

# Les enjeux et les opportunités de l'Intelligence Artificielle (IA) dans la Transition Energétique

Technocentre Henri-Fabre Rte de Martigues, 13700 Marignane 29 avril 2025

## Le CINES : un data center souverain, sécurisé et axé sur la sobriété énergétique

Pr. Michel ROBERT

Université de Montpellier

Directeur du CINES (Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur)

Chaire Polytech – ISIA « *Responsabilité, éthique et impacts des Technologies Numériques* »

Président de la section Sciences de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier

Membre honoraire de l'Institut Universitaire de France

David LUIS

CINES

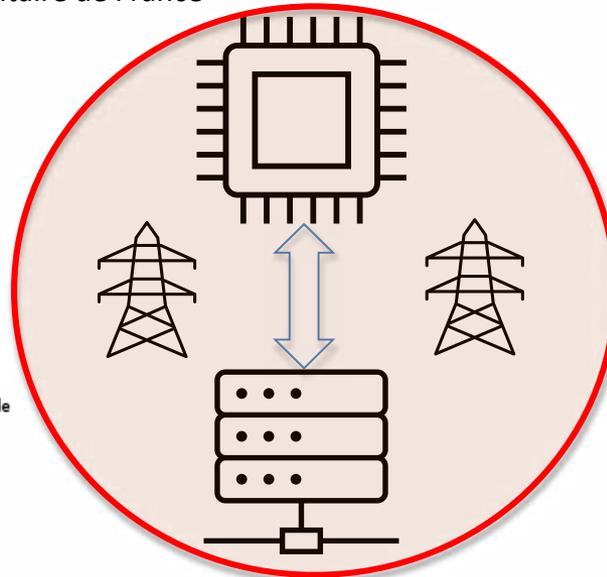
Responsable du département Logistique, en charge des infrastructures électrique du centre.

# CiNES

  
MINISTÈRE  
DE L'ENSEIGNEMENT  
SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE

Liberté  
Égalité  
Fraternité

Direction générale  
de l'enseignement supérieur  
et de l'insertion professionnelle  
Direction générale  
de la recherche  
et de l'innovation



RE:INE:  
RESPONSABILITÉ. ÉTHIQUE. IMPACT. NUMÉRIQUE

 POLYTECH  
MONTPELLIER

isia



LIRMM



*Pour un numérique plus éthique, plus responsable, plus vertueux*



## Les 4 piliers de la chaire :

- **1 - Formation et Education** : définir un programme de formation au sein de Polytech Montpellier sur la responsabilité sociétale du numérique
- **2- Territoire et Citoyen** : volonté de rayonner sur le territoire, en s'adressant également aux citoyens dans le cadre de débats, de conférences grand public, ou en lien avec les collectivités locales
- **3 - Innovation** : faire le lien entre formation-entreprises-recherche pour développer de nouvelles innovations sur le territoire.
- **4 - Inclusion numérique** : promouvoir l'utilisation d'un numérique utile, inclusif, permettant de favoriser l'accessibilité numérique.



# Société numérique : performances et risques

## MOTS CLÉS

numérique, informatique & IA, microélectronique, communications  
objets connectés,  
processeurs mémoires

**data centers, données, calculs**

**énergie**

**ressources**

**impacts : environnementaux, sociétaux**

*Responsabilité Sobriété Sécurité Souveraineté  
éthique*

émotion & raison

usages : utiles, futiles

# Centre Informatique National de l'Enseignement supérieur

## MUTUALISATION NATIONALE

Calcul intensif

Hébergement

Archivage pérenne

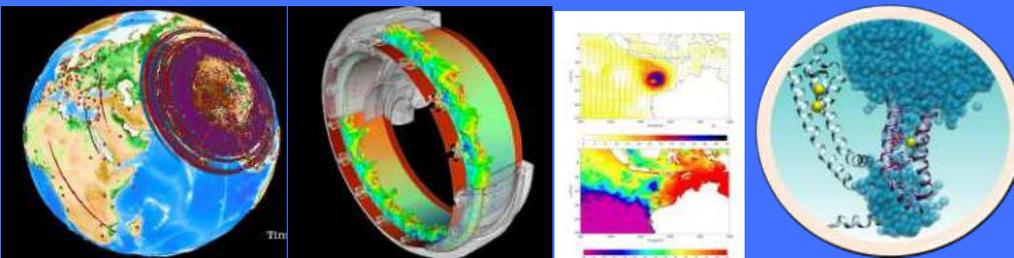
*Souveraineté Sécurité Sobriété*



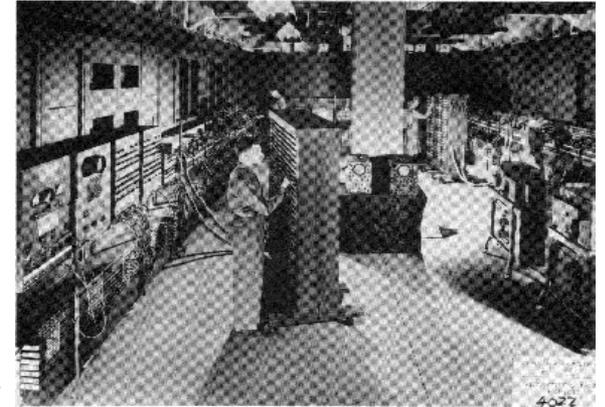
**ADAstra**  
**1,4 MW**  
**100 PFlop/s**

**17 GWh**  
*(2024)*

**1 W = 70 GFlop/s**



# Calcul numérique intensif



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

Premier calculateur électronique

*1500 relais 17468 tubes électroniques ,*

*30 tonnes, 150 KW, 5000 additions par seconde*

***Pour 1 W : 0,03 addition/s***

- **1980 : calculateur CINES : 5 MIPS ( $5 \cdot 10^6$ )**  
**> 1000 ENIAC**

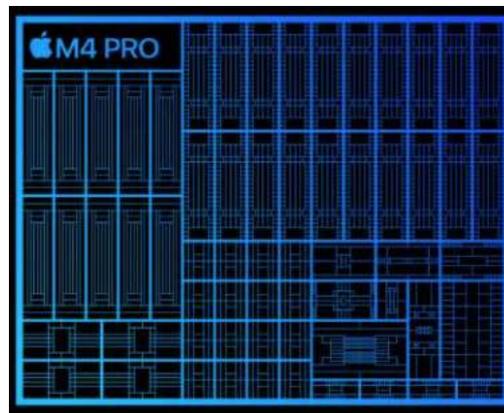
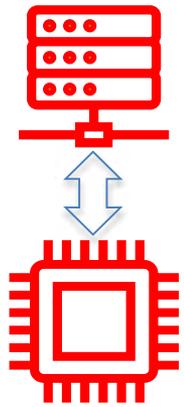
**CiNES**

- **2024 : CINES ADASTRA 100 PFlop/s= ( $10^{17}$ )**  
**> 20 milliards CINES 1980 !**

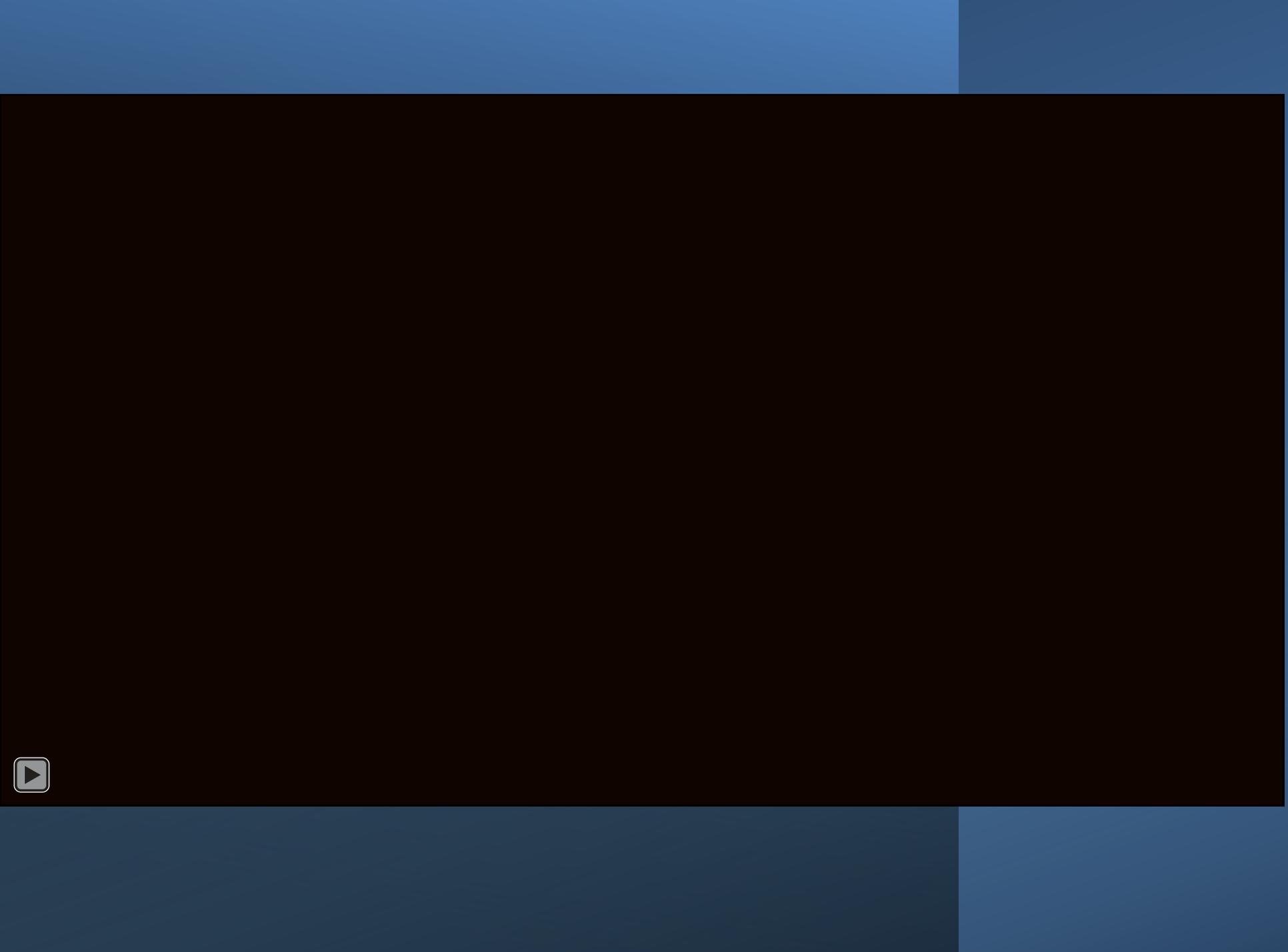
***Pour 1 W :  $70 \cdot 10^9$  opérations/s (FP 64)***



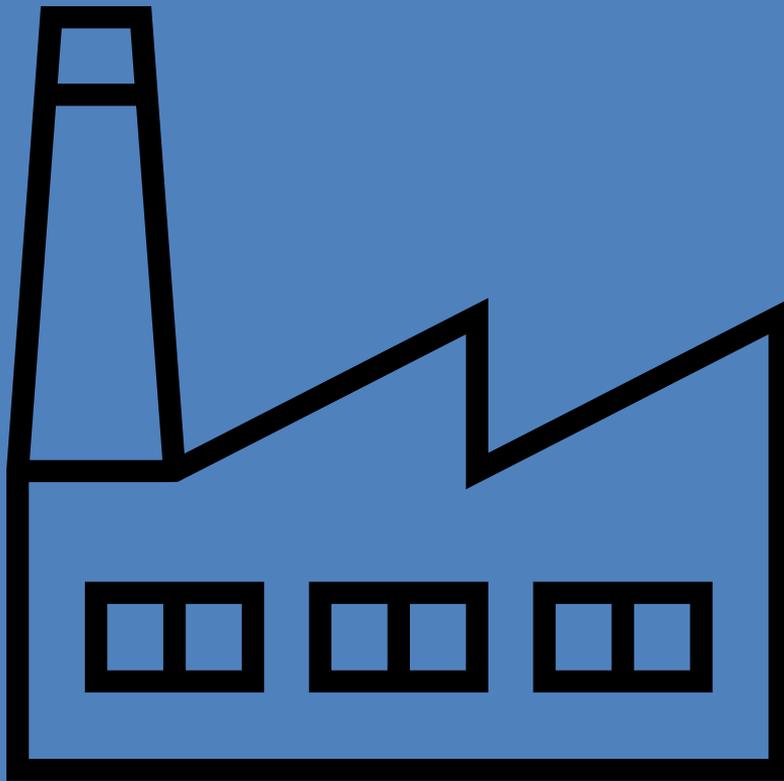
# 100 milliards de Transistors (# 3 nm)



- # 30 G Tr. 3 nm
- ARM
- CPU, GPU, NPU
- Neural Engine :# 40 T op/s



# Data center ?



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

...

# LES COMPOSANTS FONCTIONNELS D'UN DATA CENTER

*externe*

**Réseau de très haute tension**  
réseau RTE et/ou Enedis selon taille du data center

**Poste de transformation**  
sur site, pour data centers de grande taille

**Alimentation électrique**  
généralement multipliée pour redondance

**Alimentation en eau pour refroidissement**  
par réseau urbain ou pompage d'eau souterraine/de surface

**Réseau de chaleur urbain**  
permettant d'utiliser la chaleur résiduelle, dite fatale (*optionnel*)

**Partie Gestion & Logistique**  
avec accueil, bureaux, zone logistique, parking et équipements de sécurité plus ou moins importants, selon taille et type du data center.



**Partie technique de refroidissement**  
climatisation sur toiture ou à l'extérieur du bâtiment.

**Partie informatique**  
salles serveurs, souvent regroupés en *IT Pods* (chacun, par exemple, dédié à une entreprise).

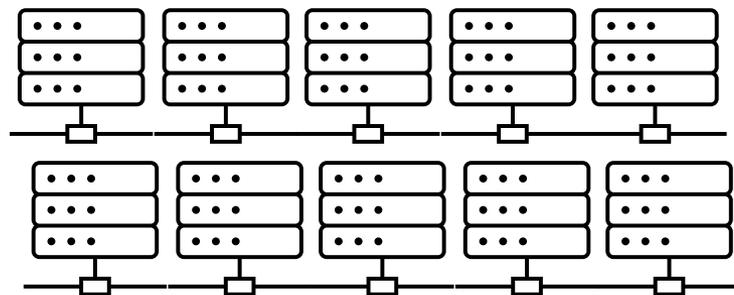
**Partie technique électricité et secours**  
contenant groupes électrogènes, batteries, onduleurs, transformateurs et réserves de fioul





# MUTUALISATION DES EQUIPEMENTS

CENTRALISÉ  
ou  
DISTRIBUÉ ?



HEBERGEMENT  
RESEAUX  
CALCUL  
STOCKAGE

SOUVERAINETÉ  
SECURITÉ  
SOBRIETÉ

**DATA CENTER**  
  
**CENTRE DE  
DONNÉES ET CALCULS**

ENERGIE  
EAU

HPC  
&  
IA

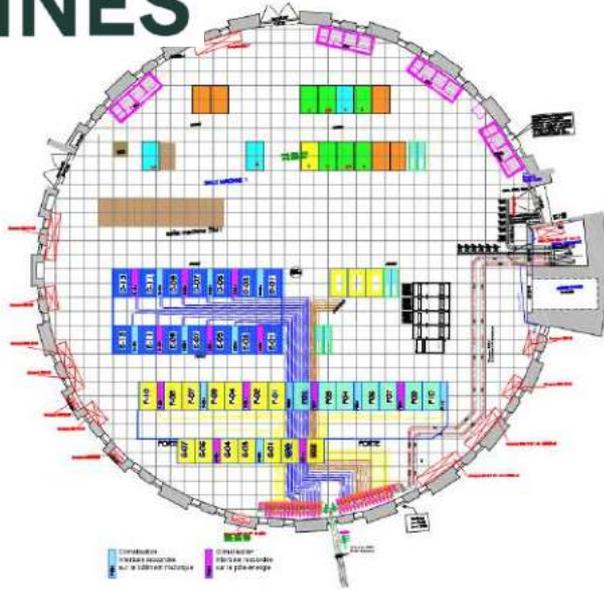


PUBLIC ou PRIVÉ ?

**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)*

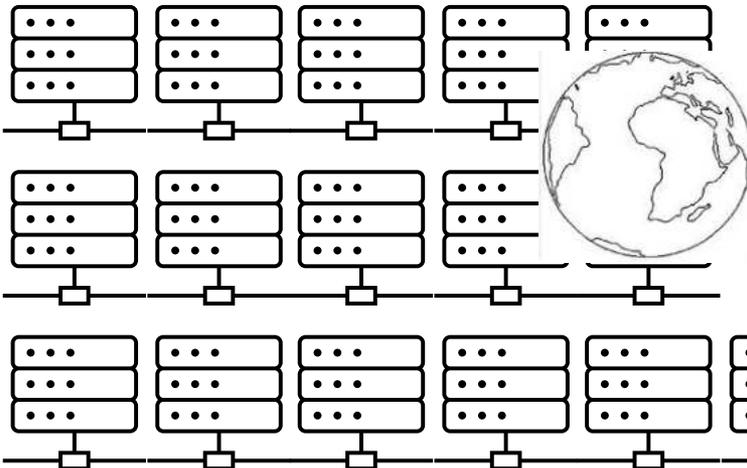


*circuit court*  
**Public**

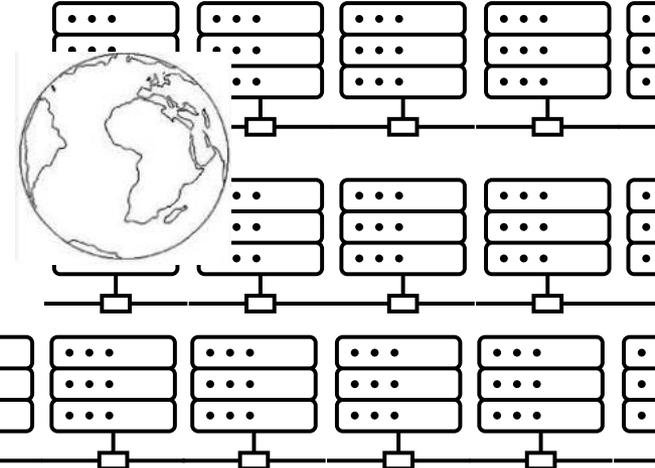


**SOUVERAINETÉ  
SECURITÉ  
SOBRIÉTÉ**

**CINES = 5 salles machines (1 500 m<sup>2</sup>), 2 lignes ERDF (2,6 MW et 10 MW), Double alimentation ondulée et sécurisée par groupe électrogène, 2 chaînes de production de froid, Copies et sauvegardes dans des salles distinctes + copie à distance, Capacités de stockage de plusieurs PetaOctets, accès réseau performant**



*circuit imprécis*  
**Privé**



# CALCULER : BILAN ?

*Adéquation  
moyens- besoins :  
mesure ?*



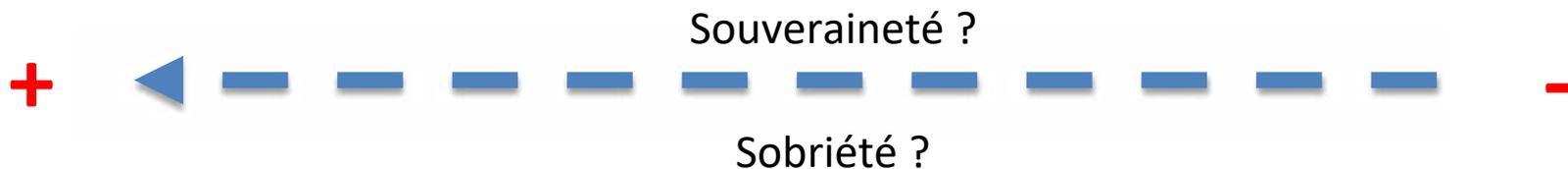
- Local : équipe, laboratoire, établissement
- Régional
- National : GENCI (CINES, IDRI, TGCC)
- Européen : EuroHPC



- GAFAM ...
- AUTRE ...



- International



# Sobriété numérique et intelligence artificielle



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

# Sobriété numérique et intelligence artificielle

➤ **SANS DATA CENTERS, PAS D'IA !**

➤ **SANS ENERGIE, PAS DE DATA CENTERS !**

THE CONVERSATION  
L'expertise universitaire, l'exigence journalistique  
<https://theconversation.com/fr>



Les émissions de gaz à effet de serre générées par le numérique sont pour 25 % dues aux data centers, 28 % dues à infrastructures réseau et 47 % dues aux équipements des consommateurs. Shutterstock

## L'inquiétante trajectoire de la consommation énergétique du numérique

Publié: 2 mars 2020, 22:13 CET

THE CONVERSATION  
L'expertise universitaire, l'exigence journalistique



Optimiser la consommation énergétique des bâtiments hébergeant les data centers a eu un global effet négatif : la consommation a augmenté. Oleksiy Mark, Shutterstock

## La chasse au gaspillage dans le cloud et les data centers

Publié: 29 janvier 2023, 18:01 CET

# Mix électrique français

Source : RTE



## Nucléaire

361,7 TWh



## Hydraulique

74,7 TWh



## Eolien

46,6 TWh



## Solaire

23,3 TWh



## Gaz

17,4 TWh



## Thermique renouvelable

10,2 TWh



## Autres

2,6 TWh

# Sommet de l'IA : le fonds canadien Brookfield va investir 20 milliards d'euros en France, notamment pour développer ses data centers

Avec **1 gigawatt** de puissance de calcul maximale, le projet de Brookfield à Cambrai fait jeu égal avec le data center prévu par les Emirats arabes unis sur un « campus » axé sur l'IA.

Le Monde avec AFP

Publié aujourd'hui à 08h13 · 🕒 Lecture 1 min.

HAUT CONSEIL  
pour le CLIMAT

TENIR LE CAP  
DE LA DÉCARBONATION,  
• PROTÉGER LA POPULATION



**FRANCE 2030**

La France de 2030 se prépare aujourd'hui !

# Guerre en Ukraine : Donald Trump lorgne sur les métaux précieux ukrainiens en échange de l'aide américaine

A l'automne dernier, Kiev avait ouvert la porte à une "exploitation commune des ressources stratégiques" de l'Ukraine avec ses partenaires internationaux.

franceinfo avec AFP  
France Télévisions

Publié le 03/02/2025 23:27 | Mis à jour le 03/02/2025 23:49

franceinfo:  
Votre opinion compte pour nous.

# Quel est le lien entre votre téléphone, un métal rare et la guerre en RD Congo ?



GETTY IMAGES

Damian Zane  
BBC News

4 février 2025

# Intelligence artificielle : les Emirats arabes unis vont construire un "data center" géant en France, selon l'Elysée

Ce projet "représente des investissements d'un ordre de grandeur de 30 à 50 milliards d'euros", a précisé la présidence.

franceinfo avec AFP  
France Télévisions

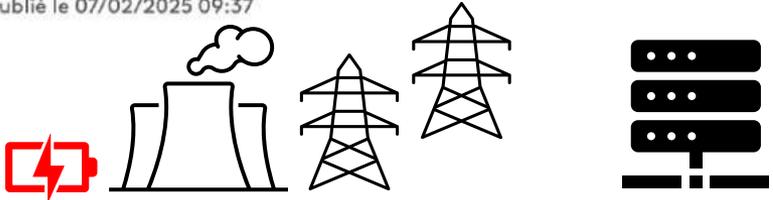


1 GW ?

# Une trentaine de sites pour de futurs data centers



Publié le 07/02/2025 09:37

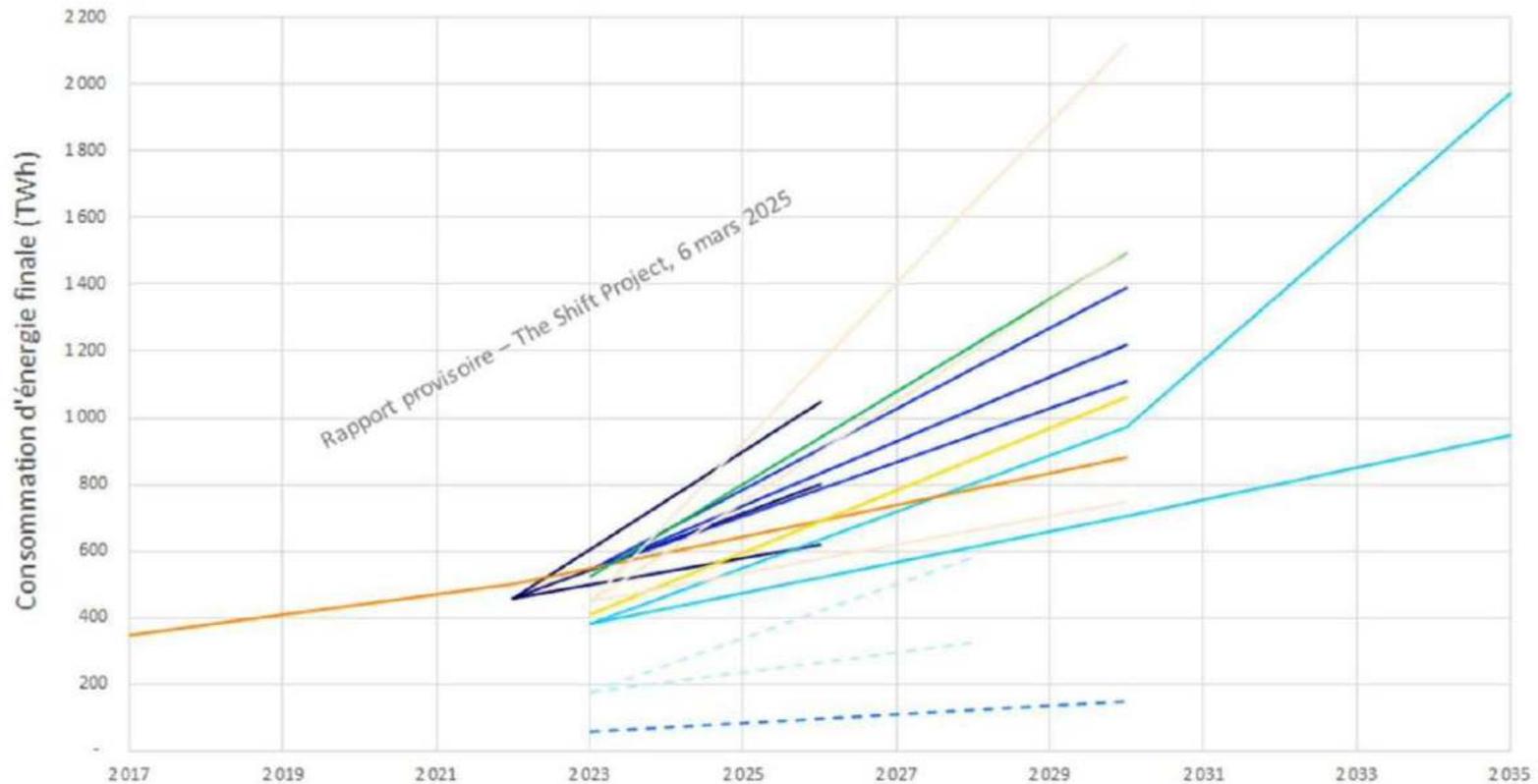


20 Minutes avec AFP

Publié le 06/02/2025 à 23h32 • Mis à jour le 07/02/2025 à 10h06

Parallèlement, la ministre française en charge de l'IA, Clara Chappaz, a révélé que 35 sites « prêts à l'emploi » sont déjà identifiés pour accueillir de futurs centres de données en France. Ces infrastructures couvriront environ 1.200 hectares, avec une annonce de leur emplacement prévue pour le début de la semaine prochaine.

### Consommation énergétique des centres de données (phase d'utilisation) (TWh)



- IEA, 2024 - Low case
- IEA, 2024 - High case
- IEA WEO, 2024 - Based on electricity added for 2023-2030
- Deloitte, 2024 - Baseline
- Borderstep (Hintemann, Hinterholzer, 2020)
- Jefferies, 2024
- SemiAnalysis - Base Case
- US - LBNL, 2024 - low
- Europe (UE27+UK) - McKinsey, 2024
- IEA, 2024 - Base case
- IEA WEO, 2024 - Based on electricity added for 2023-2030 + slower data center growth
- IEA WEO, 2024 - Based on electricity added for 2023-2030 + faster data center growth
- Deloitte, 2024 - High adoption
- Goldman Sachs, 2024
- SemiAnalysis - Limited AI Impact
- SemiAnalysis - Accelerated Case
- US - LBNL, 2024 - high

**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)**

# Training compute of frontier models



Nombre d'opérations nécessaires pour entraîner un modèle d'IA

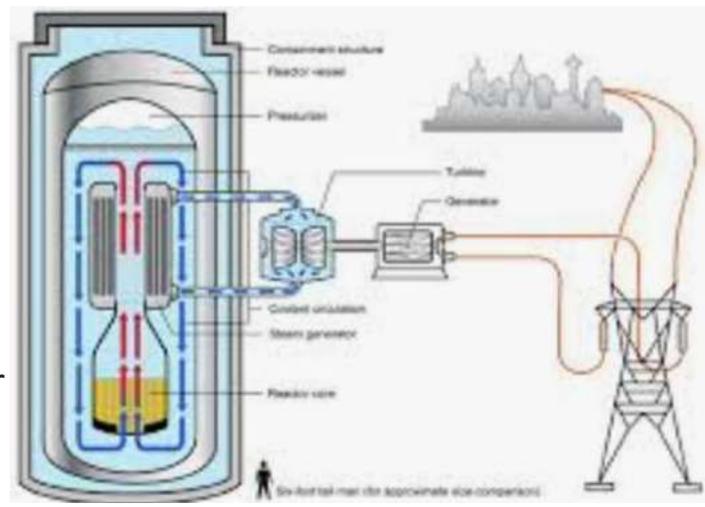


1 exaflop =  $10^{18}$   
 GPT4 =  $10^{25}$   
 Soit  $\times 10^7$  s (4 mois en FP64)  
 (# 1 mois en FP16)

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



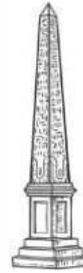
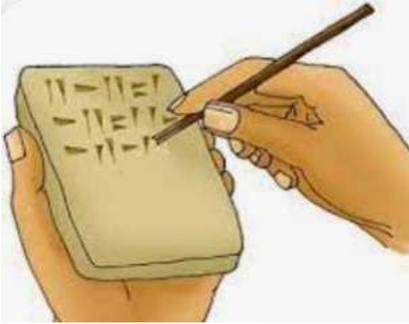
**SMR**  
 petits réacteurs nucléaires modulaires de faible puissance (20 à 300 MW)

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

## *Conséquences*

- 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

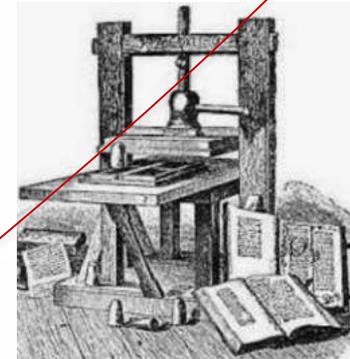
-5000



# De l'écriture au numérique : accélération des innovations



-500



Machine à vapeur

locomotive

-200

révolution industrielle

Accès au système public de réseau ferré

Pile voltaïque

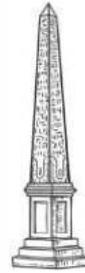
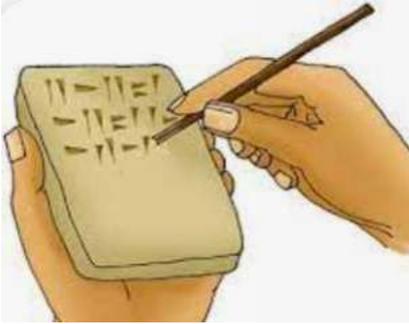
dynamo

-150

révolution électrique

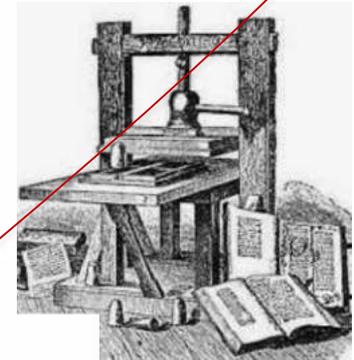
Accès au réseau électrique

-5000



-500

# De l'écriture au numérique : accélération des innovations



-50

**circuit  
intégré**

Electronique  
Télécoms  
Informatique

**révolution  
numérique**



**IA**



-5

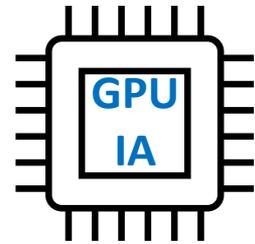
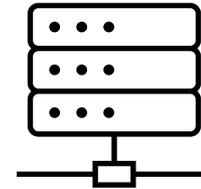


# Le déploiement massif de l'IA induits de nouveaux usages et besoins

## Frugalité et sobriété



- les IA génératives statistiques (LLM) nécessitent des transferts et stockages de données, des calculs complexes en amont (apprentissage) et en aval (inférences), dans des data centers énergivores
- Cela conduit à s'interroger sur la :
  - ✓ *taille des modèles (LLM - SML)*
  - ✓ *précision des calculs nécessaires (de FP 64 à ... bits) :*
  - ✓ *choix des processeurs et des partitions*
- Les IA génératives ajoutent de nouvelles couches d'usages et de besoins :
  - *Nouvelles architectures, capacités de traitement et de stockage des données*
  - *Nouveaux terminaux pour pouvoir rendre des services d'IA locaux*
  - *Nouveaux services, effets d'obsolescence, effets rebonds ...*



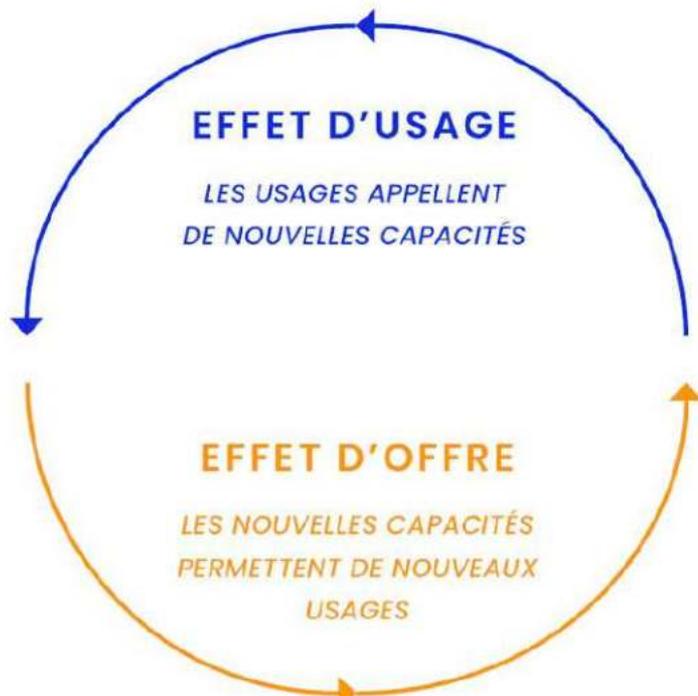
# NOS USAGES & NOS INFRASTRUCTURES

sont les deux faces d'une même dynamique



## Centre de données

hyperscaler, edge, terminaux plus puissants, processeurs, processeurs graphiques



## Usages

Voix, SMS, MMS, vidéos, HD, 4K, 8K, mondes virtuels, IA générative, IA



LE THINK TANK  
DE LA TRANSITION  
BAS CARBONE

**Intelligence  
artificielle,  
données, calcul :  
quelles infrastructures  
dans un monde décarboné ?**

# Apple Intelligence

L'intelligence artificielle, naturellement.



Intégrée à vos iPhone, iPad et Mac, elle vous aide à écrire, à vous exprimer et à en faire plus sans effort.



# Sobriété numérique et intelligence artificielle

Peut-on concilier performance, sobriété, souveraineté et éthique au service d'une société numérique durable et responsable ?

Une trajectoire soutenable ou **insoutenable** ?

- RESSOURCES ?
- ENERGIES ?
- IMPACTS ?
- USAGES ?

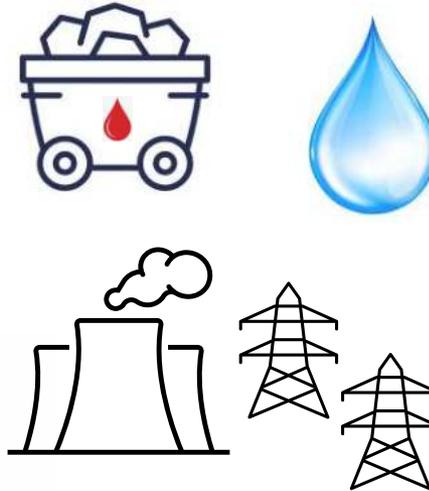
**REGULATIONS ?**

# Empreinte du numérique

## BESOINS

✓ **RESSOURCES**

✓ **ENERGIE**



## IMPACTS

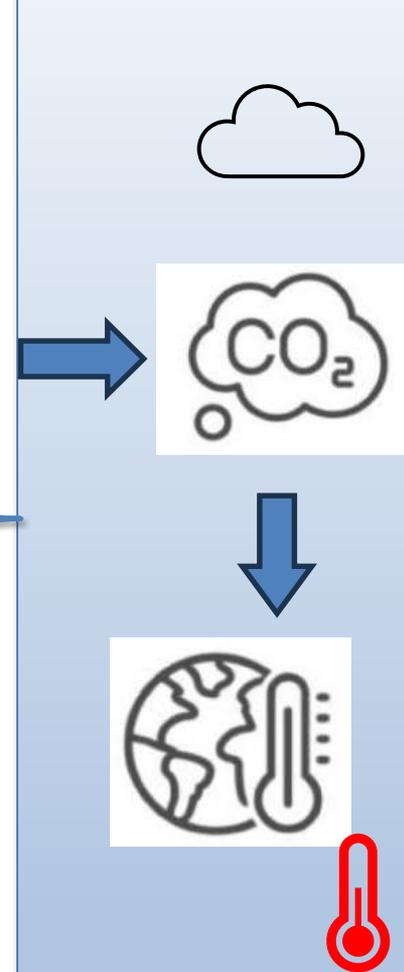
✓ **FABRICATION**

✓ **UTILISATION**

✓ **FIN DE VIE**

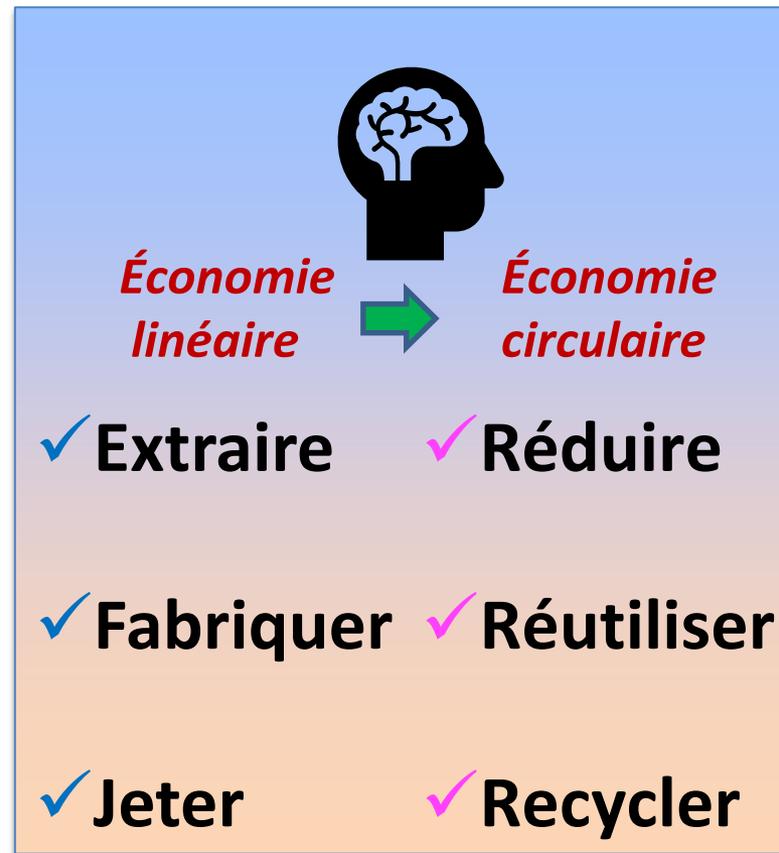


**ETHIQUE**



# Agir individuellement et collectivement

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



**Low tech**



## ➤ ACV

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

# Sobriété énergétique



- Optimisation de l'efficacité du refroidissement
- Récupération de la chaleur : chauffage de bâtiments, réseau de chaleur
- Mesures, optimisation, supervision des consommations d'énergie
- Mesures et optimisation des calculs pour réduire l'empreinte environnementale

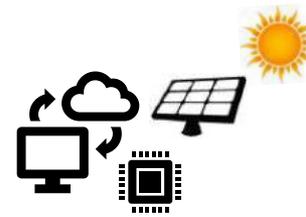
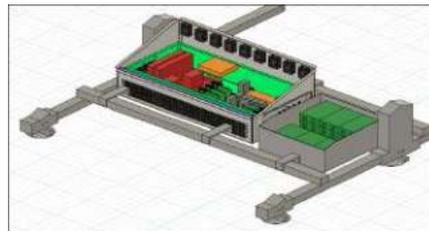
# Low tech

## 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)



# Biens communs



- Repenser les modèles de consommation
- éviter les forfaits à usages illimités



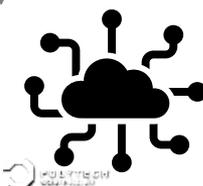
4 opérateurs = 4 réseaux

*Séance du 29 avril 2024*

**La sobriété pour un monde numérique soutenable :  
défis, limites et solutions**

**Michel ROBERT**

Professeur à l'Université de Montpellier  
Directeur du Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur  
Membre de l'Académie des Sciences et des Lettres de Montpellier



« numérique » :

logiciels, matériels, usages



## 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 un impact **énergétique environnemental**, et **sociétal**
- Le numérique est remède et poison, et donc affaire de dosage, en distinguant l'utile et le futile, le réel et le virtuel ...
- Ces enjeux représentent des **défis**, des **menaces**, mais aussi des **opportunités** (*créativité, innovation, recherche, éducation...*)



ENERGIE PRIMAIRE



GAZ À EFFET DE SERRE



EAU



RESSOURCES

Quelques références ...

Philippe Bihouix - Aurore Stephant  
Jean Marc Jancovici



Intelligence artificielle, données, calcul :  
quelles infrastructures dans un monde décarboné ?

RAPPORT INTERMÉDIAIRE - MARS 2025



<https://theshiftproject.org>

<https://www.ademe.fr>

<https://www.greenit.fr>

<https://time-planet.com/fr>

<https://institutnr.org>

<https://www.fresquedunumerique.org>

<https://www.bnf.fr/le-numerique-responsable-bibliographie-mars-2022>