA

- **Un centre national de calcul intensif depuis 1980 à Montpellier**
- **Le CINES propose des moyens mutualisés exceptionnels à la communauté scientifique**

INFRASTRUCTURES

- 5 salles machines (1500 m²)
- Locaux techniques (2000 m²)

- **2 lignes ERDF (**2,6 MW et 10 MW)
- **Double alimentation ondulée et sécurisée** par groupe électrogène
- **Deux chaines de production de froid**

- **Copies et sauvegardes dans des salles distinctes + copie à distance**
- **Capacités de stockage**
- **Accès réseau performants**

Indicateur d'efficacité énergétique *(PUE, Power Usage Effectiveness)*

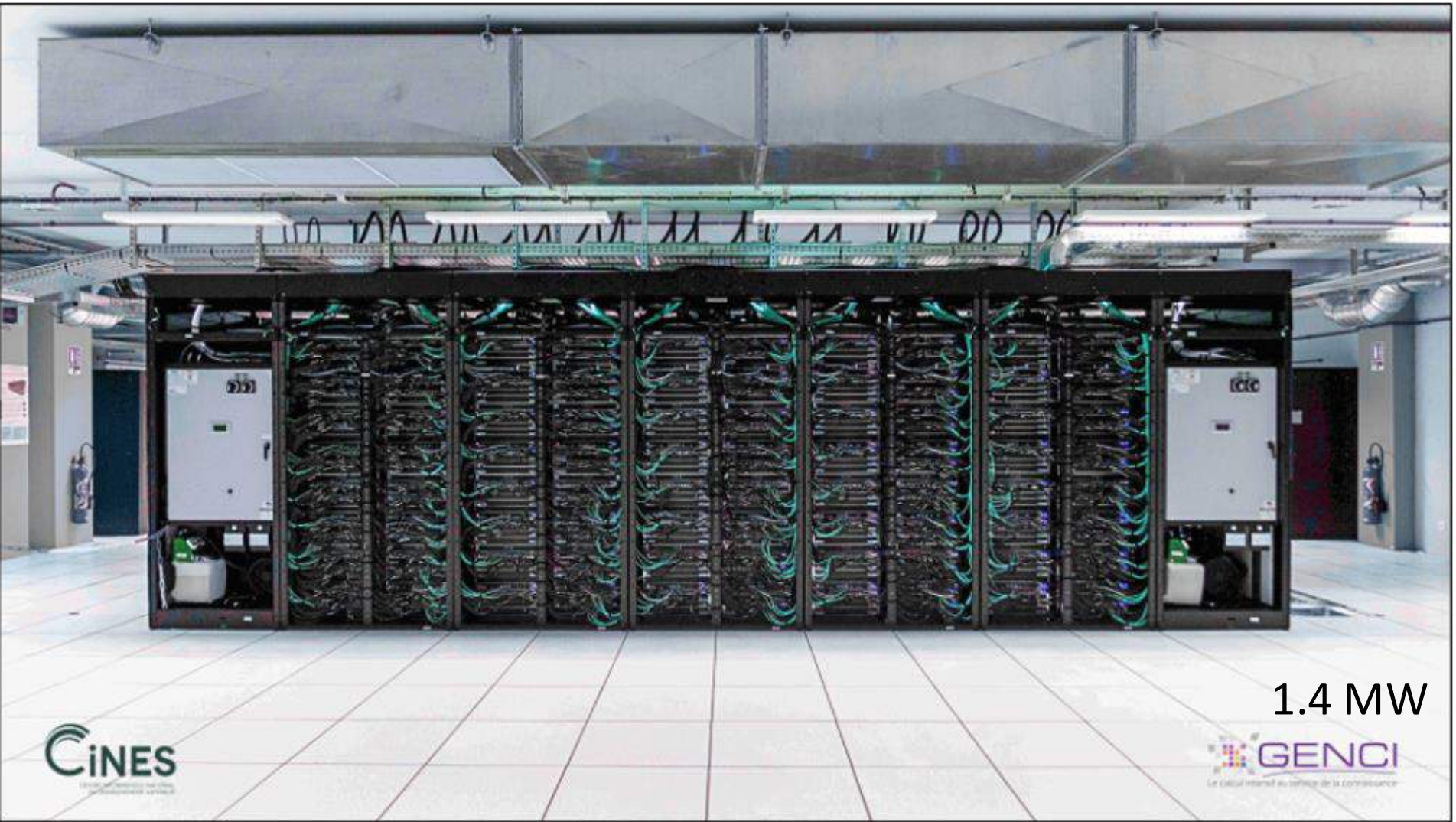
PUE = {Energie totale consommée par le centre de données} /
{Energie consommée par les équipements informatiques}

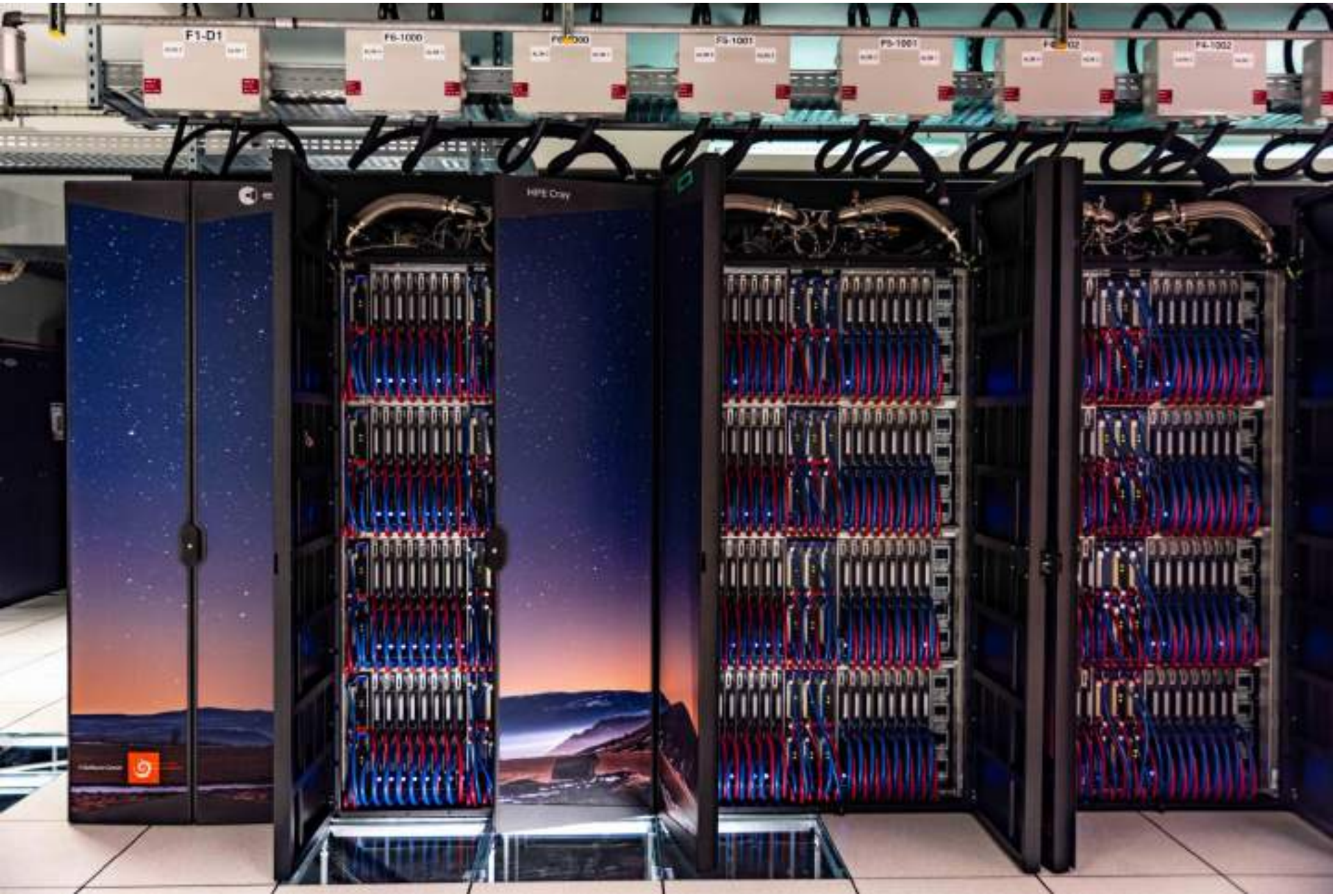
ADASTRA 2025 (HPE-CRAY-AMD)

CPU & GPU

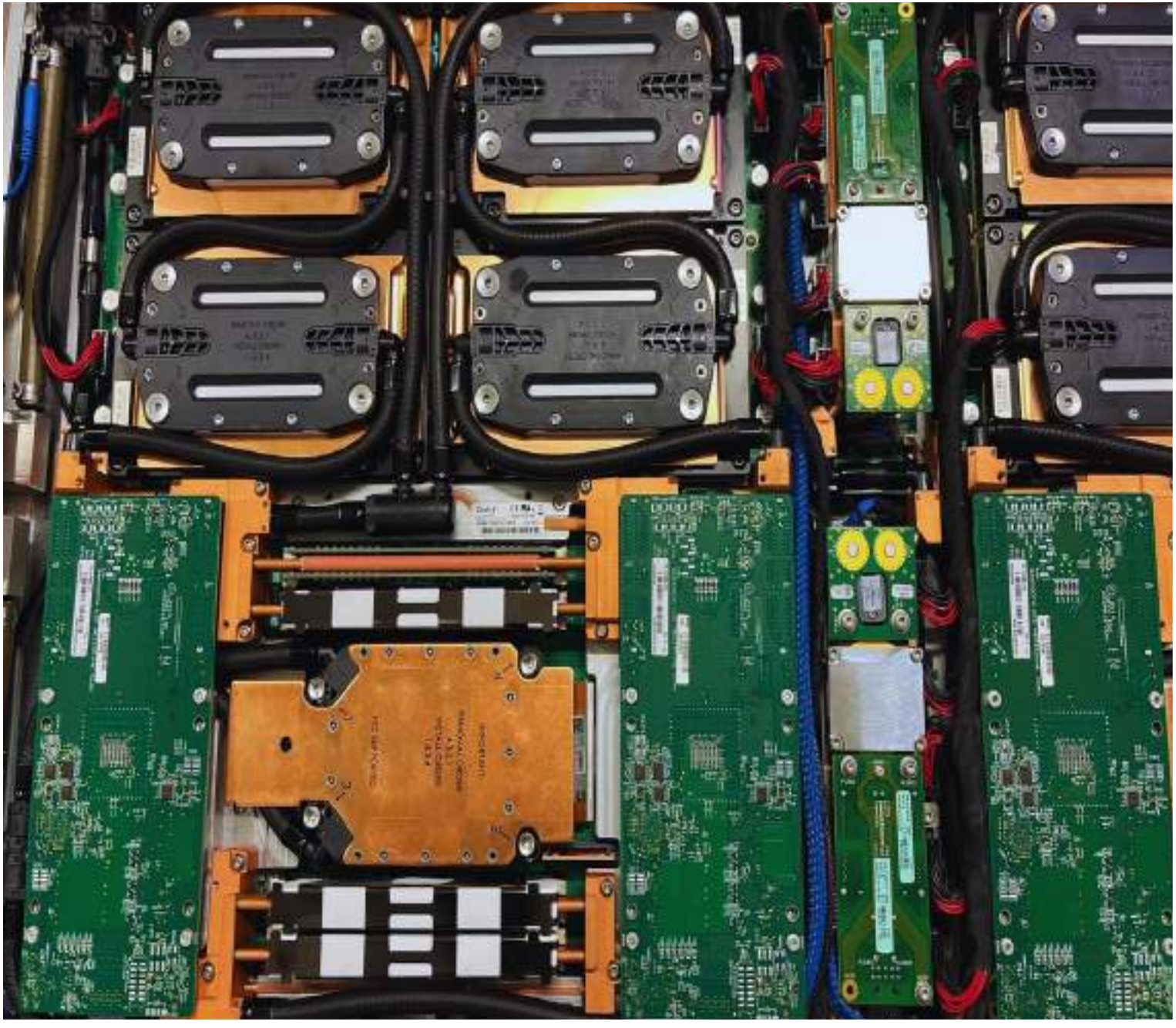
100 PétaFlops

1W= 70 GigaFlops




F1-D1
F6-1000
F5-1001
F4-1002
HPE Cray

Lame GPU AMD MI250X



Data centers, calculs, données, IA

enjeux de sobriété: énergie

- **Data centers : consommation annuelle**
  - **Aujourd'hui # 1000 TWh (cumul mondial)**
  - **Prochaine décennie # 2000 TWh**
  - **CINES : 17 GWh** *(0,00001 %)*

- **Un Data center type « GAFAM » :**
  - **# 1000 MW (1 GW) … max 5000 MW dans l'hyperscale**

- **Supercalculateur**
  - **ADASTRA (CINES, 100 PFLOP/S) # 1,4 MW**
  - **MCM GPU # 500 W … demain 2000 W**
  - **Lame de calcul : # 8 MCM GPU**

Data centers et enjeux de sobriété : EAU

- **EAU : distinguer <u>fabrication</u> des objets et <u>utilisation</u>**

- **Data center = utilisation de l'eau ?**
  - **Objectif : refroidissement (par air ou par eau tiède)**
  - **Impact : évaporation et évacuation (pas de pollution)**
  - **Provenance :distributeur (forage ?)**
  - **Recyclage possible : arrosage,**
  - **Evacuation de la chaleur : tours adiabiatiques ou boucles de chaleur pour chauffage de locaux**

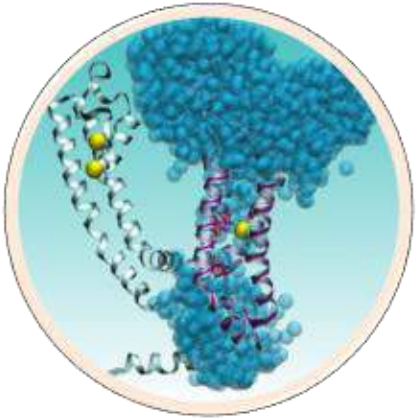
Data centers et enieux de sobriété : EAU

- **EAU : distinguer fabrication des objets et utilisation**
- **Data center = utilisation de l'eau ?**
  - Objectif : refroidissement (par air ou par eau tiède)
  - Impact : évaporation et évacuation
  - Provenance :distributeur (forage ?)
  - Recyclage possible (arrosage,
  - Evacuation de la chaleur : tours adiabiatiques ou boucles de chaleur pour chauffage de locaux

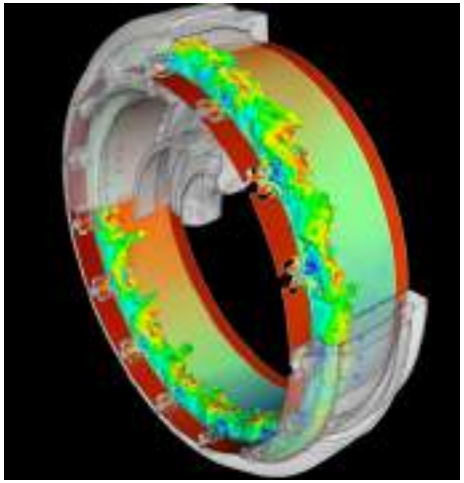
- **CINES = utilisation de l'eau ?**
  - Consommation annuelle : 3 piscines olympiques (7000 m^3) = 7.10^6 l consommations journalières des périodes chaudes # 21 m^3 /jour
  - consommations journalières des périodes froides : # 7 m^3 /jour
  - Supercalculateur refroidi par eau tiède : 3 circuits microfluidique au sein des lames (eau pure + …)

  - Coût annuel = 1/100 de l'énergie électrique

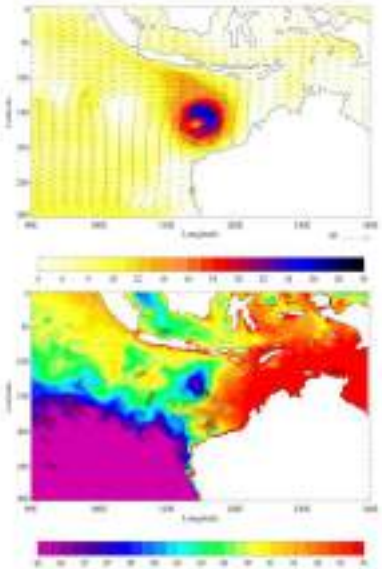
Simulations numériques massivement parallèles



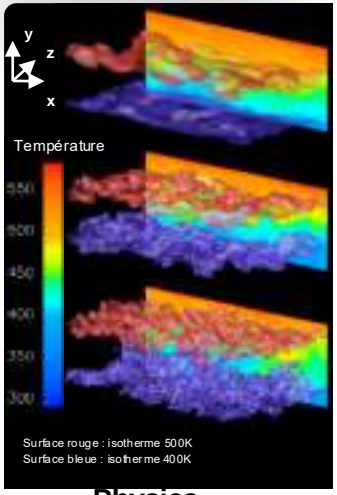
Chemistry, biology



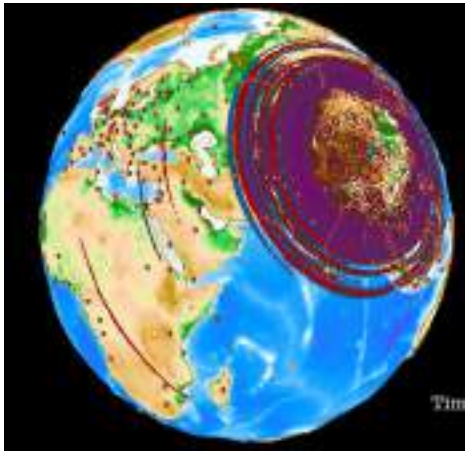
CFD w/o combustion



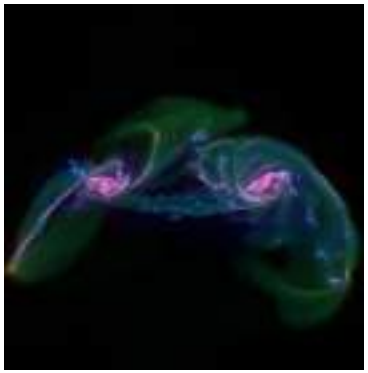
Climatology: ocean/atmosphere



Physics



Geophysics



Astrophysics

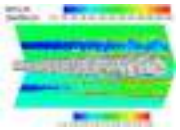
Science in the Age of Digital Simulation

- **Yesterday :** Theory , Observation , Expérimentation
- **Now : digital** Modelisation, Simulation (methods & algorithms)

Digital Simulation +

= ***High Performance Computing***

High Performance Computing +

= ***High Performance Data Analytics*** 

CPU

GPU

APU

- **Tomorrow :** HPDA, AI … Energy efficiency

ARCHIVAGE

Risques inéluctables :

- Connaissance perdue du contenu des fichiers
- Format de fichier inconnu
- Support physique détérioré
- Logiciel ou matériel de lecture disparu

- **Données scientifiques**
  résultats d'observations ou de calcul
- **Données patrimoniales**
  pédagogiques, publications, …
- **Données administratives**
  archives intermédiaires

Thèses de doctorat françaises

Publications scientifiques

Documents patrimoniaux numérisés

Vidéothèques et banques d'images

Rapports

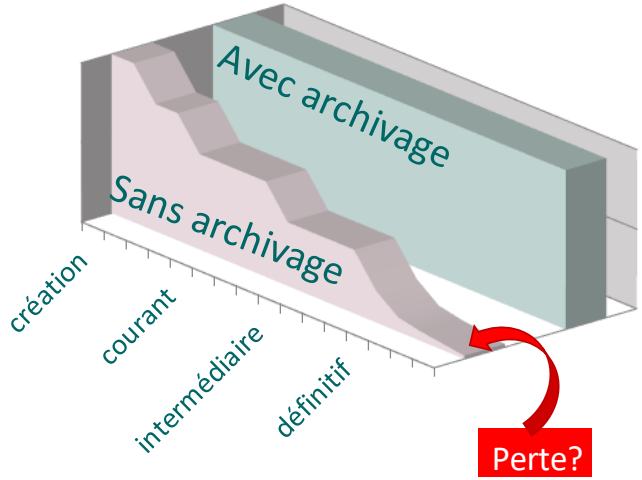
Données de gestion

Résultats de simulation

Observations

L'archivage des documents électroniques consiste à conserver le document et l'information qu'il contient :

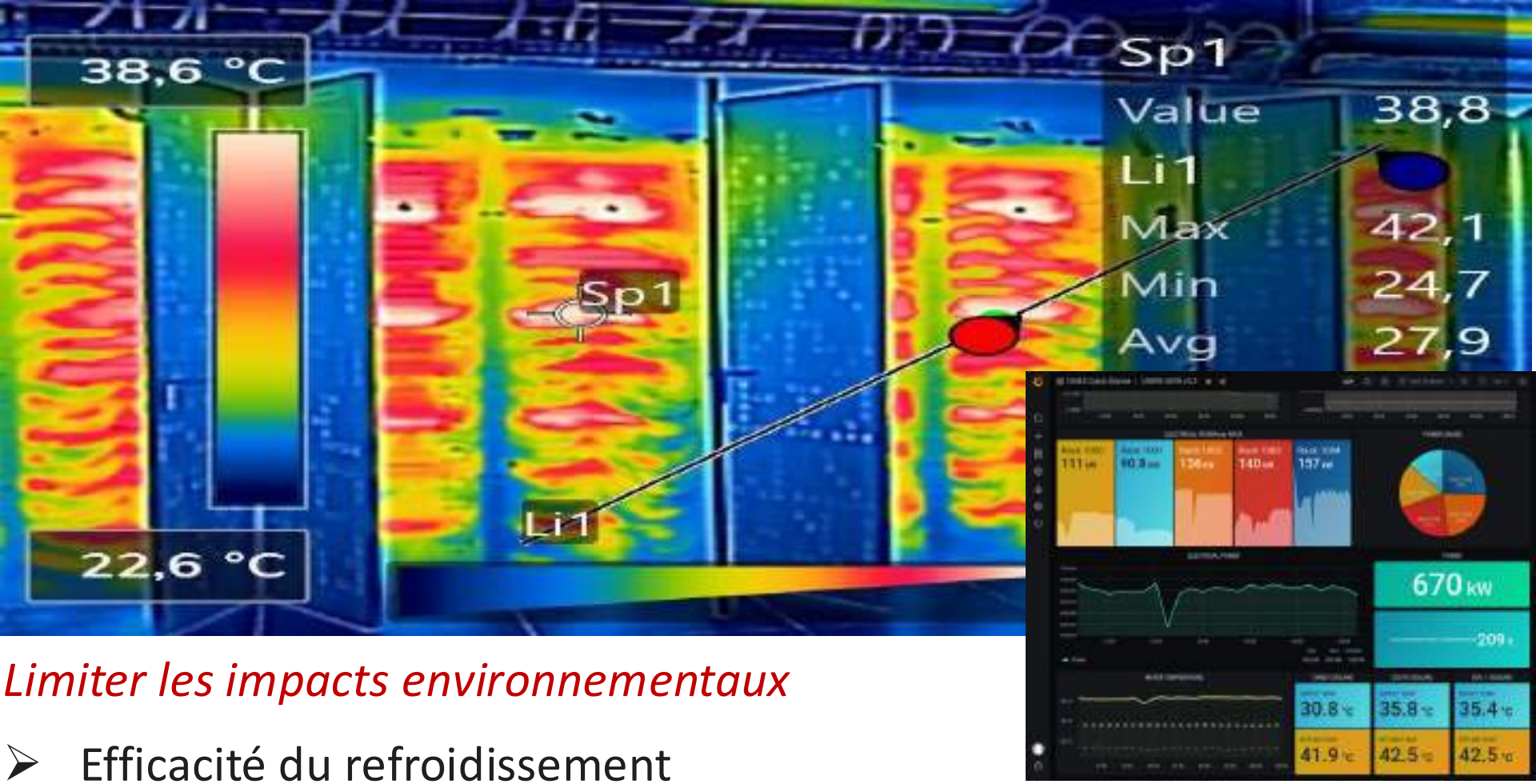
- Dans son aspect physique comme dans son aspect intellectuel
- Aussi longtemps que nécessaire
- De manière à ce qu'il soit en permanence accessible et compréhensible



Vitam (**V**aleurs **i**mmatérielles **t**ransmises aux **a**rchives pour **m**émoire)

6000 cartouches # 60 -70 Po

1 cartouche # 10 - 12 To



Limiter les impacts environnementaux

- Efficacité du refroidissement
- Mesurer
- Optimiser les calculs
- Evaluer chaque calcul

Mémoire étudiants
Cycle préparatoire PEIP (@Bac +1 +2)
Accès écoles d'ingénieurs (@Bac +3)

Data center : principes, impacts, enjeux énergétiques, chiffres clés et limite

322 en France 12000 dans le monde pour une consommation électrique annuelle ~500 TWh estimée à ~2000 TWh annuelle en 2030 soit 6x le parc nucléaire Français (350 TWh)

Présentation d'un datacenter

- partie matérielle : - infrastructure électrique
  - systèmes de refroidissement
- partie numérique : - stockage/calcul de données
  - communication...

Utilité des datacenters et évolution liée à l'IA

- accèder à une page Web : X = f(communication-box internet, fibre, antenne, infrastructure datacenter)
- utiliser un moteur de recherche : Y= X + algorithme
- un prompt d'IA g : Z= Y + calculs (GPU)

Impacts énergétique & hydraulique

CINES :
Puissance : 2 MW
Consommation annuelle : 20 GWh

consommation d'eau: 8000 m3/an
min < 7m3/j en hiver, max 40m3/j été
en moyenne 20m3/j

Datacenter GAFAM-IA :
1 GW
soit ~500 CINES

William Zongo & Thibault Vignes

Les nouveaux enjeux du monde numérique : *data centers et IA*

1. **Sciences & techniques**
   - Histoire des Sciences et techniques et émergence du monde numérique
   - De l'écriture, aux révolutions (industrielle, électrique, numérique)
   - Convergences scientifiques et technologiques et objets du numérique
   - Le monde numérique aujourd'hui
2. **IA**
3. **Data centers : le revers énergétique du numérique**
4. **IA & Data centers**
5. **Les impacts du numérique**
   - Energie & Ressources
   - Enjeux sociétaux
6. **Des impacts aux usages**
7. **Vers un numérique plus responsable : agir !**

Le déploiement massif de l'IA induits de nouveaux usages et besoins

Impact environnemental : difficile à évaluer !

- **SANS DATA CENTERS, PAS D'IA !**

  (sans données et calculs, pas d'IA)

- **SANS ENERGIE, PAS DE DATA CENTERS**

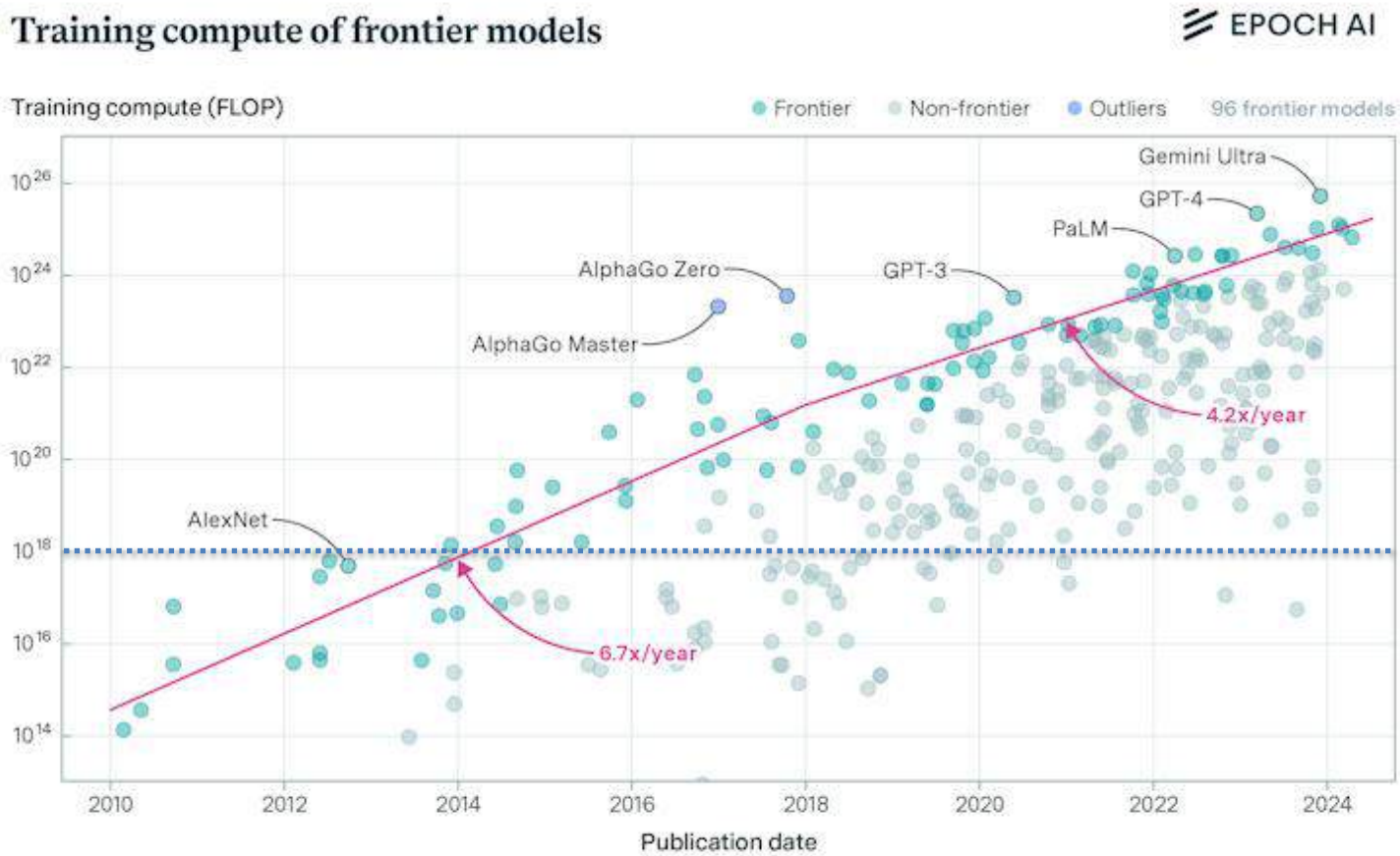
- L'évolution du numérique est trop rapide en comparaison avec les délais structurels de transformation des infrastructures électriques

- L'IA, le cloud computing, les crypto-monnaies, multiplient les besoins en data centers et crée une contrainte forte et imprévue sur la production d'électricité et son transport

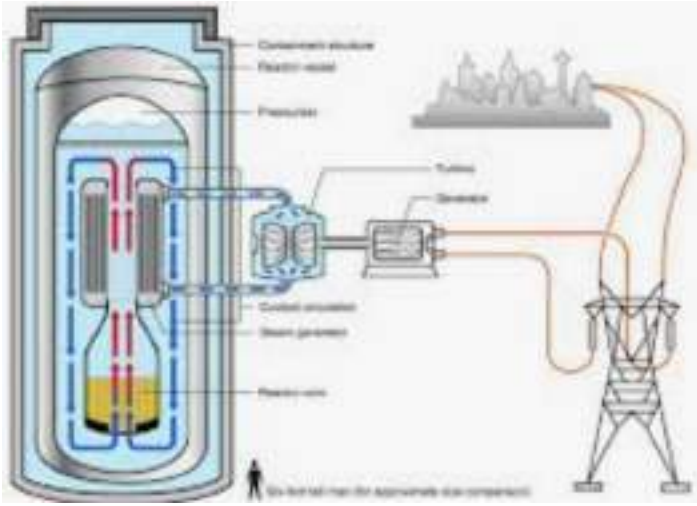
Number of operations required to train an AI model

1 exaflop = 10^{18} ---------->
GPT4 = 10^{25}
Soit x 10^{7} s (4 mois en FP64)
(# 1 mois en FP16)

Source : Training Compute of Frontier AI Models Grows by 4-5x per Year
Jaime Sevilla et Edu Roldán, Epoch AI



Three Mile Island (USA) & Data center Microsoft



SMR
small modular nuclear reactors of low power (20 to 300 MW)

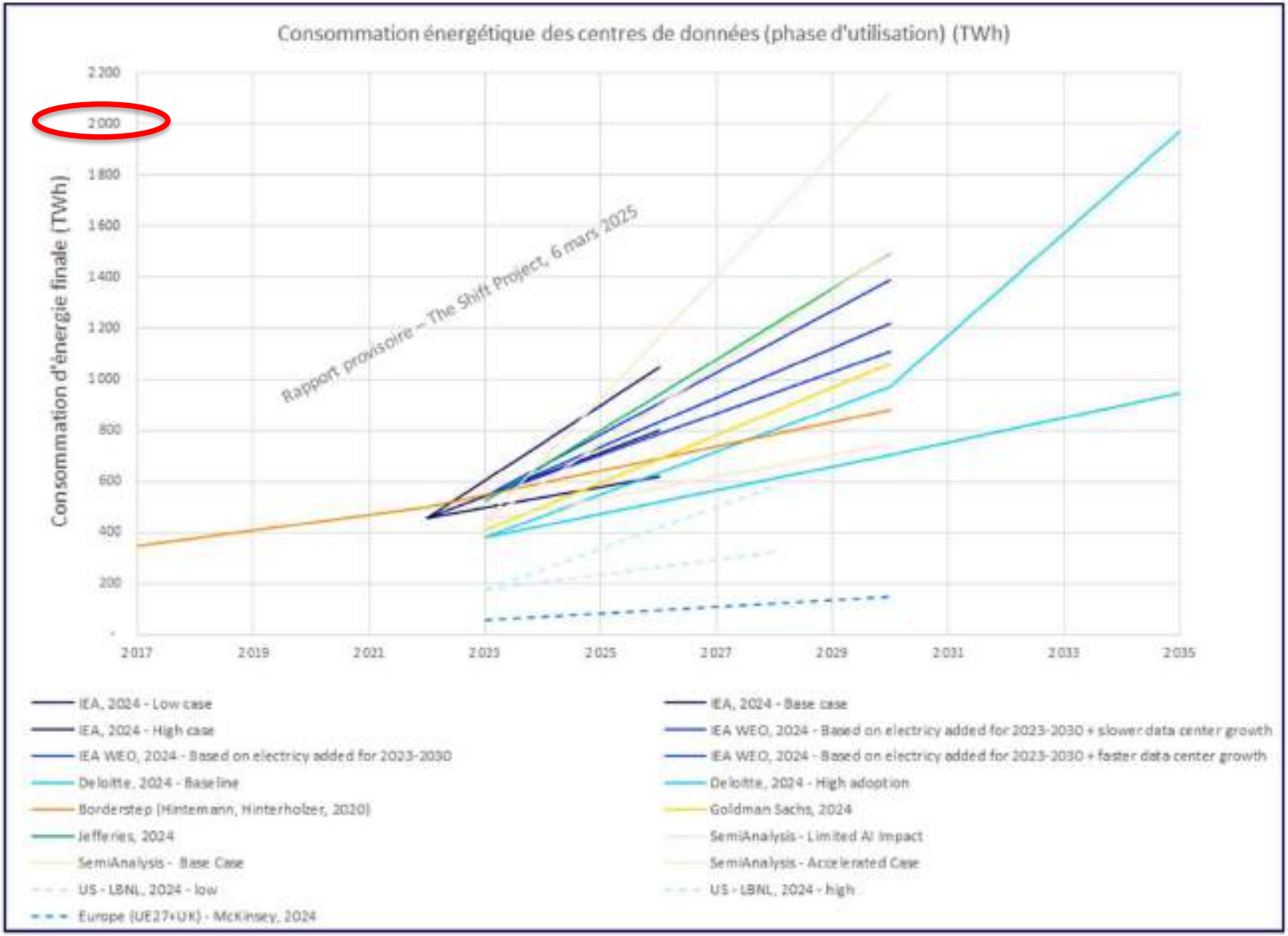
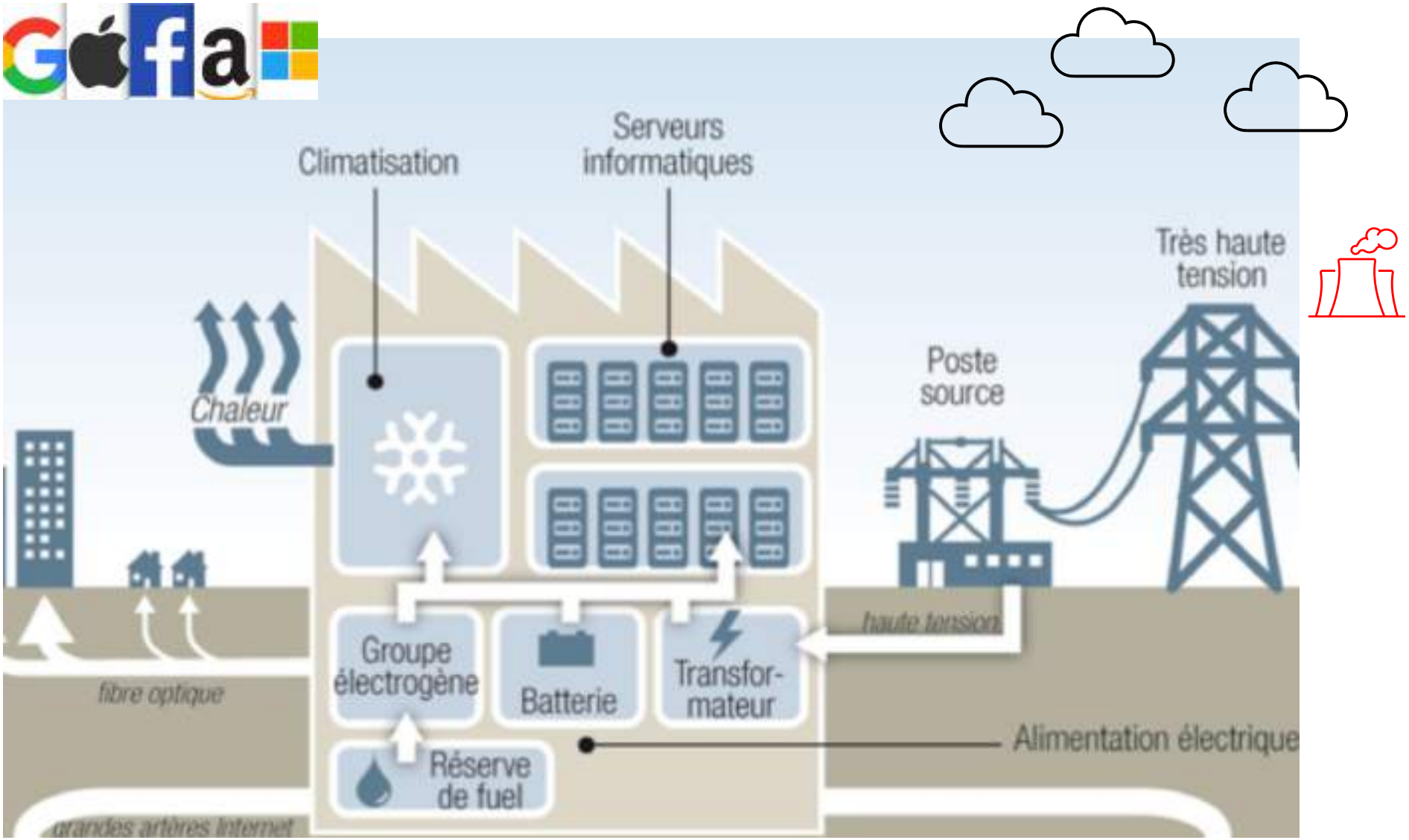


Figure 8 - État des lieux des prévisions de consommation électrique annuelle des centres de données mondiaux. Sources : (Deloitte, 2024; Goldman Sachs, 2024; Hintemann R. & Hinterholzer S., 2020; IEA, 2024a, 2024b; Jefferies, 2024; LBNL et al., 2024; McKinsey & Company, 2024; SemiAnalysis et al., 2024)

DATA CENTER : regroupement d'infrastructures : ordinateurs centraux, serveurs, baies de stockage, équipements réseaux et télécommunications…

Consommation mondiale en 2025 # 1000 TWh = 1 000 000 GWh



Mix électrique français

Source : RTE

Exercice

- *Identifier les paramètres intervenants dans la consommation énergétique des usages suivants :*

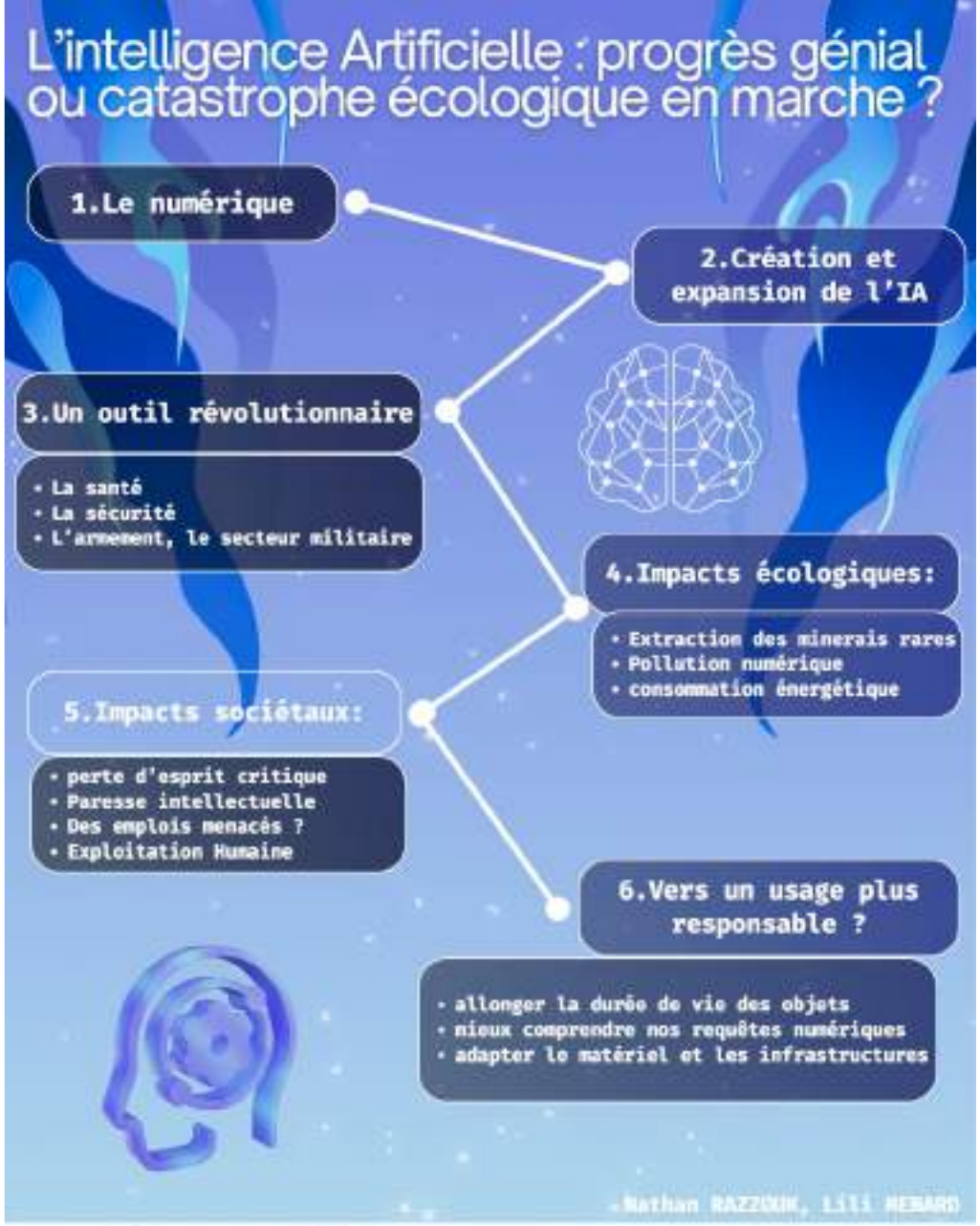
  - **Consulter une page d'un site Web**
  - **Faire une requête à un moteur de recherche**
  - **Faire une requête à une IA générative**

- *Comparer ces 3 usages*
- *Du* **moteur de recherche au moteur de réponse**

POLYTECH MONTPELLIER

Mémoire étudiants
Cycle préparatoire PEIP
(@Bac +1 +2)
Accès écoles d'ingénieurs
(@Bac +3)

LIRMM



MEA

UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER

POLYTECH MONTPELLIER

Les nouveaux enjeux du monde numérique : *data centers et IA*

1. **Sciences & techniques**
   - Histoire des Sciences et techniques et émergence du monde numérique
   - De l'écriture, aux révolutions (industrielle, électrique, numérique)
   - Convergences scientifiques et technologiques et objets du numérique
   - Le monde numérique aujourd'hui
2. **IA**
3. **Data centers : le revers énergétique du numérique**
4. **IA & Data centers**
5. **Les impacts du numérique**
   - Energie & Ressources
   - Enjeux sociétaux
6. **Des impacts aux usages**
7. **Vers un numérique plus responsable : agir !**

Internet, logiciels, objets connectés, cloud ...

Le numérique est il matériel ou immatériel ?

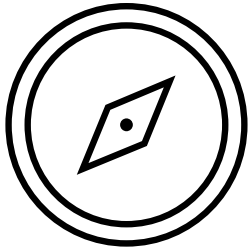
Les nouveaux usages et leurs impacts

performance & violence

- **Impacts environnementaux**

Chaque gramme de CO_2,
Chaque watt-heure,
compte dans la lutte contre le changement climatique !

- **Impacts sociétaux**

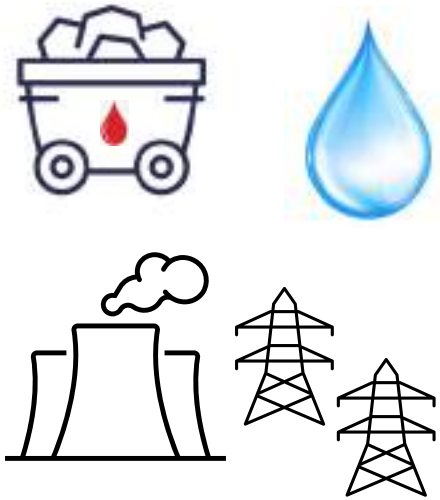


L’utile et le futile
L’éthique : de la mine aux mondes virtuels

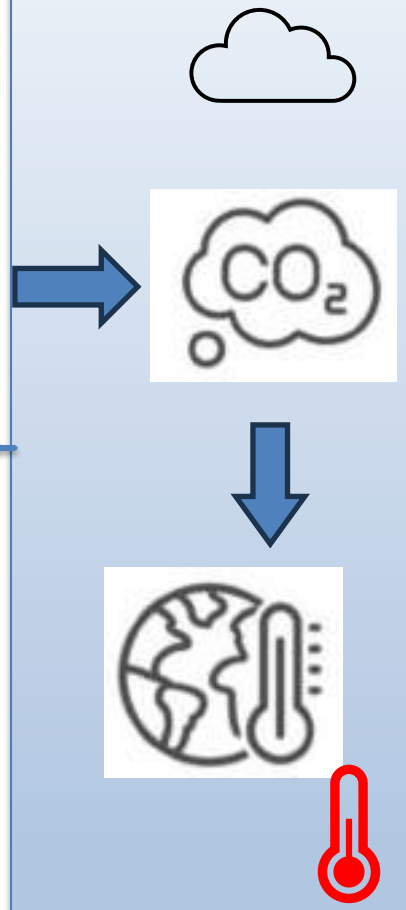
…

Empreinte du numérique

- **BESOINS**
  - ✓ ***RESSOURCES***
  - ✓ ***ENERGIE***



- **IMPACTS**
  - ✓ ***FABRICATION***
  - ✓ ***UTILISATION***
  - ✓ ***FIN DE VIE***



ETHIQUE

Michel ROBERT

Impacts du monde numérique en 2025

Quel est le périmètre du monde numérique?

➢ Le numérique représente 4,4% de l'empreinte carbone en France *(2,5% en 2020)*

- **50 %** de l'impact carbone = **fabrication et fonctionnement** des terminaux *(téléviseurs, ordinateurs, smartphones…)*
- **46%** = **data centers**
  - 16% estimé en 2022 en ne considérant que *les data centers implantés en France)*
  - *Une partie importante de nos usages (53 %) est hébergée à l'étranger*
  - *nouveaux centres de données ont été et sont mis en service depuis 2022*
- **4%** = **réseaux**

➢ 11 % de la consommation électrique française est liée au numérique

- Soit **51,5 TWh** par les usages nationaux du numérique
- En fait **65 TWh**, si l'on prend en compte les data centers situés à l'étranger,
- Soit la consommation électrique totale de l'Île-de-France

Source: https://ecoresponsable.numerique.gouv.fr/actualites/actualisation-ademe-impact/

Ces données, datant de 2022, ne reflètent pas encore la montée en puissance de l'IA générative.

RESSOURCES

1960

10 éléments

Aluminium
Azote
Carbone
Chrome
Cuivre
Hydrogène
Nickel
Oxygène
Plomb
Zinc

1990

29 éléments

Aluminium
Antimoine
Azote
Baryum
Béryllium
Bore
Brome
Cadmium
Carbone
Chlore
Chrome
Cuivre
Cobalt
Étain
Fer
Fluor
Hydrogène
Hélium
Manganèse
Molybdène
Nickel
Or
Oxygène
Phosphore
Plomb
Silicium
Tantale
Titane
Tungstène

2021

54 éléments

Aluminium
Américium
Antimoine
Argent
Azote
Baryum
Béryllium
Bismuth
Brome
Calcium
Chrome
Carbone
Chlore
Cobalt
Cuivre
Erbium
Fer
Fluor
Gadolinium
Gallium
Germanium
Hafnium
Hydrogène
Indium
Iode
Iridium
Lithium
Magnésium
Manganèse
Néodyme
Néon
Nickel
Or
Oxygène
Palladium
Phosphore
Platine
Plomb
Potassium
Rubidium
Scandium
Silicium
Sodium
Soufre
Strontium
Tellure
Thallium
Thulium
Titane
Tungstène
Vanadium
Yttrium
Zinc
Zirconium

Ressources et résidus d'un smartphone de 200 g :
1000 fois son poids = 200 kg

Source : Prof. Mike Ashby, Cambridge University ; Prof. Jean-Pierre Raskin, Université

➢ LA COURSE A LA MINIATURISATION

OPTIMISER SOUS CONTRAINTES

- **NUMERIQUE**

R&D CONCEPTION
FABRICATION
FIN DE VIE

- **PERFORMANCES**

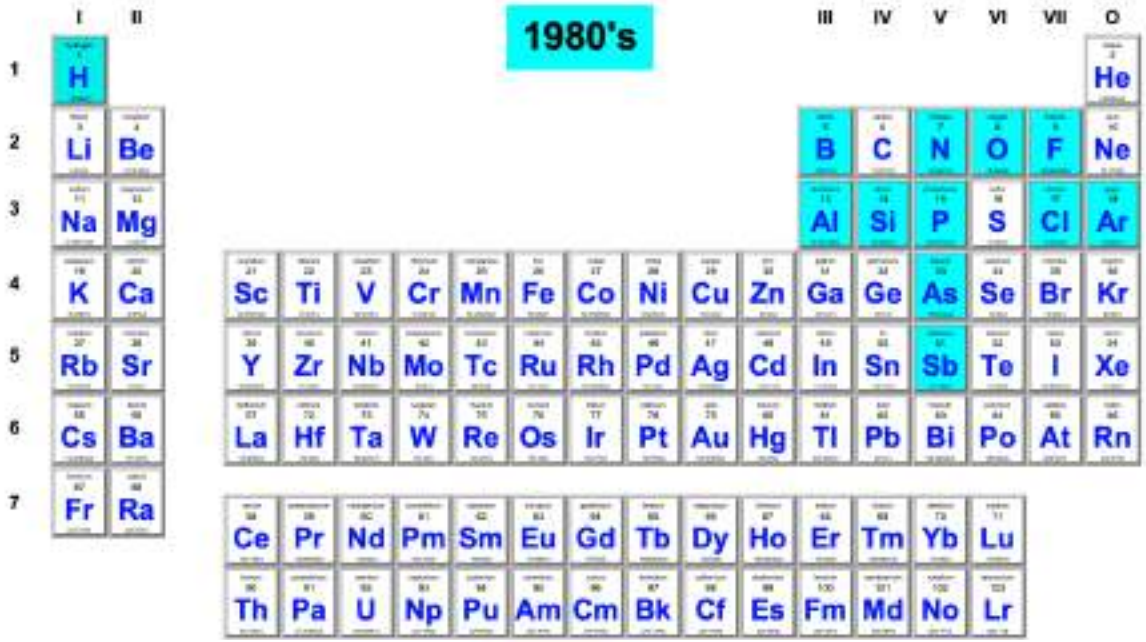
INTEGRATION
VITESSE
CONSOMMATION

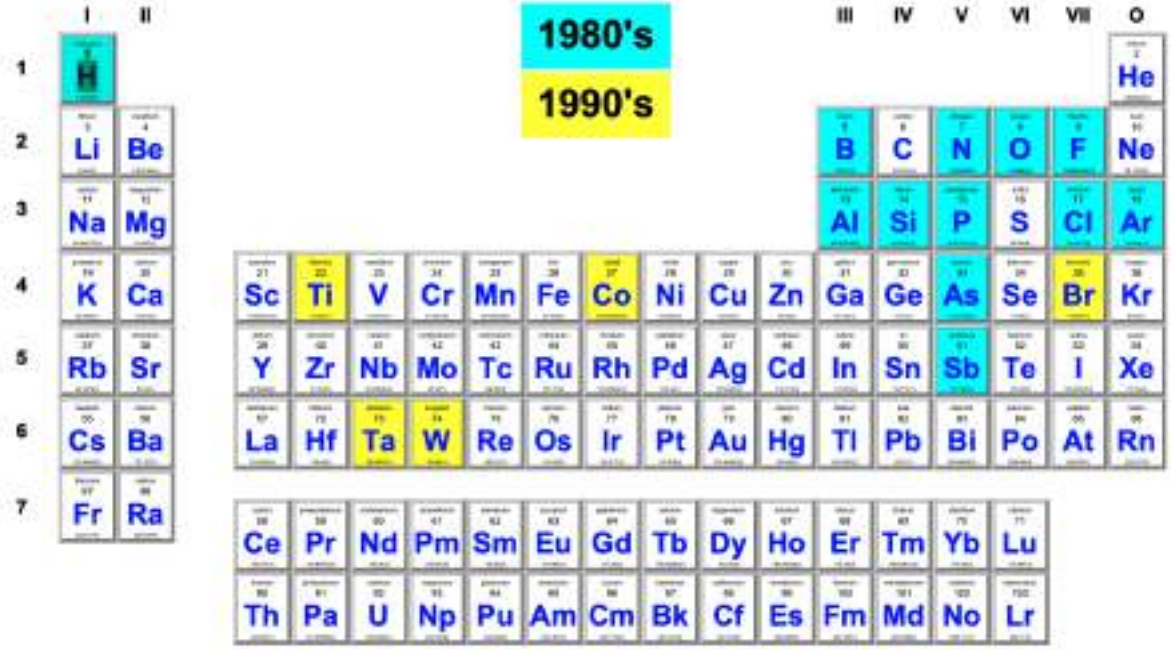
- **MARKETING**

COUTS
APPLICATIONS
USAGES

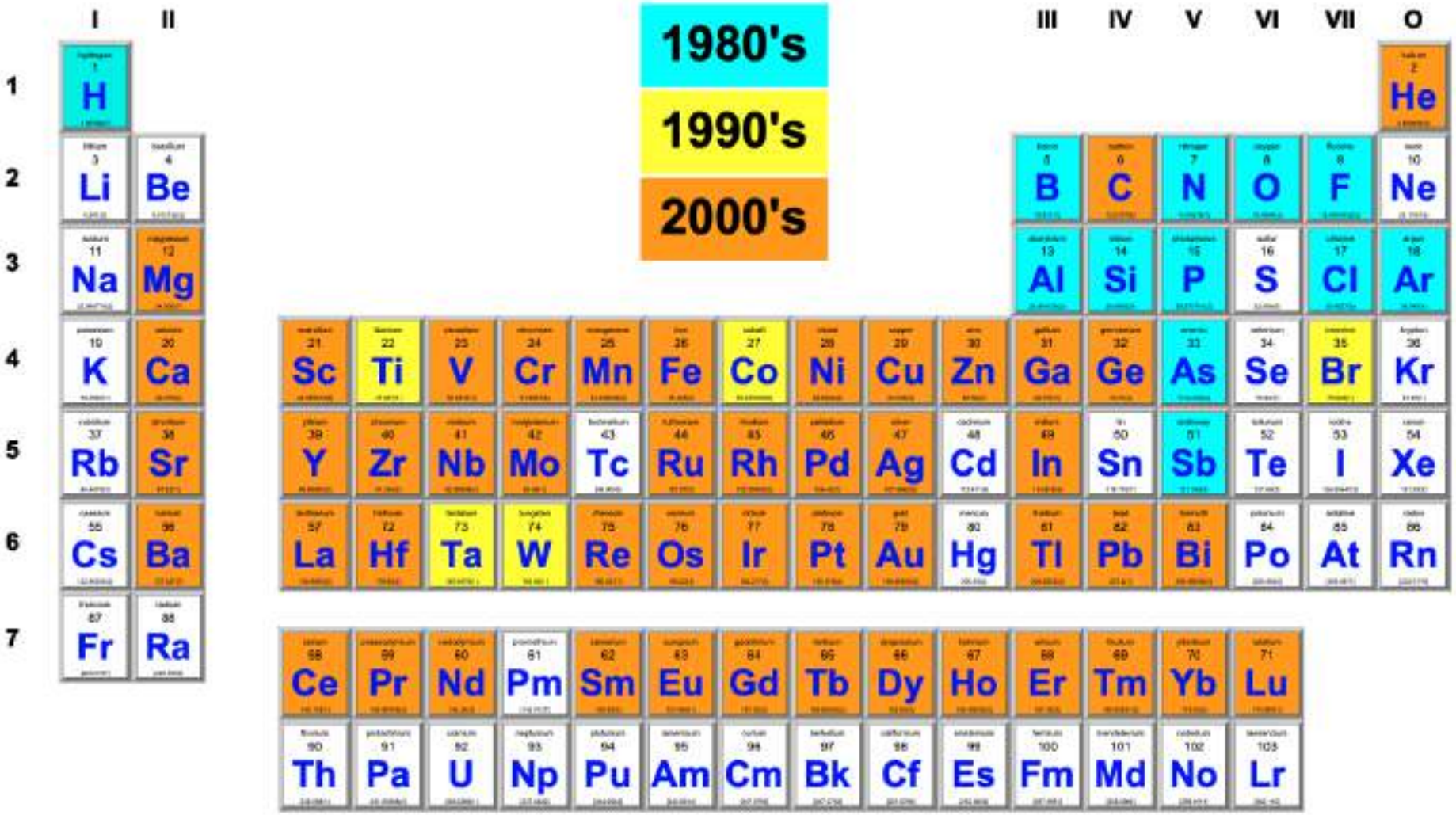
- **IMPACTS**

ENVIRONEMENTAUX
SOCIETAUX





➢ LA COURSE A LA MINIATURISATION … ET AUX RESSOURCES

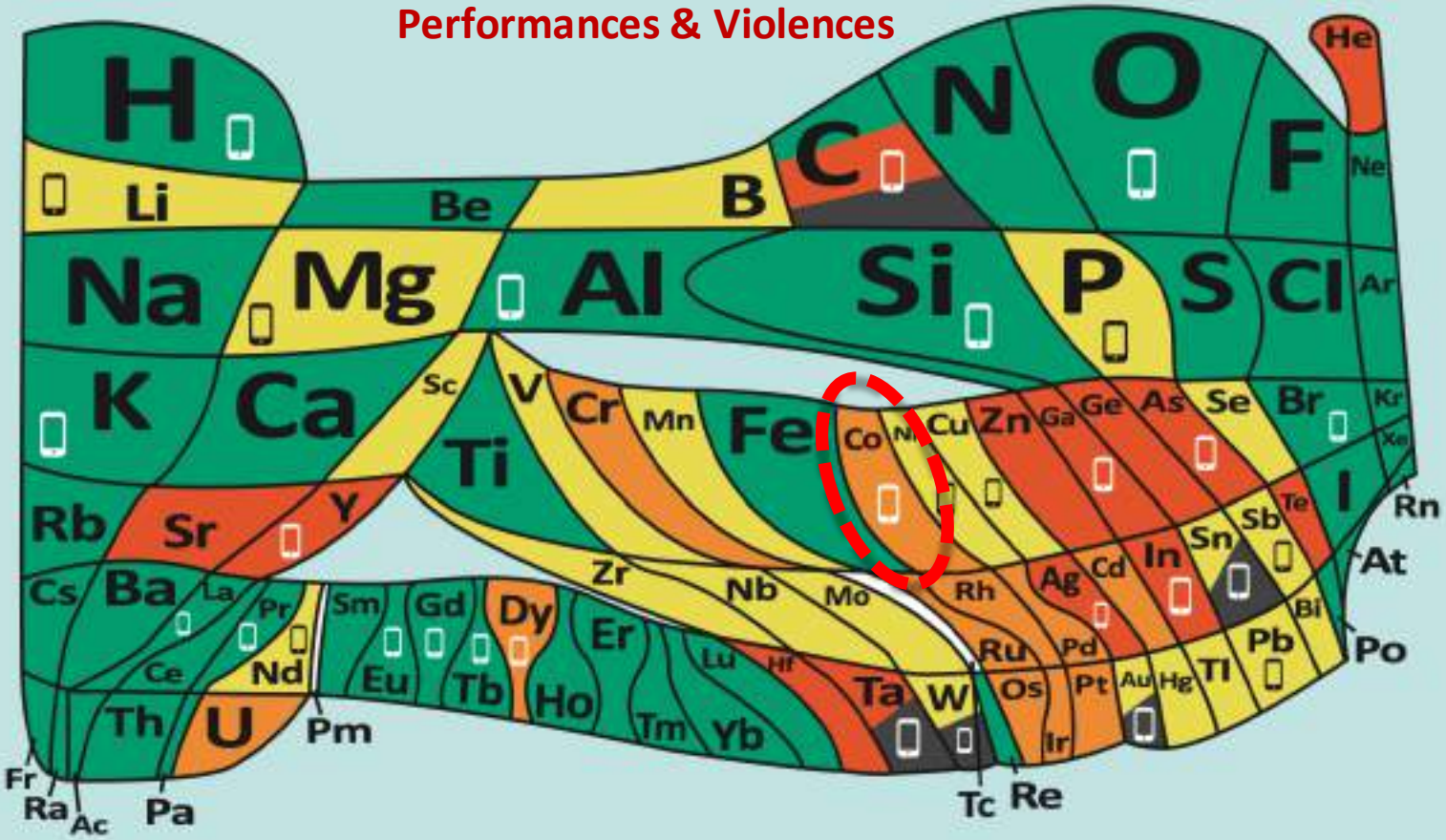


RESSOURCES

Les 90 éléments qui composent notre monde

Combien en reste-t-il? Y en a-t-il assez? Est-ce durable?

Performances & Violences



- Menace sérieuse dans les prochains 100 ans
- Menace croissante due à une utilisation accrue
- Disponibilité limitée avec futur risque d'approvisionnement
- Ressource abondante
- Élément synthétique
- Minerais dans des zones de conflits
- Éléments utilisés dans un smartphone

Lisez la suite et jouez au jeu vidéo en ligne : **http://bit.ly/euchems-pt**

Inspiré par W.F. Shenhan's 'A Periodic Table with Emphasis' publiée dans Chemistry, 1975, 49, 17-18

2ème édition (2021)

Ce travail est sous la license de Creative Commons Attribution-NoDerivs CC-BY-ND

EuChemS
European Chemical Society

Recycler ?

Material recycling rate
(End-of-life recycling rate)

- > 50 %
- > 25–50 %
- > 10–25 %
- 1–10 %
- < 1 %

RESSOURCES

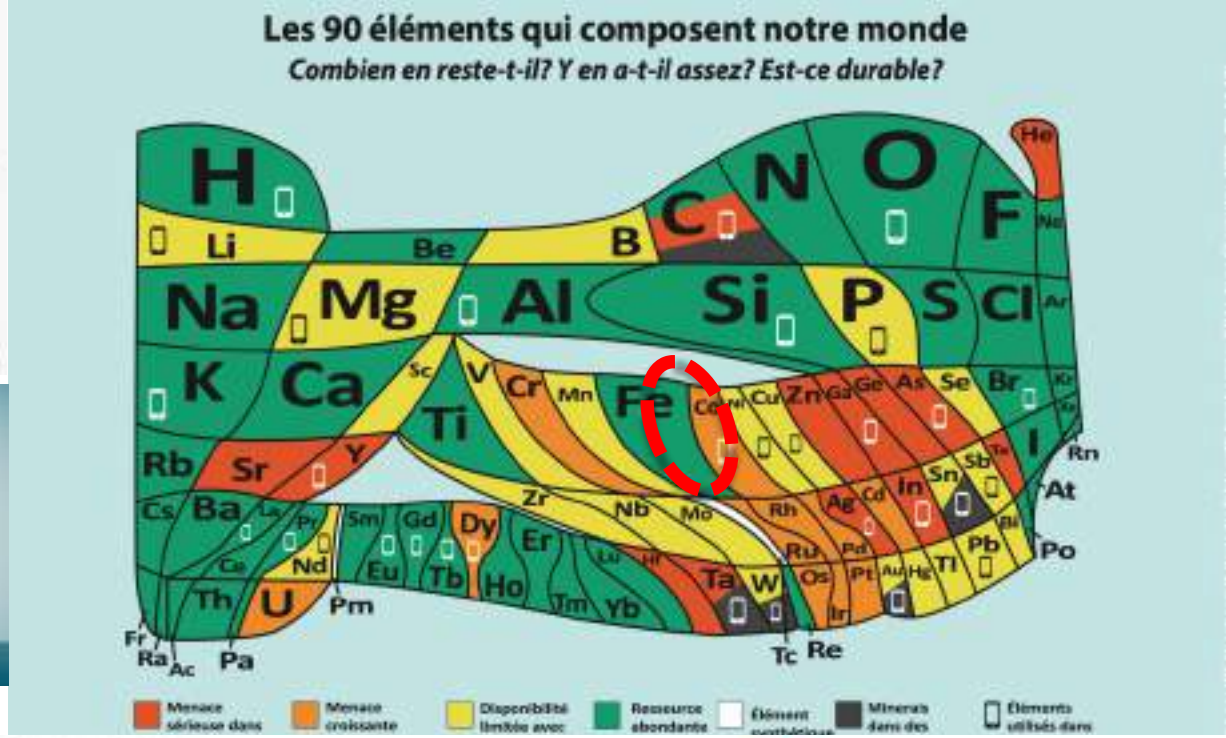
1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	**	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Sg	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uug	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo

* Lanthanides	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
** Actinides	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

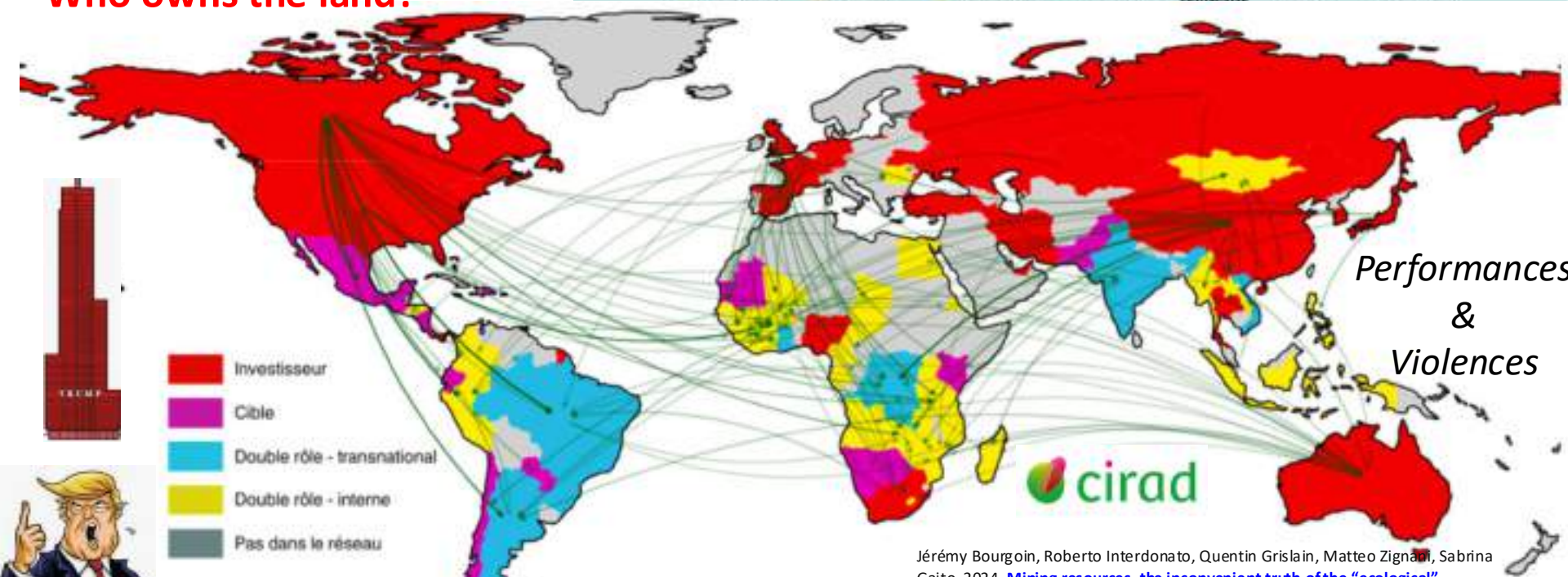
Data source: UNEP report "Recycling Rates of Metals: A Status Report", 2011, p.19

PHILIPPE BRIOUX
VINCENT PERRIOT
RESSOURCES
UN DÉFI POUR L'HUMANITÉ

RESSOURCES



Who owns the land?

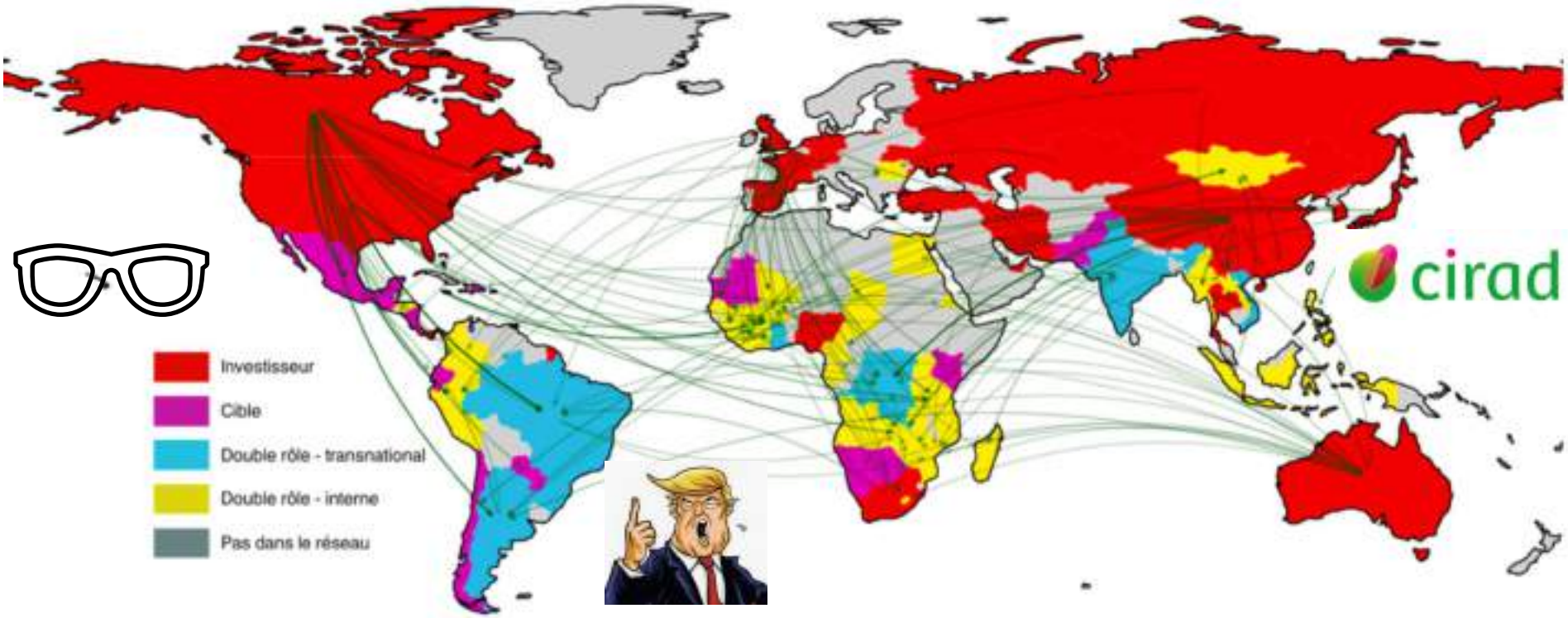


Performances & Violences

Jérémy Bourgoin, Roberto Interdonato, Quentin Grislain, Matteo Zignani, Sabrina Gaito, 2024. Mining resources, the inconvenient truth of the "ecological"

A qui appartiennent les terres … dans un monde fini

état actuel du réseau minier international à travers l'achat des terres *(initiative Land Matrix)*

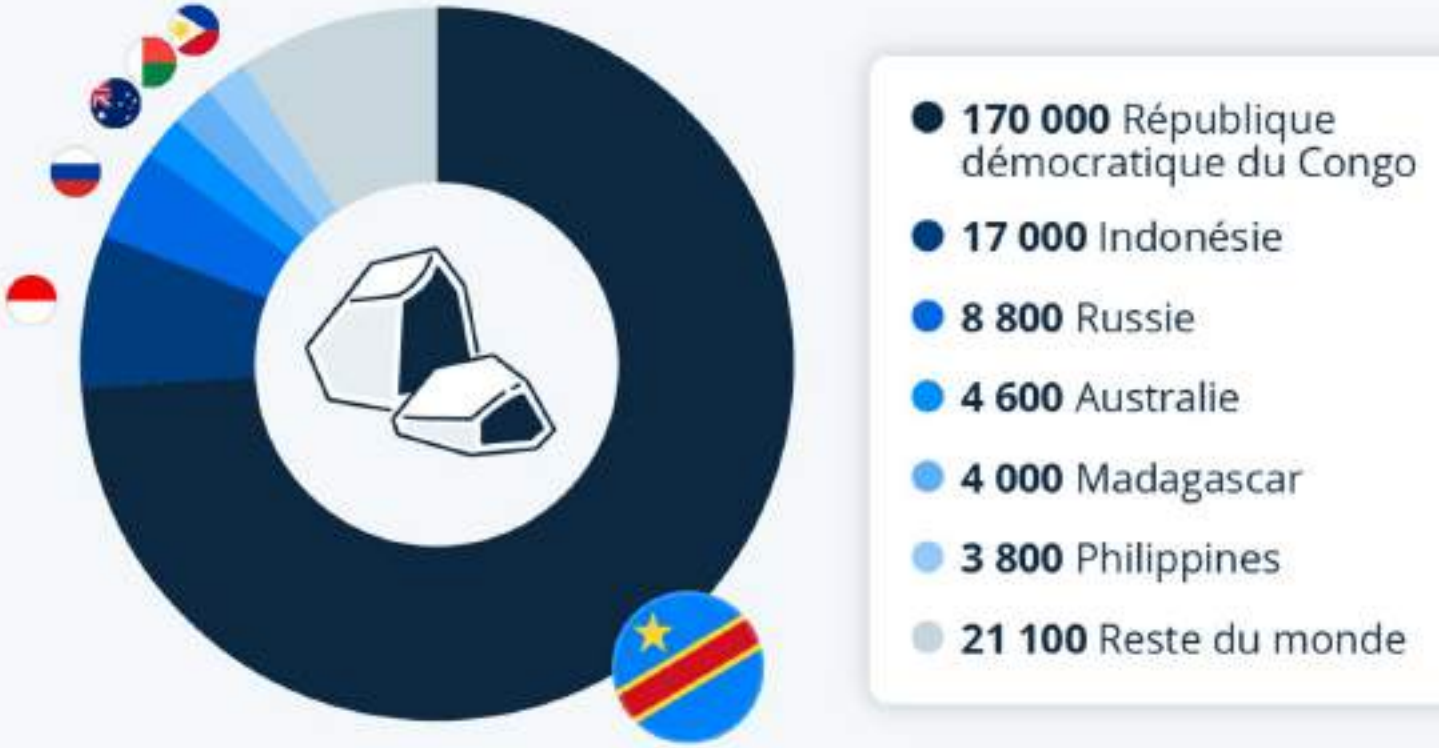


Le réseau commercial des terres minières, où les pays sont colorés en fonction de leur rôle sur le marché : uniquement investisseurs (rouge), uniquement cibles (magenta), pays à double rôle (cyan), double rôle uniquement pour les transactions internes (jaune)

Jérémy Bourgoin, Roberto Interdonato, Quentin Grislain, Matteo Zignani, Sabrina Gaito. 2024. **Mining resources, the inconvenient truth of the "ecological" transition**. *World Development Perspectives.* Volume 35.

La RDC produit trois quarts du cobalt dans le monde

Principaux pays producteurs de cobalt dans le monde en 2023, en tonnes métriques

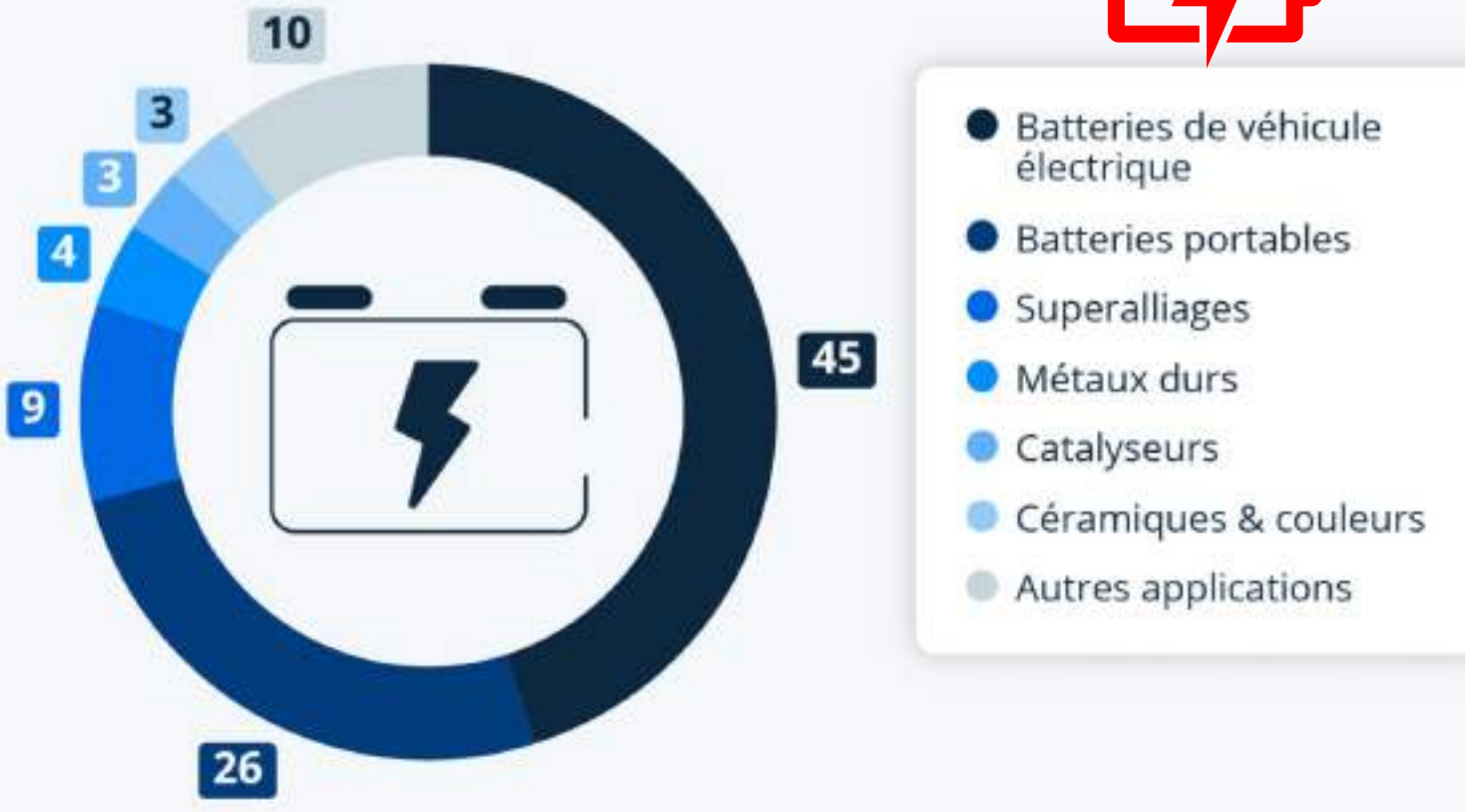


Source : US Geological Survey

statista

Plus de deux tiers du cobalt sert à la production de batteries

Répartition de la demande mondiale de cobalt en 2023, par application (en %)



Source : Cobalt Institute

statista

La malédiction des matières premières : les minerais de sang

*Cas de la **RD Congo** : # 70% des réserves mondiales de **Cobalt** & **Coltan***

- RDC : potentiel de ressources naturelles et minérales (cobalt, coltan, diamant, or, cuivre …) & deuxième plus grande forêt tropicale du monde.
- Le **Cobalt** : métal essentiel notamment pour la fabrication des batteries Co, numéro atomique : 27
- Le **Coltan** (colombite-tantalite) : minerai dont on extrait et le tantale pour les condensateurs, filtres à onde de surface,

Impact sociétal

- **Deuxième guerre du Congo depuis 1997 : « l'économie électronique »**
  - ✓ **6 millions de morts**
  - ✓ **4 millions d'exilés**
  - ✓ **6,8 millions de réfugiés internes aujourd'hui + actes de barbarie**
- **Déforestation incontrôlée**

Indignez vous !

France Diplomatie

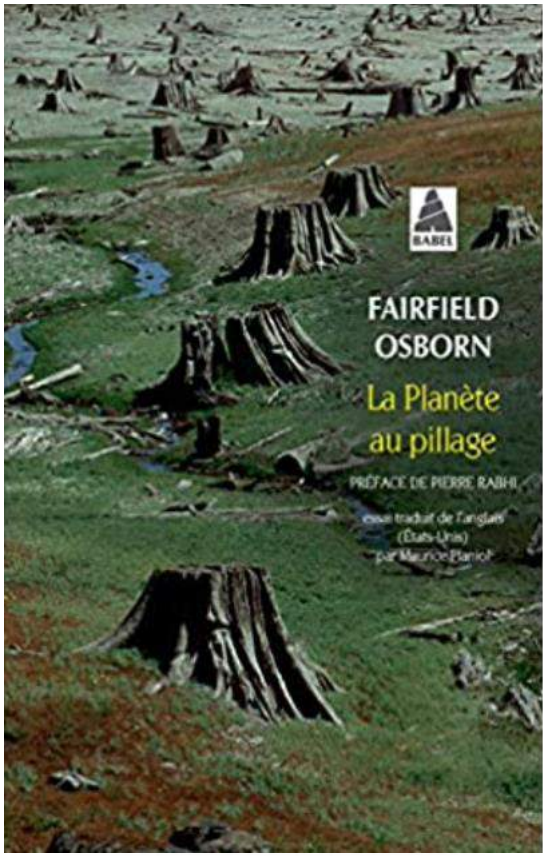
LE MINISTÈRE · POLITIQUE ÉTRANGÈRE · DOSSIERS PAYS · CONSEILS AUX VOYAGEURS · SERVICE

Situation sécuritaire dans l'est du pays

Publié le 23/07/2024

L'Est du pays est formellement déconseillé (en rouge), à l'exception des villes de Goma et Bukavu, qui sont déconseillées sauf raisons impératives (en orange). La situation sécuritaire dans l'Est de la RDC est marquée par une grande violence et la présence de groupes armés congolais et étrangers, ainsi que le déploiement de plusieurs armées étrangères.

La ville de Goma est encerclée par une rébellion armée et de nombreux porteurs d'armes circulent dans la ville et sa proximité immédiate. Les quartiers périphériques de la ville de Goma connaissent des attaques violentes



La Planète au pillage (1949)

Henry Fairfield Osborn Jr (1887-1969), naturaliste

- Les limites à la croissance (dans un monde fini) 1972

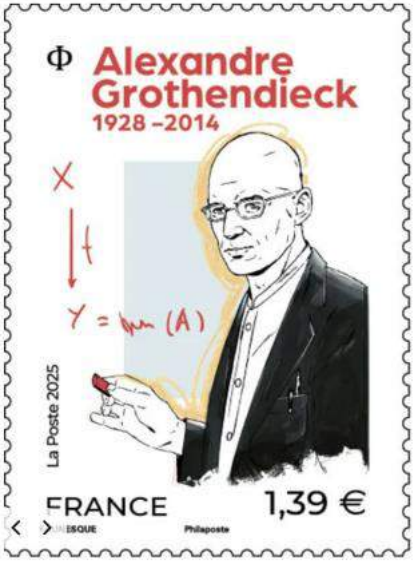
Rapport du Club de Rome, ou Rapport Meadows

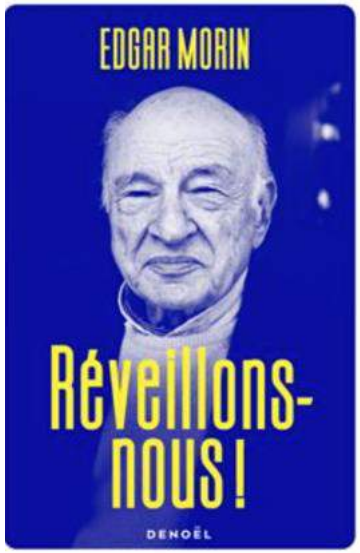
- 2022 : Sixième rapport d'évaluation du GIEC

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Nations unies)

Quelles solutions face au réchauffement climatique ?

- COP 26 (Conference of the Parties) Réduire les émissions de gaz à effet de serre. Sommet de la Terre" de Rio (**1992**), Protocole de Kyoto (**1997**), Accord de Paris (**2015**).



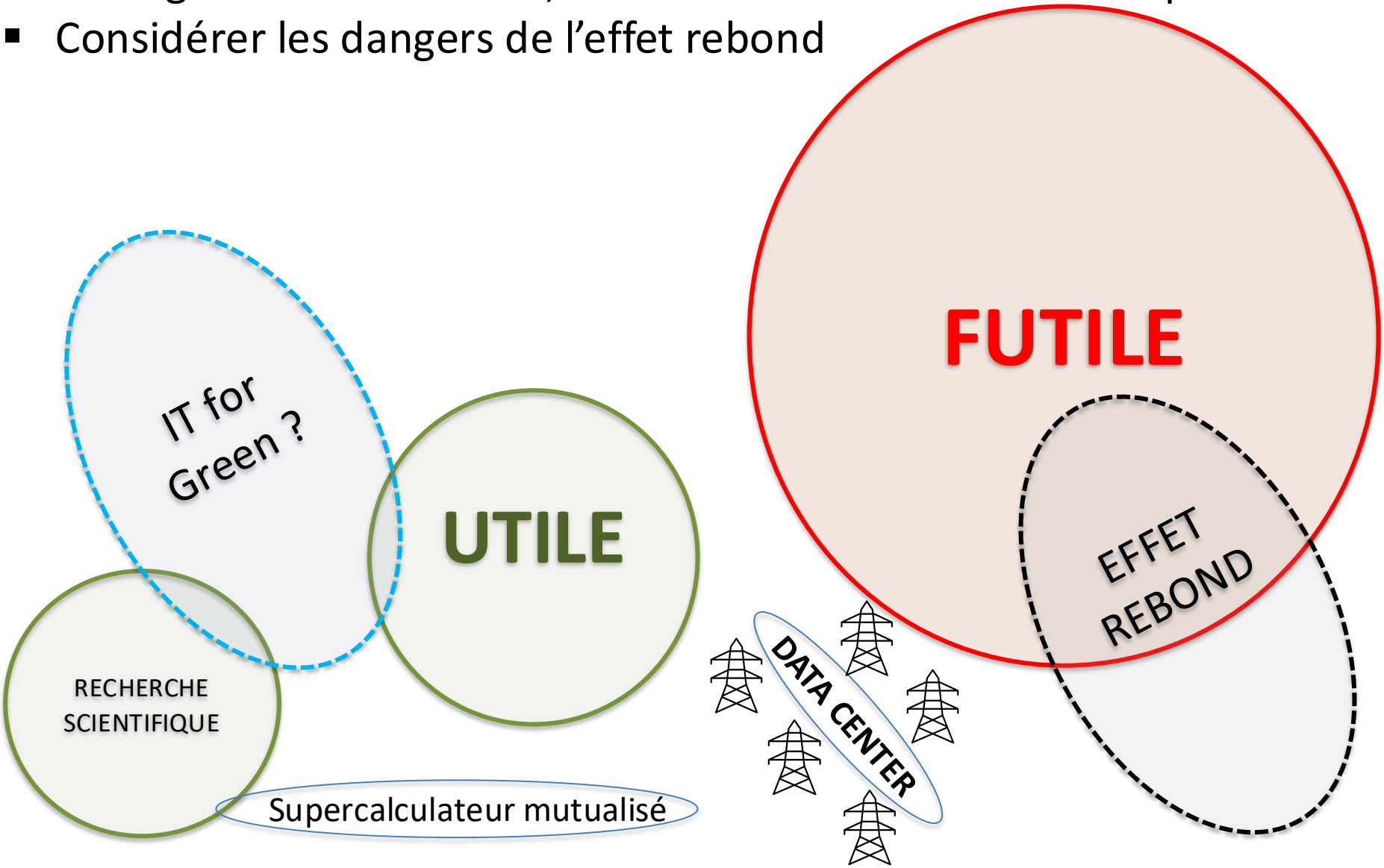


Les nouveaux enjeux du monde numérique : *data centers et IA*

1. **Sciences & techniques**
   - Histoire des Sciences et techniques et émergence du monde numérique
   - De l'écriture, aux révolutions (industrielle, électrique, numérique)
   - Convergences scientifiques et technologiques et objets du numérique
   - Le monde numérique aujourd'hui
2. **IA**
3. **Data centers : le revers énergétique du numérique**
4. **IA & Data centers**
5. **Les impacts du numérique**
   - Energie & Ressources
   - Enjeux sociétaux
6. **Des impacts aux usages**
7. **Vers un numérique plus responsable : agir !**

Usages

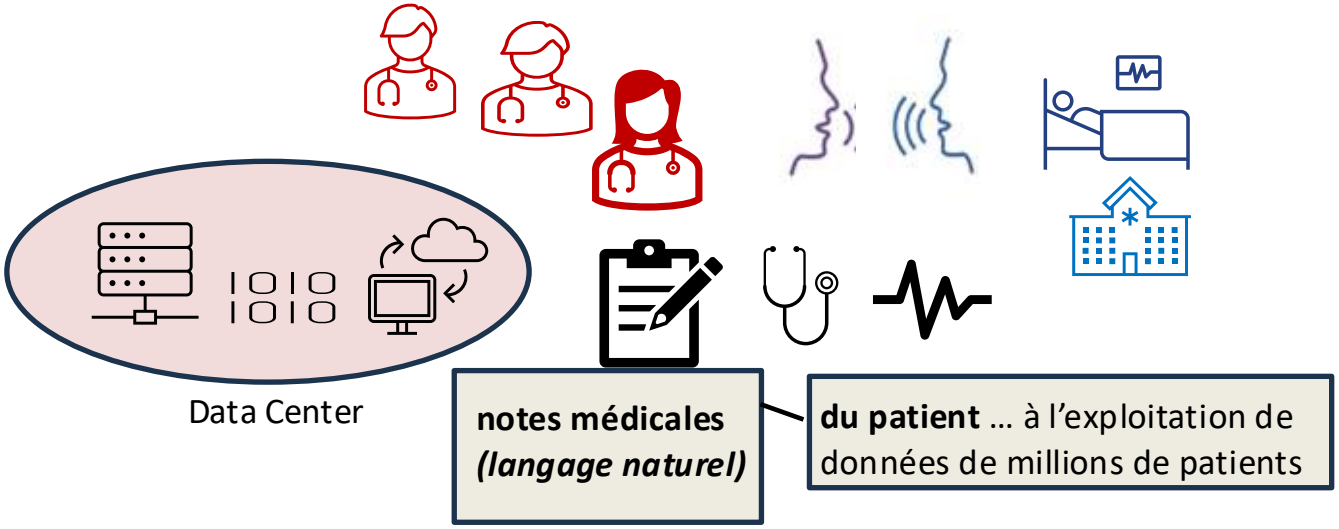
- Distinguer l'utile du futile, avec des infrastructures identiques !
- Considérer les dangers de l'effet rebond



L'utile

- La santé, l'environnement : nourrir, soigner, protéger …
- Les métiers et les services de demain
- La recherche scientifique et technologique : défis, opportunités
  - *Exemples : batteries du futur*
- Modéliser, simuler, apprivoiser les nouvelles techniques :
  - *IA, Blockchain …*
- Les défis de l'éducation et des impacts sociétaux

Santé & IA

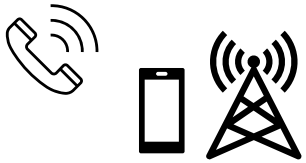


- La place fondamentale de l'humain …
- Toutes les composantes de la santé vont être profondément modifiées par l'usage de l'IA
  - *Aides : diagnostic, prédiction, gestion, interfaces …*
- Permettre **l'entrainement massif de modèles d'IA** sur des **données de santé**
- Enjeux de protection des données personnelles de santé
- Traitement de données de santé : comment ?
  - *Quels **data centers** (entrepôts et calculs) souverains et certifiés ?*
  - *L'IA nécessite d'expérimenter de façon itérative dans les phases **d'apprentissage ET d'inférences** avec des moyens appropriés*

Usages

Le futile aujourd'hui

- **6G ? 7G ?**



- ***Streaming*** **individuel dans un TGV**

- **Jeux Vidéo en ligne**

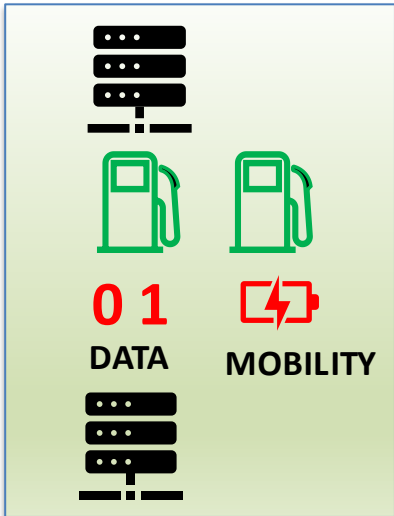
- **Metavers ?**

Environnement immersif 3D

- **Cryptomonnaies** (si *blockchain* non optimisée en sobriété)

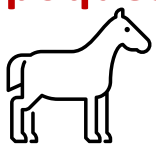
- Certaines applications de **l'IA !**

- **Voiture <u>numérique</u> <u>électrique</u> <u>personnelle</u> <u>autonome</u>** ***non mutualisée***



Poids en kg	POIDS IN origine	POIDS 2024	MAX	POIDS 2024 ELECTRIQUE		BATTERIES	
2 CV	495						
R4	702			1410			
R5	745			1410		300	
204	850						
Ami 6	620						
Fiat 500	470	980		1300			
Mini	635	1250		1730			
Golf	890	1384					
Moyenne	*676*			*1462,5*			
Topolino				487		65	
Tesla M3				1746		454	
SUV minimum		1500	3000				
VELO		15	20				
VELO ELECTRIQUE		22	30			2,5 à 6	

Mobilité au travers des époques



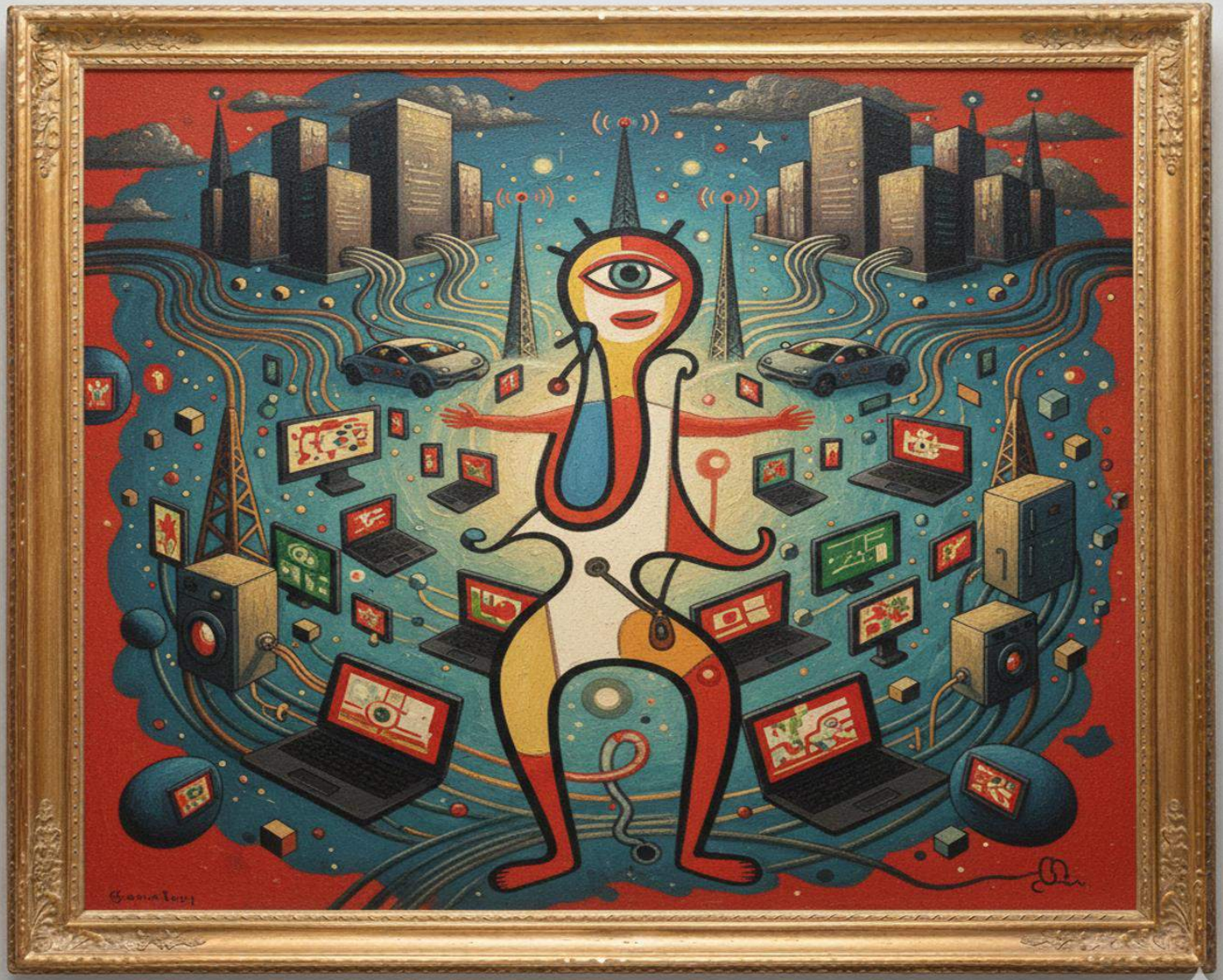
Poids moyen d'une automobile il y a 50 ans et aujourd'hui

En un demi-siècle :

- **Poids d'un véhicule : multiplié d'un facteur 2 à 6 !**
- **Poids des batteries : correspond à un véhicule du passé !**
- ➢ ***Voitures numériques communicantes électriques bientôt autonomes***

Les nouveaux enjeux du monde numérique : *data centers et IA*

1. **Sciences & techniques**
   - Histoire des Sciences et techniques et émergence du monde numérique
   - De l'écriture, aux révolutions (industrielle, électrique, numérique)
   - Convergences scientifiques et technologiques et objets du numérique
   - Le monde numérique aujourd'hui
2. **IA**
3. **Data centers : le revers énergétique du numérique**
4. **IA & Data centers**
5. **Les impacts du numérique**
   - Energie & Ressources
   - Enjeux sociétaux
6. **Des impacts aux usages**
7. **Vers un numérique plus responsable : agir !**



Mémoire étudiants
Cycle préparatoire PEIP
(@Bac +1 +2)
Accès écoles d'ingénieurs
(@Bac +3)

REGULATION

- **General Data Protection Regulation**

Règlement général de protection des données (RGPD)

Texte réglementaire européen (2018) qui encadre le traitement des données de manière égalitaire sur tout le territoire de l'Union européenne (UE). Il s'inscrit dans la continuité de la loi française « Informatique et Libertés » de 1978, modifiée par la loi du 20 juin 2018 *relative à la protection des données personnelles, établissant des règles sur la collecte et l'utilisation des données sur le territoire français. Il a été conçu pour renforcer les droits des personnes et responsabiliser les acteurs traitant des données.*

- **Law of February 10, 2020: Anti-Waste for a Circular Economy**

Loi n° 2020-105 du 10 février 2020 : **Anti-Gaspillage pour une Economie Circulaire (AGEC),** pour accélérer le changement de modèle de production et de consommation afin de limiter les déchets et préserver les ressources naturelles, la biodiversité et le climat, lutter contre toutes les différentes formes de gaspillage et transformer notre économie linéaire (produire, consommer, jeter), en une économie circulaire.

- **Law No. 2021-1485 of November 15, 2021, aimed at reducing the environmental footprint of digital technology in France**

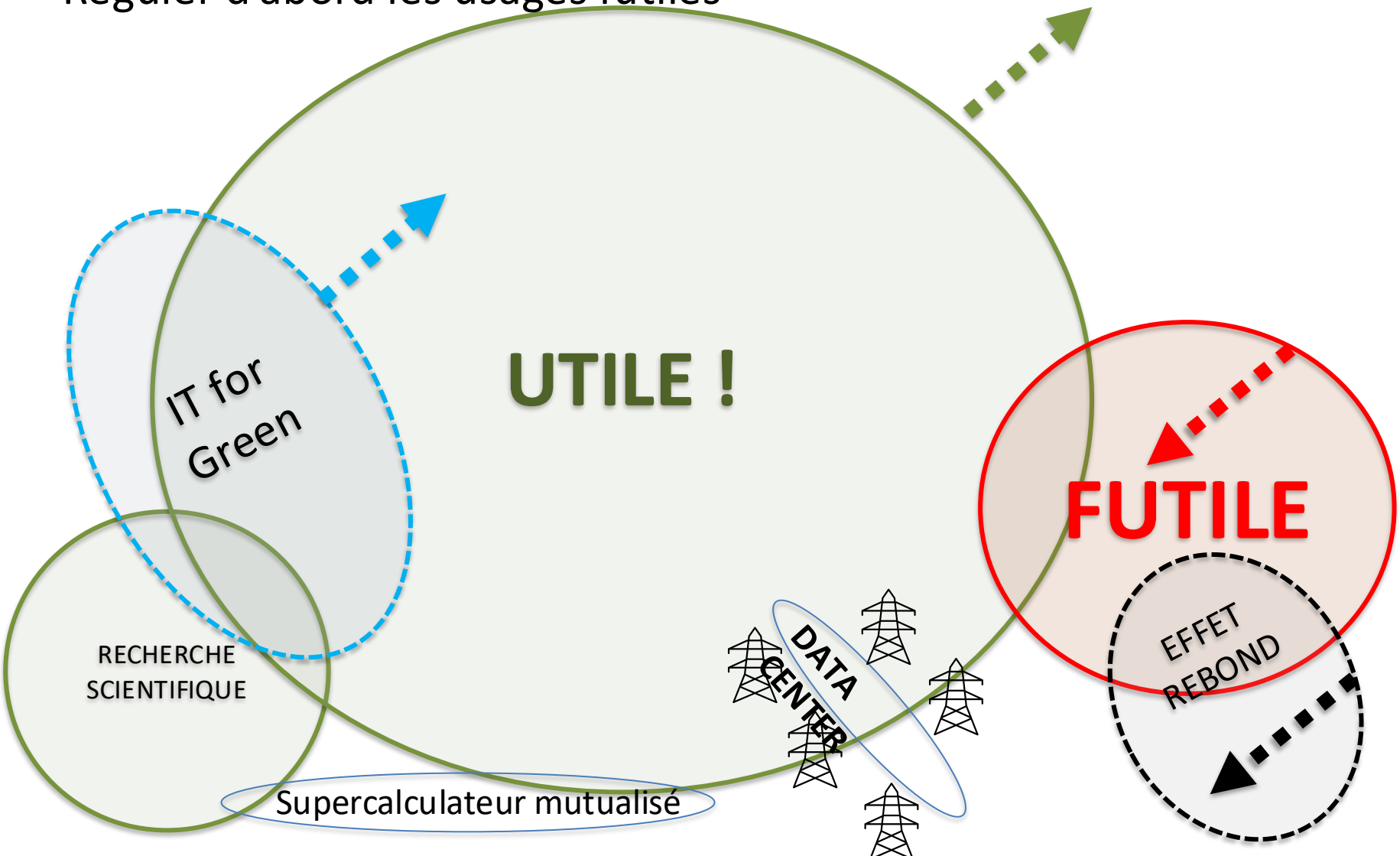
Loi n° 2021-1485 du 15 novembre 2021 visant à réduire **l'empreinte environnementale du numérique en France**.

- **European Artificial Intelligence Act (2024)** **IA act**

Loi européenne sur l'intelligence artificielle (2024): tout premier cadre juridique en matière d'IA, qui traite des risques liés à l'IA et positionne l'Europe pour qu'elle joue un rôle de premier plan à l'échelle mondiale.

Usages

- Distinguer l'utile du futile, avec des infrastructures identiques !
- Considérer les dangers de l'effet rebond
- Réguler d'abord les usages futiles



Agir individuellement et collectivement
Acting individually and collectively

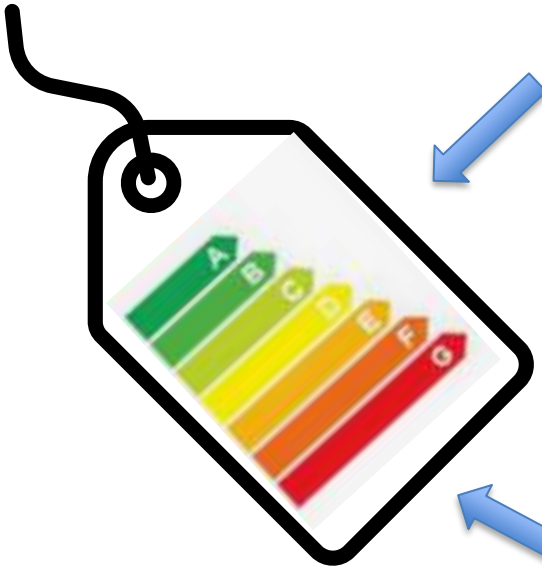
- **Informer**
- **Former**
- **Mesurer**
- **Réguler**
- **Modérer**
- **Mutualiser**

INFORMER

GARANTIE

MAINTENANCE

RECYCLAGE



IMPACTS DE LA FABRICATION

- EAU
- POIDS DE MATIERE PREMIERE
- ENERGIE
- POLLUTIONS
- GES, BILAN CARBONE

Indignez vous !

LIEUX DE FABRICATION
ET D'ASSEMBLAGE
IMPACTS SOCIAUX & ETHIQUE

DISTANCES PARCOURUES

CONSOMMATION ELECTRIQUE

Marche
Veille

Cycle de vie : fabrication et transport, utilisation, réparation, recyclage et fin de vie

Low tech

Innovation de rupture

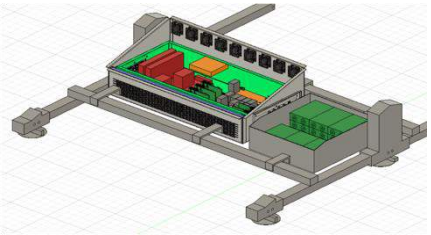
A. Gamatie M. Robert G. Sassatelli

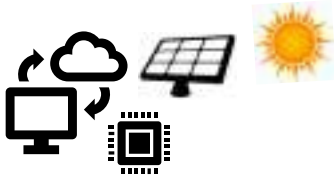
Coupler en circuit court les énergies renouvelables et les données- ressources informatiques distribuées et ré-utilisées

Pour un numérique responsable, économe en énergie, et distribué sur des surfaces inexploitées

Offrir de nouveaux services mutualisés :

- En couplant en « **circuit court numérique** » les **flux de données ET d'énergie photovoltaïque**
- En remettant en question le principe même du ***data center***, en prônant une **approche distribuée**, en osmose avec les formes urbaines (cinquième facade) et les usages inhérents.
- Dotés de réseaux d'alimentations intelligents autogérés, la plateforme agrège production, stockage et distribution d'énergie
- Mixage possible entre divers modes d'utilisation de l'énergie, du calcul et des données
- L'architecture innovante et brevetée a été installée et validée sur le toit de Polytech Montpellier (co-financement Région)
- Actuellement la plateforme permet de tester les consommations énergétiques de requêtes d'IA génératives.





Agir individuellement et collectivement

- **Informer**
- **Former**
- **Mesurer**
- **Réguler**
- **Modérer**
- **Mutualiser**

Économie linéaire	*Économie circulaire*
✓ **Extraire**	✓ **Réduire**
✓ **Fabriquer**	✓ **Réutiliser**
✓ **Jeter**	✓ **Recycler**

➢ **ACV**

Intégration des contraintes environnementales dans la conception de produits et services, selon une approche globale multi-critères

Agir individuellement et collectivement

- Informer
- Former
- Mesurer
- Réguler
- Modérer
- Mutualiser

Économie linéaire	*Économie circulaire*
✓ Extraire	✓ Réduire
✓ Fabriquer	✓ Réutiliser
✓ Jeter	✓ Recycler

Biens communs

➢ **ACV**

Intégration des contraintes environnementales dans la conception de produits et services, selon une approche globale multi-critères

Low tech

4 opérateurs = 4 réseaux

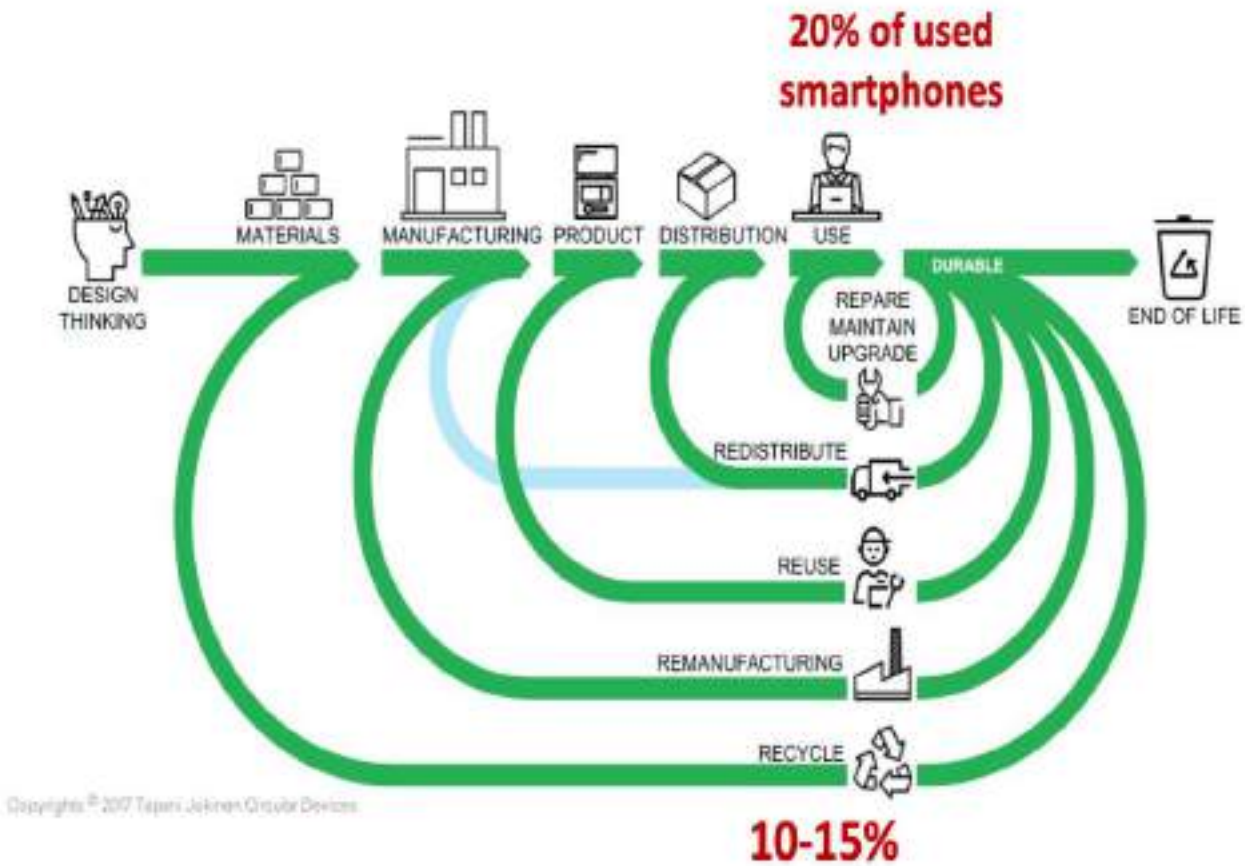
Rendre nos activités compatibles avec les limites planétaires

*Problème **d'optimisation sous contrainte** complexe !*

BIENS COMMUNS ?

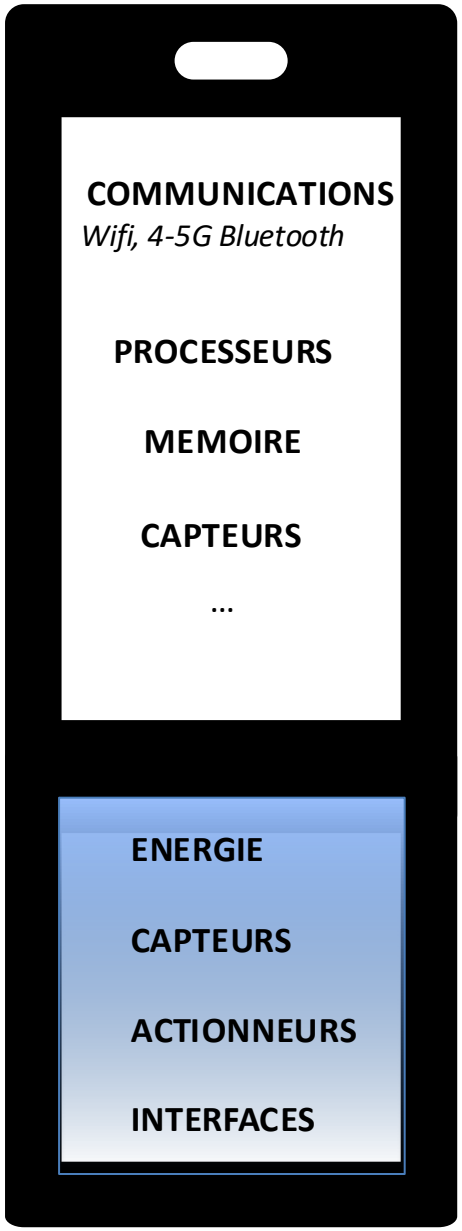
- repenser les modèles de consommation
- éviter les forfaits à usages illimités
- mutualiser

Electronics Waste



We must implement solutions for **more circularity**

The shorter the loop is, the better is … **Reuse, Repair, Repurpose, …**



- # Réparer ?

  - Fairphone

- # Reconfigurer, Réutiliser ?

Reformatage de smartphones pour d'autres usages

  - Circular Microcomputers
    https://citronics.eu/#page-top

  - Applications grand public low tech

CONCLUSION

Conclusion

De l'abondance et de l'insouciance aux sobriétés

- Le monde numérique n'est pas immatériel : au vu de **nos usages** sa réalité physique a des impacts **énergétiques environnementaux**, et **sociétaux**
- **Le numérique est *remède et poison*, et donc affaire de dosage, en distinguant *l'utile et le futile***
- **L'émergence des IAg amplifie ces impacts**
- **Agir ! Passer de l'émotion à la raison, à la régulation voire à l'interdiction de certains usages**
- Ces enjeux **d'optimisation sous contraintes** représentent des **défis,** des **menaces,** mais aussi des **opportunités** *(créativité, innovation, recherche, éducation…)*

Société numérique

IMPACTS HUMAIN

EDUCATION

Progrès

Loisirs

Gestion du Temps

INFORMATION

Libertés ?

Egalités ?

Local & Global

Robustesse

Dépendances

Asservissements

Exploitation

Données Calculs

PERFORMANCES ?

REGULATIONS

Violences

usages

Ressources

Énergies

Sciences de l'ingénieur

Sciences humaines et sociales

Utile Futile

Technologies

Impacts

Applications

Economie

Effet rebond

Recyclage

Pollutions

Planète

IMPACTS Environnement

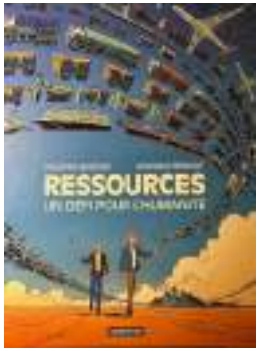
Climat

Le monde numérique n'est pas immatériel,
son développement doit se faire avec conscience, et responsabilité,
en comprenant que les usages ont des effets complexes et interdépendants sur

- la société,
- l'environnement,
- les générations futures

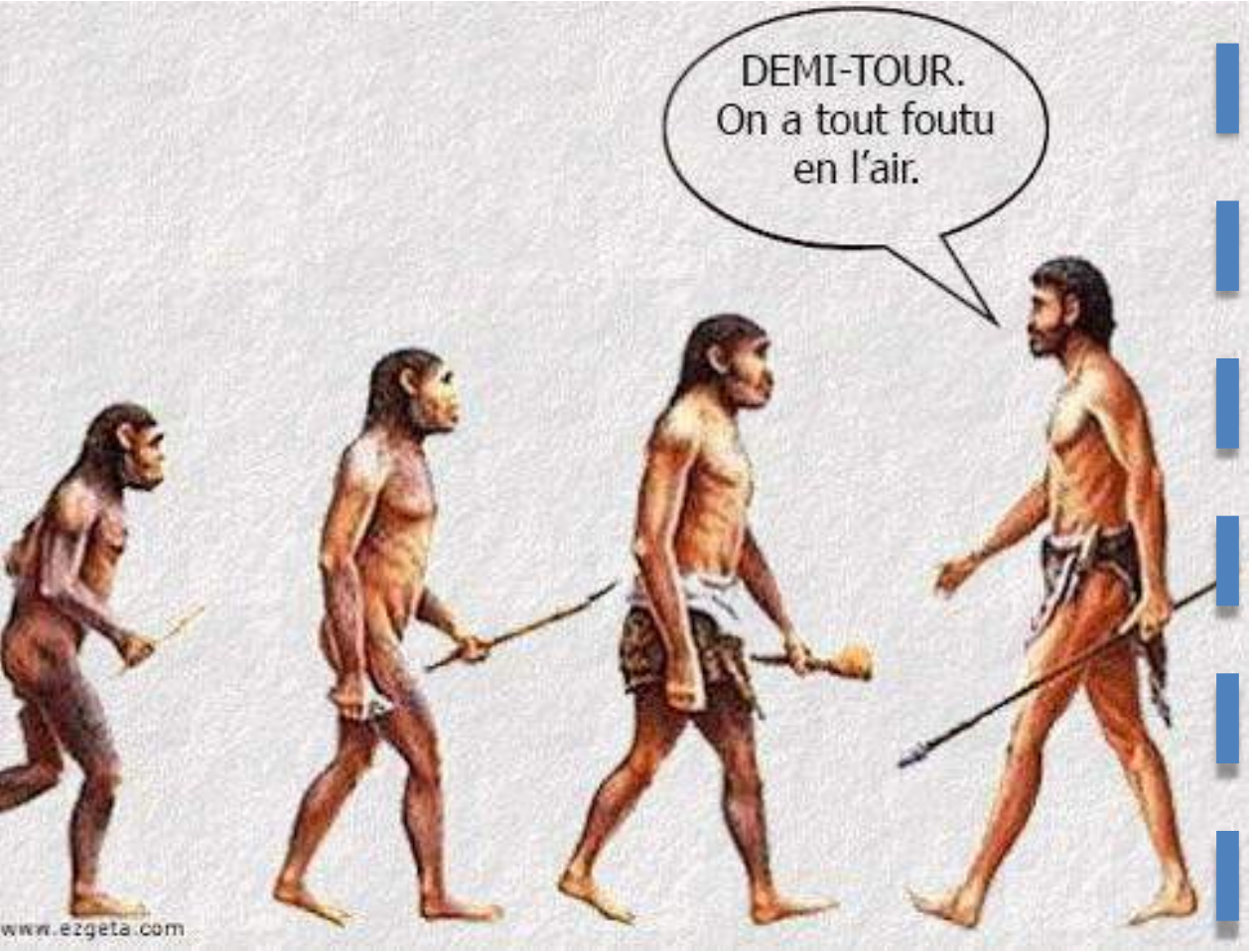
Quelques références …

- Ressources : Philippe Bihouix - Aurore Stephant
- Energie, CO_2 : Jean Marc Jancovici
- SHS : Edgar Morin, Olivier Hamant
- Aurélien Barrau



https://theshiftproject.org
https://www.ademe.fr
https://www.greenit.fr
https://time-planet.com/fr
https://institutnr.org
https://www.fresquedunumerique.org

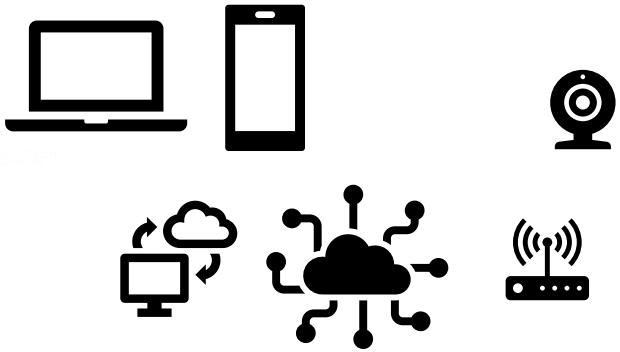
UNE BRÉVE HISTOIRE DE NOTRE PLANETE, DE NOS RESSOURCES, DE L'HUMAIN ET DE SES IMPACTS



Plusieurs sociétés dans l'histoire ont décliné ou se sont effondrées à cause :

- *de problèmes environnementaux liés à une surexploitation des ressources*
- *d'autres facteurs sociaux, politiques, ou climatiques…*

- Une certitude : notre empreinte actuelle et la disparition de ressources et d'écosystèmes
- Quels modèles sociétaux ? performance & violence, robustesse



- ✓ Définition du « **numérique** » 00101001010101111001
- ✓ L’explosion du volume des **données** : pourquoi ?
- ✓ Quelles **ressources** ?
- ✓ Quel **impact sur l’environnement** ?
- ✓ Est-ce qu’il est possible de **recycler** ?
- ✓ C’est quoi **l’effet rebond** ?
- ✓ Est-ce que le numérique peut être vertueux ?
- ✓ Quelle **responsabilité sociétale** avons-nous ?
- ✓ Quelles recommandations pour un **numérique responsable** ?