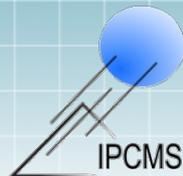


Impact environnemental du numérique ...

... et quelques leviers d'action à notre portée

Dr. Sébastien Le Roux

En collaboration avec **Alsace Réseau Neutre**



Université
 de Strasbourg

Notre monde



Notre monde « capitaliste » numérique

Google



Apple



Facebook



Amaz



Microsoft



Notre monde « capitaliste » numérique

Google



Apple



Facebook



Amazon



Microsoft



| Vue d'ensemble | | Performance | Evaluation | Dividendes | Rentabilité | Compte de résultat | Bilan | Cash Flow | Do |
|----------------|-------|--------------------------------------|-----------------|----------------------------|--------------|--------------------|-------------|------------|----|
| Symbole | | Pays | | ↓ Capitalisation boursière | | Prix | Variation % | Volume Rel | |
| | AAPL | Apple Inc. ^D | Etats-Unis | | 3,68 T USD | 243,36 USD | -0,20% | 0,76 | |
| | NVDA | NVIDIA Corporation ^D | Etats-Unis | | 3,54 T USD | 144,47 USD | +4,45% | 1,22 | |
| | MSFT | Microsoft Corporation ^D | Etats-Unis | | 3,15 T USD | 423,35 USD | +1,14% | 0,80 | |
| | AMZN | Amazon.com, Inc. ^D | Etats-Unis | | 2,36 T USD | 224,19 USD | +1,80% | 0,80 | |
| | GOOG | Alphabet Inc. ^D | Etats-Unis | | 2,36 T USD | 193,13 USD | +1,31% | 0,68 | |
| | 2222 | SAUDI ARABIAN OIL CO. ^D | Arabie Saoudite | | 1,81 T USD | 27,95 SAR | -0,36% | 2,17 | |
| | META | Meta Platforms, Inc. ^D | Etats-Unis | | 1,53 T USD | 604,63 USD | +0,90% | 0,84 | |
| | TSLA | Tesla, Inc. ^D | Etats-Unis | | 1,32 T USD | 410,44 USD | +8,22% | 1,01 | |
| | AVGO | Broadcom Inc. ^D | Etats-Unis | | 1,09 T USD | 232,55 USD | +0,25% | 0,59 | |
| | BRK.A | Berkshire Hathaway Inc. ^D | Etats-Unis | | 978,68 B USD | 681 460,00 USD | +0,88% | 0,92 | |
| | 2330 | TAIWAN SEMICONDUCTO... ^D | Taiwan | | 845,78 B USD | 1 125 TWD | +4,65% | 2,47 | |

Capitalisations boursières – janvier 2025

Notre monde « capitaliste » numérique

Google



Apple



Facebook



Amazon



Microsoft



| Vue d'ensemble | | Performance | Evaluation | Dividendes | Rentabilité | Compte de résultat | Bilan | Cash Flow | Do |
|----------------|------|--------------------------------------|-----------------|----------------------------|--------------|--------------------|-------------|------------|----|
| Symbole | | Pays | | ↓ Capitalisation boursière | | Prix | Variation % | Volume Rel | |
| | AAPL | Apple Inc. ^D | Etats-Unis | | 3,68 T USD | 243,36 USD | -0,20% | 0,76 | |
| | NVDA | NVIDIA Corporation ^D | Etats-Unis | | 3,54 T USD | 144,47 USD | +4,45% | 1,22 | |
| | MSFT | Microsoft Corporation ^D | Etats-Unis | | 3,15 T USD | 423,35 USD | +1,14% | 0,80 | |
| | AMZN | Amazon.com, Inc. ^D | Etats-Unis | | 2,36 T USD | 224,19 USD | +1,80% | 0,80 | |
| | GOOG | Alphabet Inc. ^D | Etats-Unis | | 2,36 T USD | 193,13 USD | +1,31% | 0,68 | |
| | 2222 | SAUDI ARABIAN OIL CO. ^D | Arabie Saoudite | | 1,81 T USD | 27,95 SAR | -0,36% | 2,17 | |
| | META | Meta Platforms, Inc. ^D | Etats-Unis | | 1,53 T USD | 604,63 USD | +0,90% | 0,84 | |
| | TSLA | Tesla, Inc. ^D | Etats-Unis | | 1,32 T USD | 410,44 USD | +8,22% | 1,01 | |
| | AVGO | Broadcom Inc. ^D | Etats-Unis | | 1,09 T USD | 232,55 USD | +0,25% | 0,59 | |
| | BRKA | Berkshire Hathaway Inc. ^D | Etats-Unis | | 978,68 B USD | 681 460,00 USD | +0,88% | 0,92 | |
| | 2330 | TAIWAN SEMICONDUCTO... ^D | Taiwan | | 845,78 B USD | 1 125 TWD | +4,65% | 2,47 | |

Capitalisations boursières – janvier 2025

Notre monde « capitaliste » numérique

Google



Apple



Facebook



Amazon



Microsoft



| Vue d'ensemble | | Performance | Evaluation | Dividendes | Rentabilité | Compte de résultat | Bilan | Cash Flow | Do |
|----------------|--------------------------------------|-------------|-----------------|------------|------------------------|--------------------|-------|-----------|----|
| Symbole | | | Pays | | ↓ Capitalisation bours | Depuis début 2024 | | | |
| AAPL | Apple Inc. ^D | | Etats-Unis | | 3,68 T | + 0.8 T\$ | | | |
| NVDA | NVIDIA Corporation ^D | | Etats-Unis | | 3,54 T | + 2.3 T\$ | | | |
| MSFT | Microsoft Corporation ^D | | Etats-Unis | | 3,15 T | + 0.4 T\$ | | | |
| AMZN | Amazon.com, Inc. ^D | | Etats-Unis | | 2,36 T | + 0.8 T\$ | | | |
| GOOG | Alphabet Inc. ^D | | Etats-Unis | | 2,36 T | + 0.6 T\$ | | | |
| 2222 | SAUDI ARABIAN OIL CO. ^D | | Arabie Saoudite | | 1,81 T | | | | |
| META | Meta Platforms, Inc. ^D | | Etats-Unis | | 1,53 T | + 0.6 T\$ | | | |
| TSLA | Tesla, Inc. ^D | | Etats-Unis | | 1,32 T | + 0.6 T\$ | | | |
| AVGO | Broadcom Inc. ^D | | Etats-Unis | | 1,09 T | | | | |
| BRK.A | Berkshire Hathaway Inc. ^D | | Etats-Unis | | 978,68 B | | | | |
| 2330 | TAIWAN SEMICONDUCTO... ^D | | Taiwan | | 845,78 B | | | | |

Capitalisations boursières – janvier 2025

La solution « ultime »



Tout arrêter et partir vivre en forêt !

Merci pour votre attention !



En réalité ...



- Où se documenter ?
- C'est quoi le « numérique » ?
- Le numérique en quelques chiffres
- Infrastructure 
- Réseau 
- Terminaux 
- Utilisateurs 
- Quelques pistes pour diminuer notre empreinte numérique

Où se documenter ?



Autorité de régulation des communications électroniques,
des postes et de la distribution de la presse

<https://www.arcep.fr/>

« **Numérique soutenable** »



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Le portail de tous les citoyens pour s'informer sur les
enjeux de l'environnement et du développement
durable et trouver des services utiles

<https://www.notre-environnement.gouv.fr/>



Agence de la transition écologique

<https://www.ademe.fr/>



Think tank Français qui œuvre en faveur d'une économie libérée de la contrainte carbone.
Association loi 1901 d'intérêt général, guidée par l'exigence de la rigueur scientifique.
Mission qui consiste à éclairer et influencer le débat sur la transition énergétique.

<https://theshiftproject.org/>

<https://theshiftproject.org/category/thematiques/numerique/>



United Nations Institute for Training and Research

Sustainable Cycles (SCYCLE) Programme

<https://unitar.org/>



GDS EcolInfo du CNRS

POUR UNE INFORMATIQUE ÉCO-RESPONSABLE

<https://ecoinfo.cnrs.fr/>

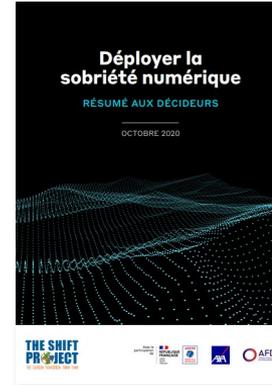
Quelques publications



- The Shift Project :

« Déployer la sobriété numérique »

octobre 2020



- Kaisen: Hors-série :

« Numérique responsable : l'informatique peut-elle être écologique ? »

décembre 2020



- Monde diplomatique :

« Quand le numérique détruit la planète »

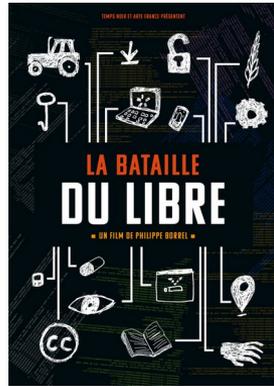
octobre 2021

Quelques documentaires



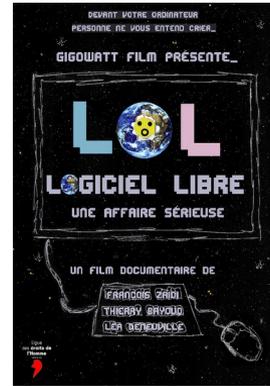
Welcome to Sodom

2018



La bataille du libre

2019



LoL – Logiciel libre
« Une affaire sérieuse »

2019



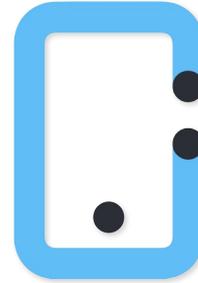
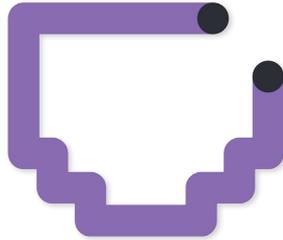
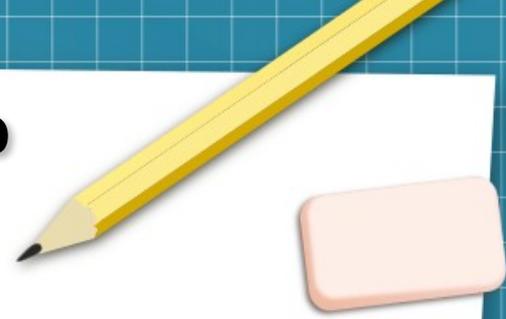
Frankenstream
« Ce monstre qui nous dévore »

2022

<https://www.imagotv.fr/documentaires/lol-logiciel-libre-une-affaire-serieuse>

<https://www.arte.tv/fr/videos/RC-023064/frankenstream/>

C'est quoi le « numérique » ?



Infrastructure

Stockage
et traitement des
données

Réseau

Échange des données

Terminaux

Traitement
et création

Utilisateur

Utilise le système

Le numérique: c'est combien ?



- **Combien d'émissions CO₂**
- **Combien d'équipements**
- **Combien de ressources naturelles**
- **Combien de voyages**
- **Combien d'énergie**
- **Combien de recyclage**

Le numérique: émissions CO₂



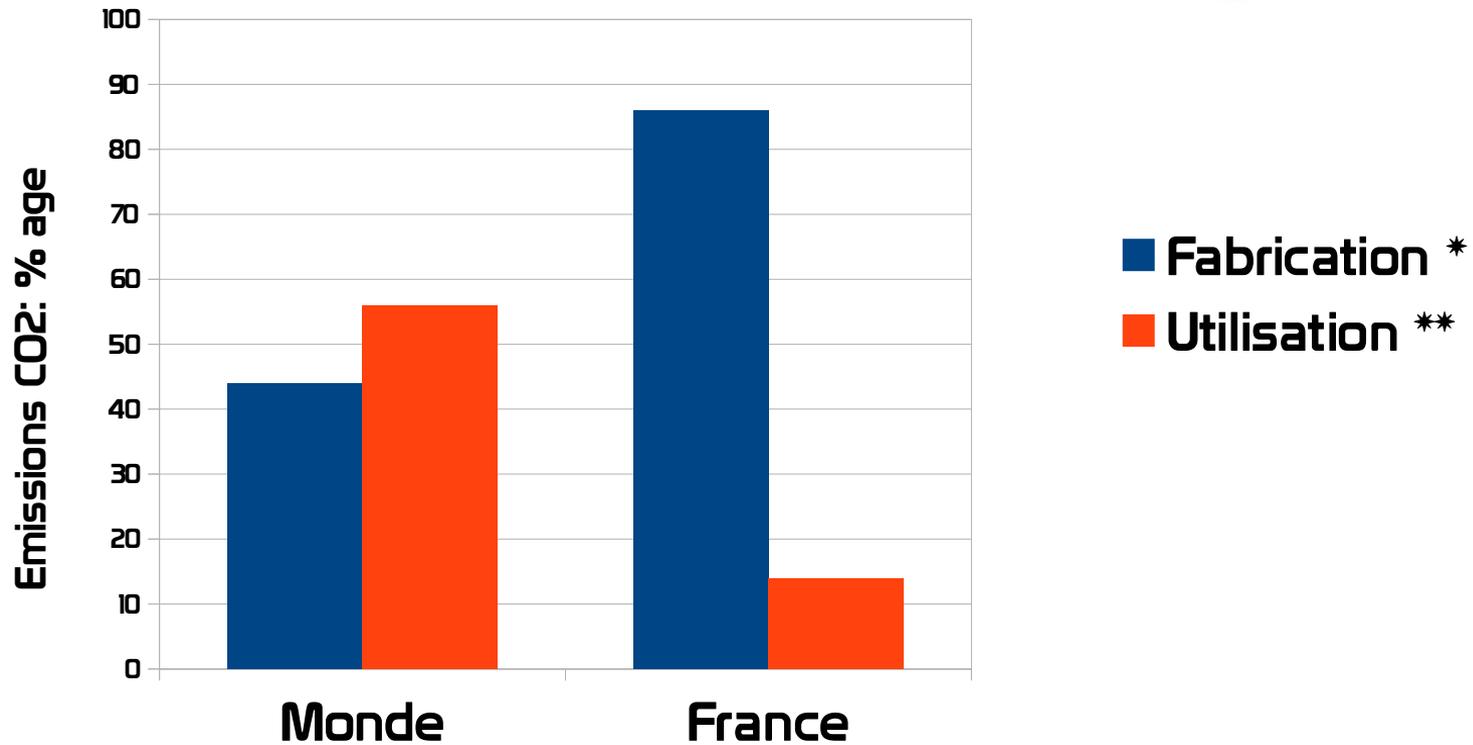
- A l'origine de **3,7 %** des émissions de gaz à effet de serre dans le monde en 2019
- **44 %** des émissions mondiales liées à la fabrication des équipements:
 - Les centres informatiques (data centers)
 - Les réseaux
 - Les terminaux (PC, portable, tablette, TV, console, appareil connecté)



En France, la fabrication comprends **86 %** des émissions totales.

- **56 %** des émissions mondiales liées à l'utilisation, pour seulement **14 %** en France.

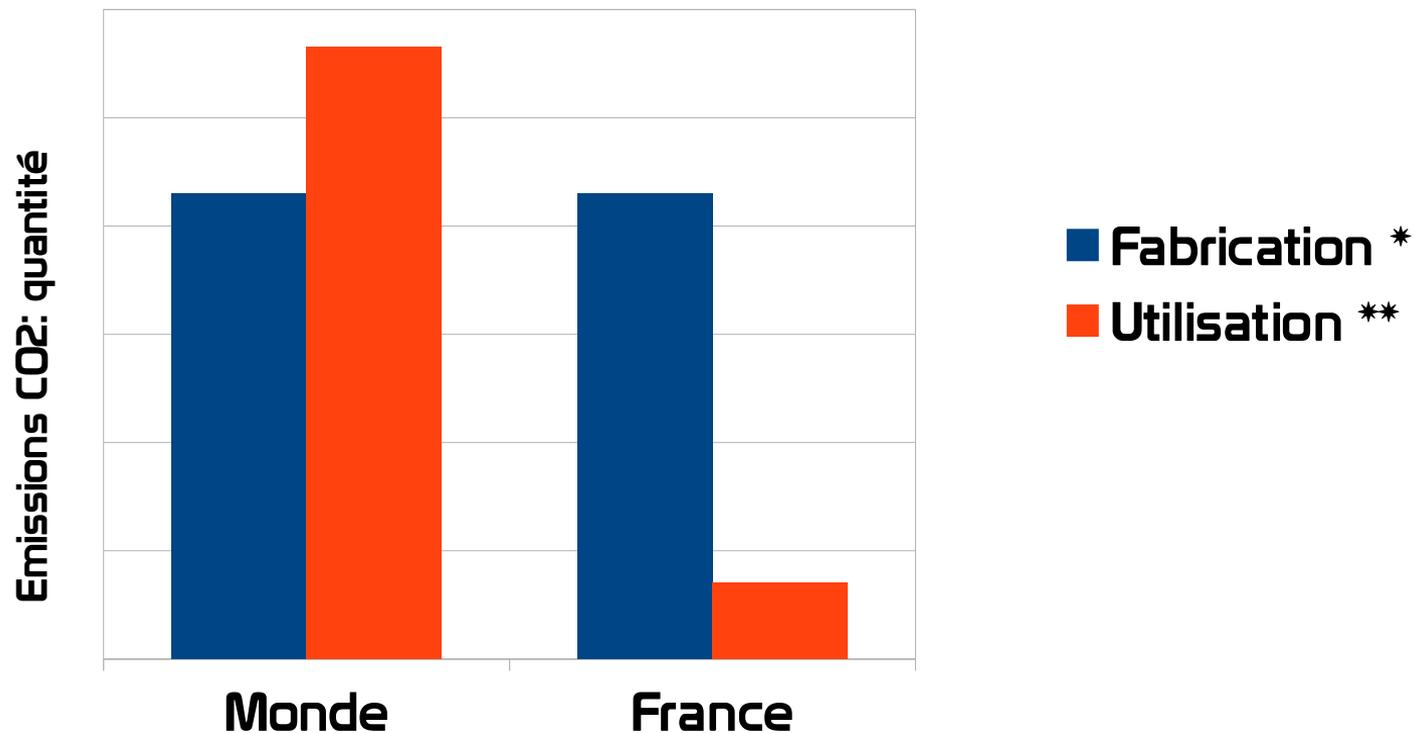
Le numérique: émissions CO₂



* Nouveaux équipements en 2017

** Tous les équipements numériques en 2017

Le numérique: émissions CO₂



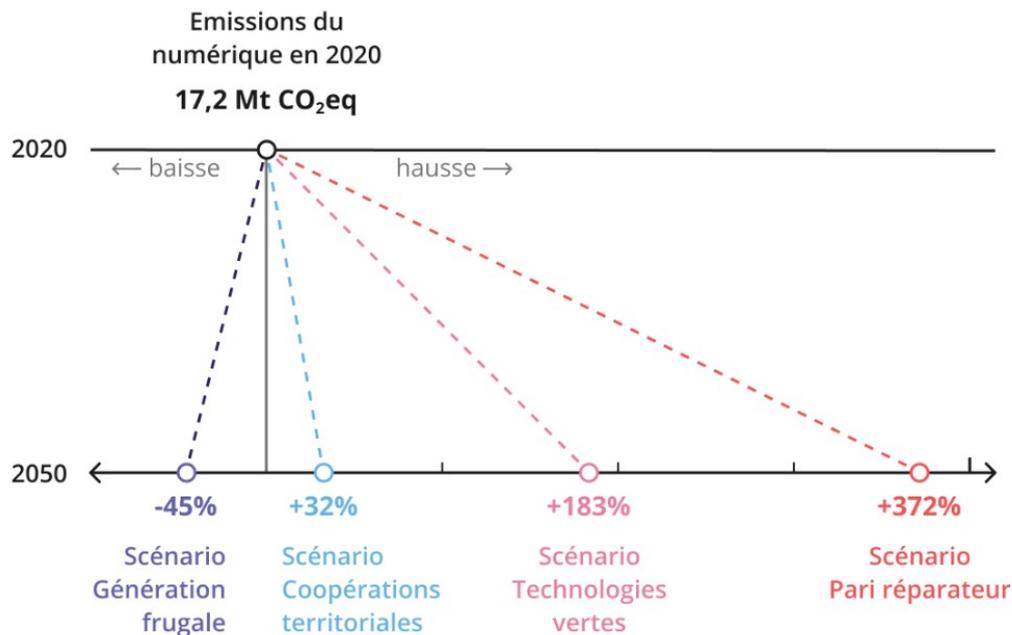
* Nouveaux équipements en 2017

** Tous les équipements numériques en 2017

Le numérique: émissions CO₂

Choix de société : une empreinte carbone quintuplée ou divisée par deux d'ici 2050 ?

Taux d'évolution des 4 scénarios prospectifs d'émissions de CO₂eq du numérique en 2050 (sur tout le cycle de vie) par rapport à 2020 de l'étude ADEME-Arcep.



Le numérique: équipements

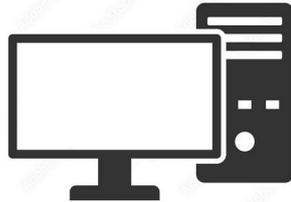


~ 10 000 000 000 de smartphones dans le monde

~ 1 500 000 000 de smartphones vendus / an

~ 1 500 000 000 de tablettes dans le monde

~ 150 000 000 de tablettes vendues / an



~ 3 500 000 000 de PC portables (laptops) dans le monde

~ 270 000 000 de PC portables (laptops) vendus / an

~ 2 500 000 000 de PC de bureau dans le monde

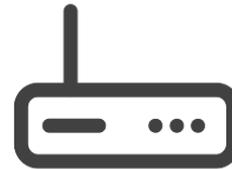
~ 80 000 000 de PC de bureau vendus / an

~ 300 000 000 de box internet dans le monde

~ 1 500 000 000 de TV connectés dans le monde

~ 43 000 000 000 objets connectés dans le monde

~ 3 000 000 000 objets connectés vendus / an



Le numérique: ressources naturelles

ÉCRAN

DALLE TACTILE, VITRE, AFFICHAGE

| | | |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 49 IN INDIUM | 50 SN ÉTAIN | 14 SI SILICIUM |
| 13 AL ALUMINIUM | 19 K POTASSIUM | 63 EU EUROPIUM |
| 65 TB TERBIUM | 39 Y YTTRIUM | 64 GD GADOLINIUM |
| 58 CE CÉRIUM | 69 TM THULIUM | 57 LA LANTHANE |
| 5 B BORE | 56 BA BARYUM | 16 S SOUFRE |
| 12 MG MAGNÉSIUM | 42 MO MOLYBDÈNE | 80 HG MERCURE |

BATTERIE

| | | |
|----------------------|-----------------------|---------------------|
| 3 LI LITHIUM | 27 CO COBALT | 6 C CARBONE |
| 9 F FLUOR | 25 MN MANGANESE | 23 V VANADIUM |
| 15 P PHOSPHORE | 13 AL ALUMINIUM | 28 NI NICKEL |

BOÎTIER

| | | |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| 12 MG MAGNÉSIUM | 6 C CARBONE | 51 SB ANTIMOINE |
| 35 BR BROME | 28 NI NICKEL | 30 ZN ZINC |

- Matériaux critiques pour l'Union Européenne
- Matériaux également stratégiques pour la France
- Terres rares, toutes critiques

ÉLECTRONIQUE

CARTE ET COMPOSANTS (PROCESSEURS, CAPTEURS, CONDENSATEURS, RADIOFRÉQUENCE, VIBREUR, CAMÉRA, MICROPHONE, HAUT-PARLEUR...)

| | | | | | | | |
|----------------------|------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| 28 NI NICHEL | 82 PB PLOMB | 50 SN ÉTAIN | 83 BI BISMUTH | 79 AU OR | 47 AG ARGENT | 74 W TUNGSTÈNE | 78 PT PLATINE |
| 45 RH RHODIUM | 4 BE BÉRYLLIUM | 29 CU CUVRE | 15 P PHOSPHORE | 33 AS ARSENIC | 31 GA GALLIUM | 32 GE GERMANIUM | 14 SI SILICIUM |
| 40 Z ZIRCONIUM | 44 RU RUTHÉNIUM | 60 ND NÉODYME | 26 F FER | 5 B BORE | 62 SM SAMARIUM | 27 CO COBALT | 59 PR PRASEODYME |
| 17 CL CHLORE | 66 DY DYSPROSIUM | 73 TA TANTALE | 41 NB NIOBIUM | 46 PD PALLADIUM | | | |

Le numérique: ressources naturelles



1 PC

| | |
|--------------|-------|
| Or | 0,2 g |
| Platine | 4 mg |
| Palladium | 40 mg |
| Terres rares | 2,5 g |

1 Smartphone / Tablette

| | |
|--------------|-------|
| Or | 34 mg |
| Platine | 1 mg |
| Palladium | 40 mg |
| Terres rares | 2,5 g |

Le numérique: ressources naturelles



1 PC

| | |
|--------------|-------|
| Or | 0,2 g |
| Platine | 4 mg |
| Palladium | 40 mg |
| Terres rares | 2,5 g |

350 000 000

| | |
|--------------|-------|
| Or | 70 t |
| Platine | 1,4 t |
| Palladium | 14 t |
| Terres rares | 875 t |

1 Smartphone / Tablette

| | |
|--------------|-------|
| Or | 34 mg |
| Platine | 1 mg |
| Palladium | 40 mg |
| Terres rares | 2,5 g |

1 650 000 000

| | |
|--------------|--------|
| Or | 56,1 t |
| Platine | 1,65 t |
| Palladium | 66 t |
| Terres rares | 715 t |

170 000 t d'or *

17 000 t de platine **

3 500 t de palladium **

120 000 000 t de terres rares **

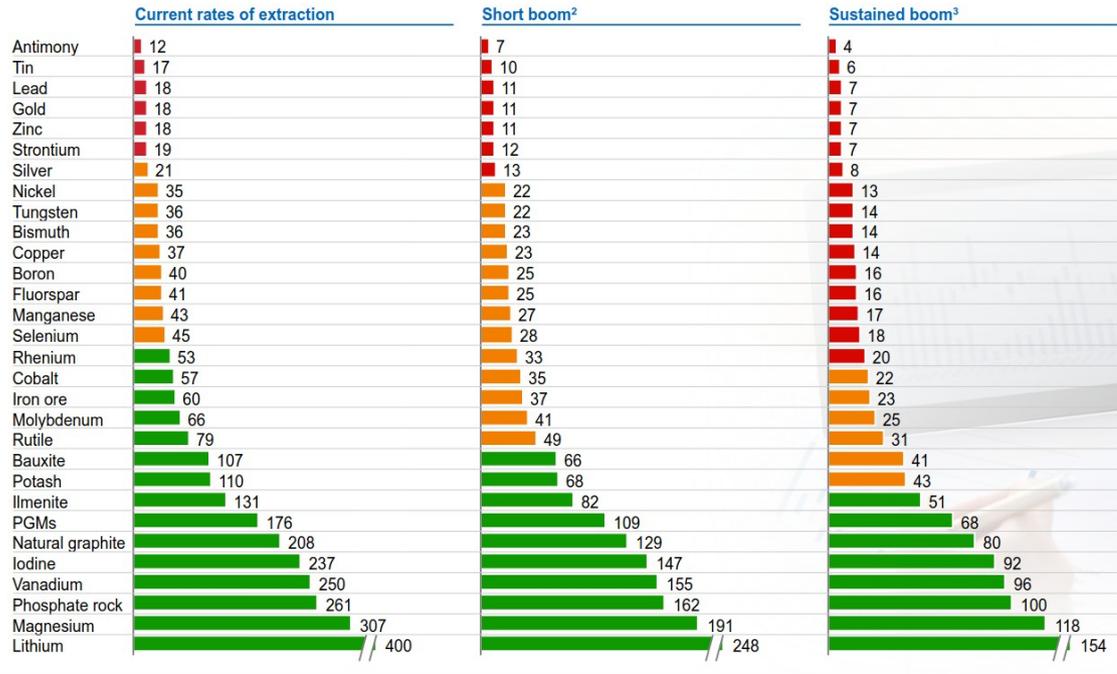
* Extraites

** Estimées

La majorité des ressources théoriques resteront inexploitées

Le numérique: ressources naturelles

Investment requirements by commodity, Commodity lifetimes on current economically viable reserves¹



¹ Current known economical viable reserves divided by production rates

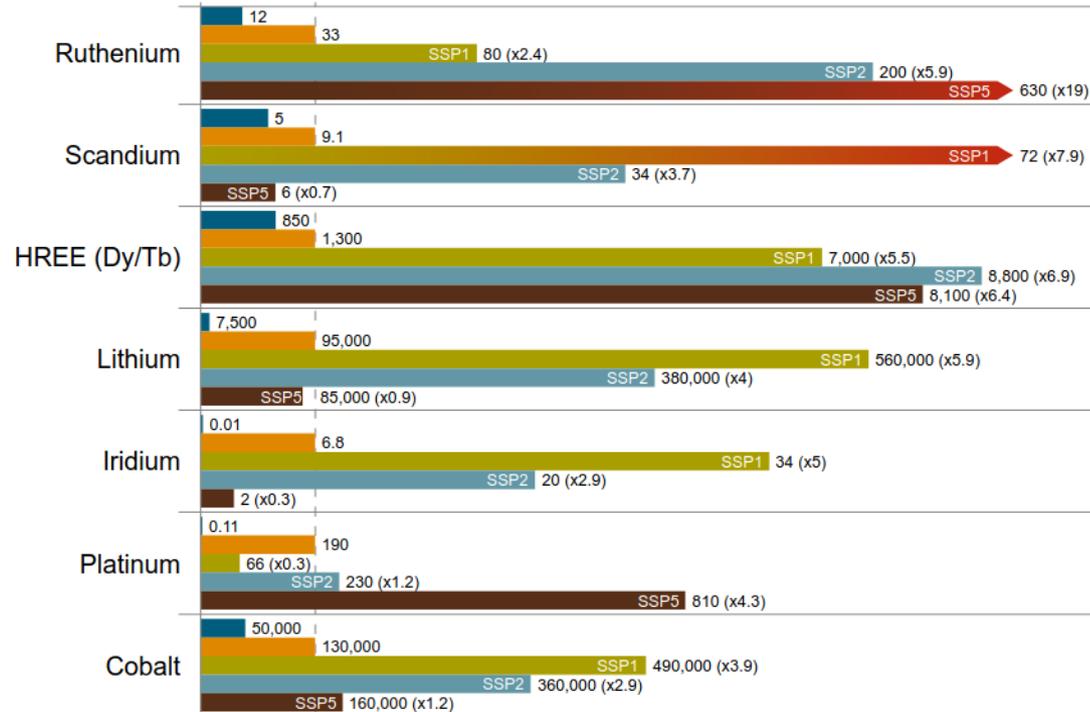
² Commodity production grows by 10% CAGR over 5 years with reserves at current level

³ Commodity production grows by 10% CAGR over 10 years with reserves at current level

Le numérique: ressources naturelles



The bar length for each raw material is normalised to the respective production in 2018.



- Demand for emerging technologies 2018 [t]
- Production 2018 [t]
- Demand for emerging technologies 2040:
- SSP1: Sustainability [t]
- SSP2: Middle of the Road [t]
- SSP5: Fossil-fueled Development [t]

Le numérique: ressources naturelles

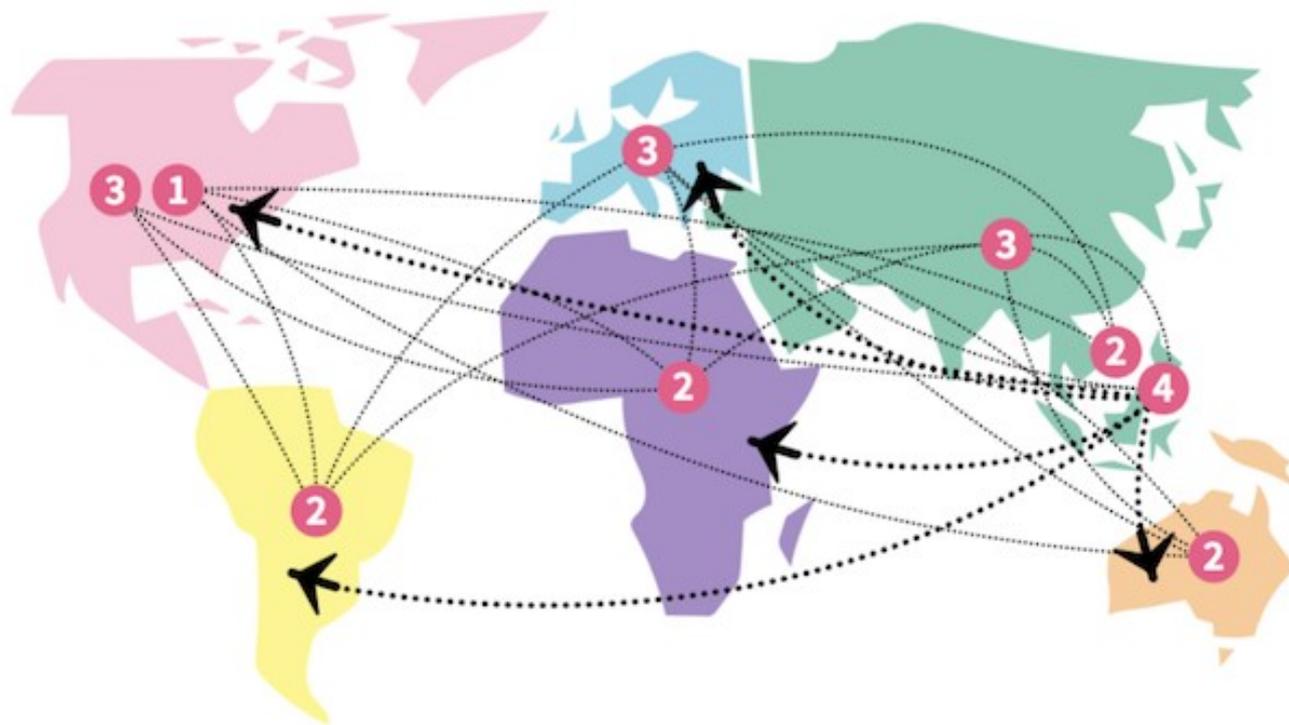


- L'unité de mesure MIPS: « **M**aterial **I**nput **P**er unit of **S**ervice »

Le MIPS évalue l'ensemble des ressources mobilisées et déplacées durant la fabrication, l'utilisation ou le recyclage.

| Objet ou Action | MIPS |
|--------------------|-------------|
| 1 Km de voiture | 1-2 Kg |
| 1 min au téléphone | 200 g |
| 1 SMS | 632 g |
| 1 Kg d'acier | 10 Kg |
| TV ou Smartphone | 1 Kg / 1 g |
| Processeur | 16 Kg / 1 g |

Le numérique: un grand voyageur



1. Conception le plus souvent aux États-Unis

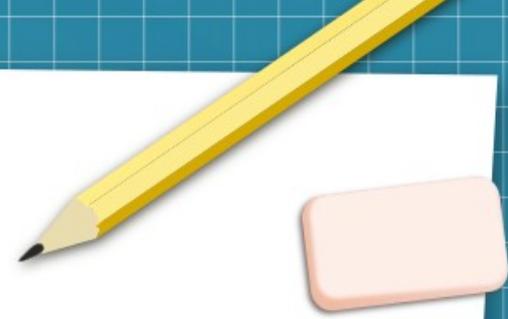
2. Extraction et transformation des matières premières en Asie du Sud-Est, en Australie, en Afrique centrale et en Amérique du Sud

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.

Numérique: énergie



Si on fait abstraction de la quantité d'énergie nécessaire à la fabrication:

-  Alimenter et refroidir les serveurs (data centers) **34 %**
-  Alimenter l'infrastructure réseau **29 %**
-  Alimenter les terminaux (PC, tablettes, smartphone, TV ...) **36 %**

Numérique: énergie



Si on fait abstraction de la quantité d'énergie nécessaire à la fabrication:

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------|
|  | Alimenter et refroidir les serveurs (data centers) | 34 % |
|  | Alimenter l'infrastructure réseau | 29 % |
|  | Alimenter les terminaux (PC, tablettes, smartphone, TV ...) | 36 % |

Des serveurs pour internet:

- ~ 12 000 000 de serveurs physiques = machines allumées 24h / 24, 365 j / an
- ~ 270 000 000 de serveurs logiciels

Le numérique: recyclage

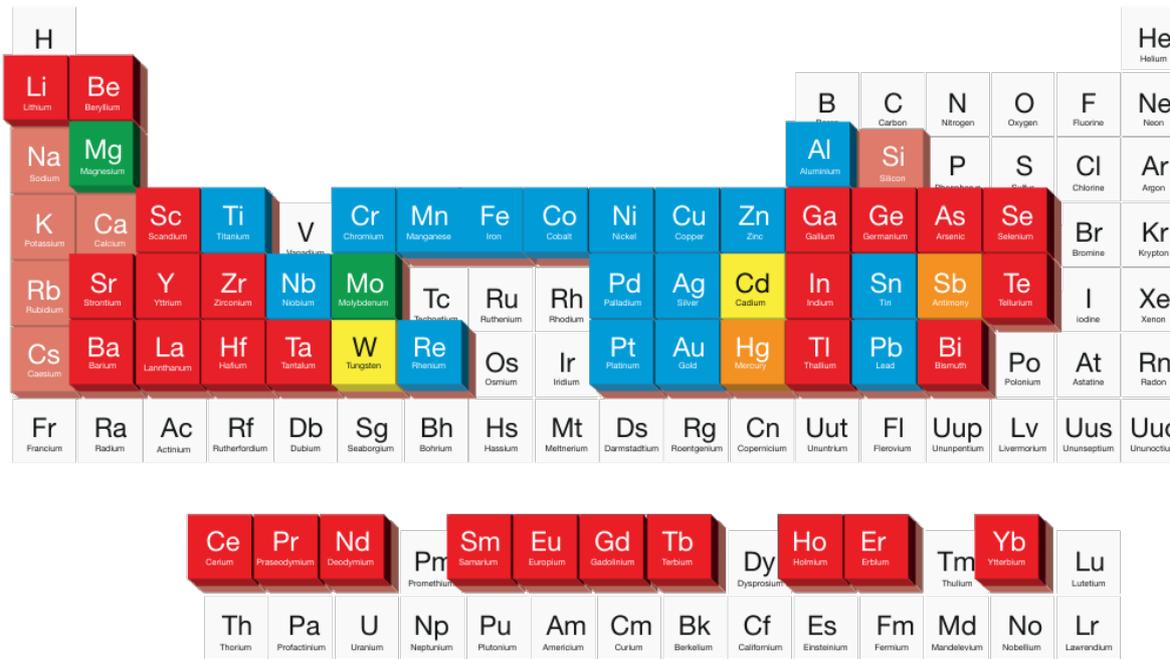


- **17,4 %** des Déchets d'Équipement Électriques et Électronique (DEEE) sont collectés dans le but d'être recyclé
- Pour le reste, les estimations sont que:
 - **7 à 20 %** sont ré-utilisés (seconde main)
 - **8 %** finissent dans les décharges des pays riches
 - Tout le reste, **54,6 à 67,6 %** sont envoyés dans le tiers-monde, de façon illégale, pour y être brûlé et/ou enfoui:
 - Pollution de l'air
 - Pollution des sols
 - Pollution des eaux

Le numérique: recyclage ?

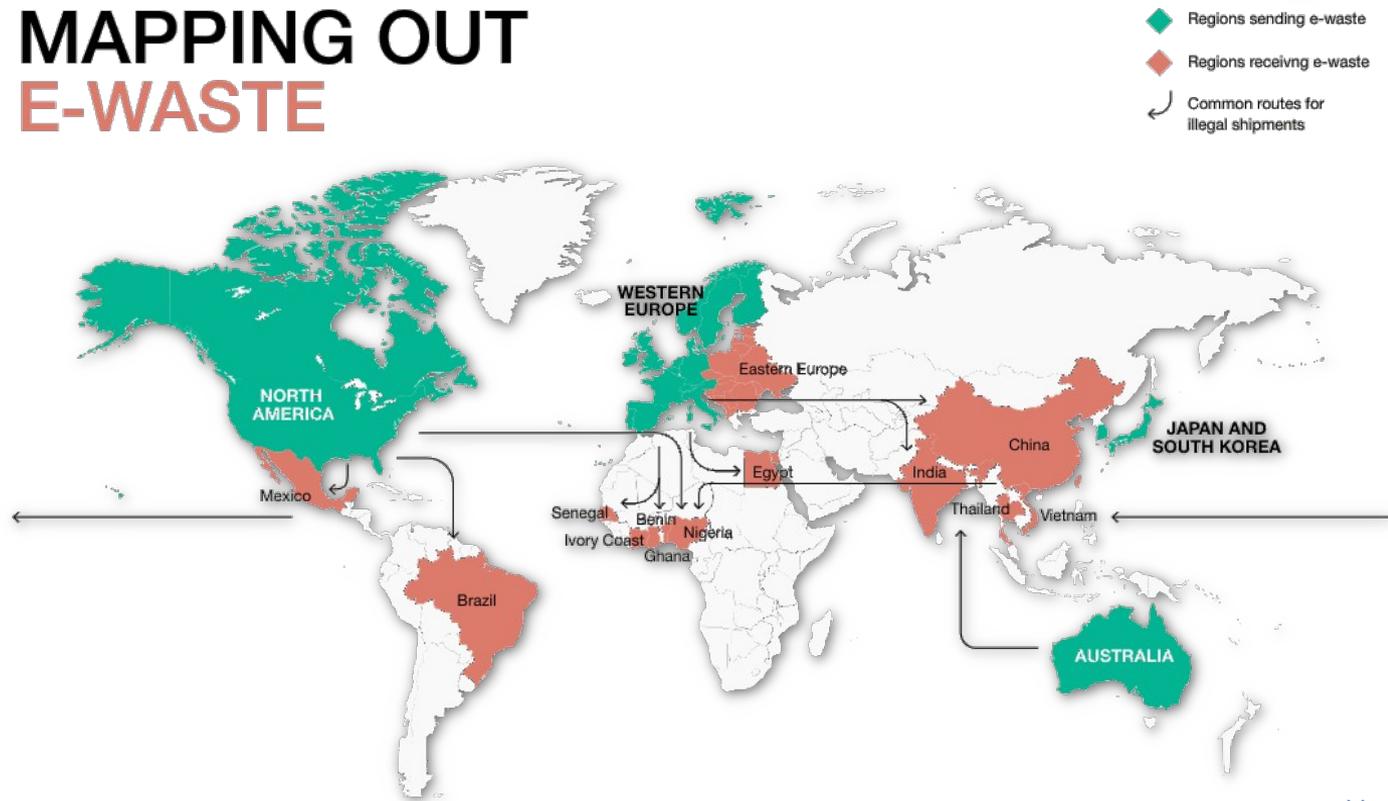


Recycling rates



Le numérique: recyclage ??

MAPPING OUT E-WASTE

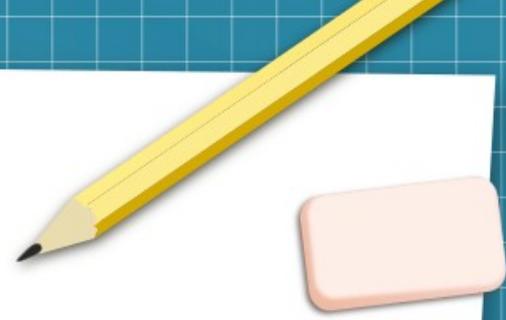


Le numérique: recyclage ???



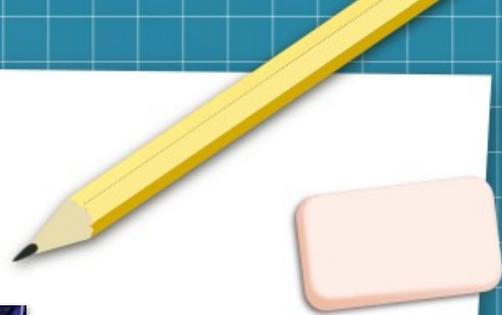
Les pays les plus
pauvres **paieront le plus
lourd tribu**

Welcome to Sodom, documentaire, 2018



Infrastructure

Data centers



Data centers

Des serveurs pour internet:

- ~ 12 000 000 de serveurs physiques = machines allumées 24h / 24, 365 j / an
- ~ 270 000 000 de serveurs logiciels

+ 10 000 data centers au monde

| Année | Consommation estimée |
|-------|----------------------|
| 2020 | 300 TWh |
| 2030 | 3000 TWh |

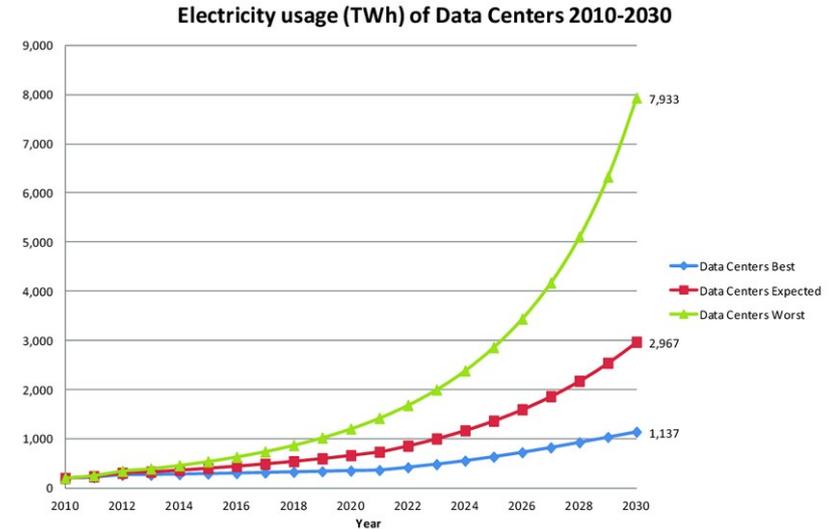
+ 9 % / an

Le plus grand au monde:

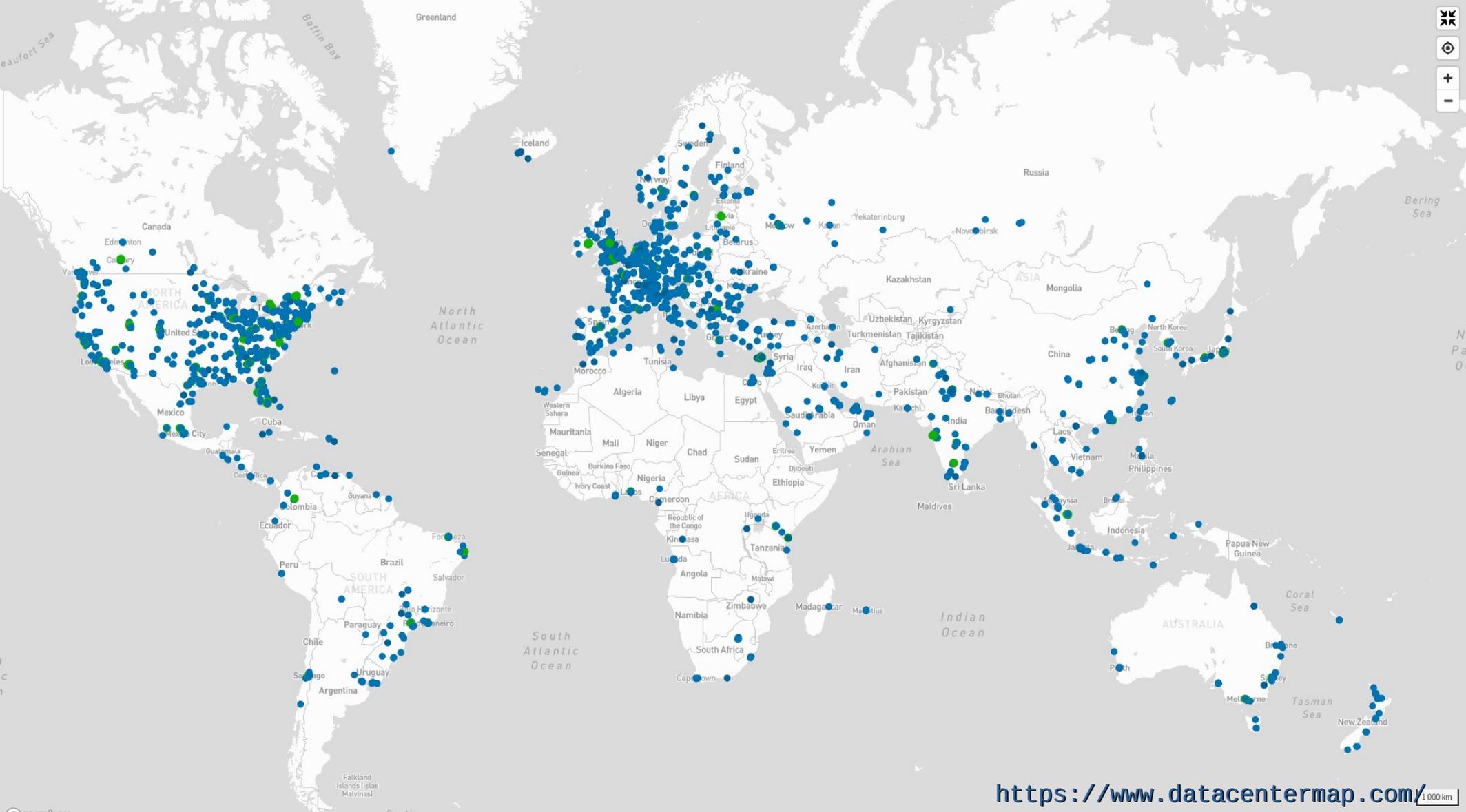
China Telecom Mongolia Information Park

~ 600 000 m² soit ~ 100 terrains de football
42 immeubles

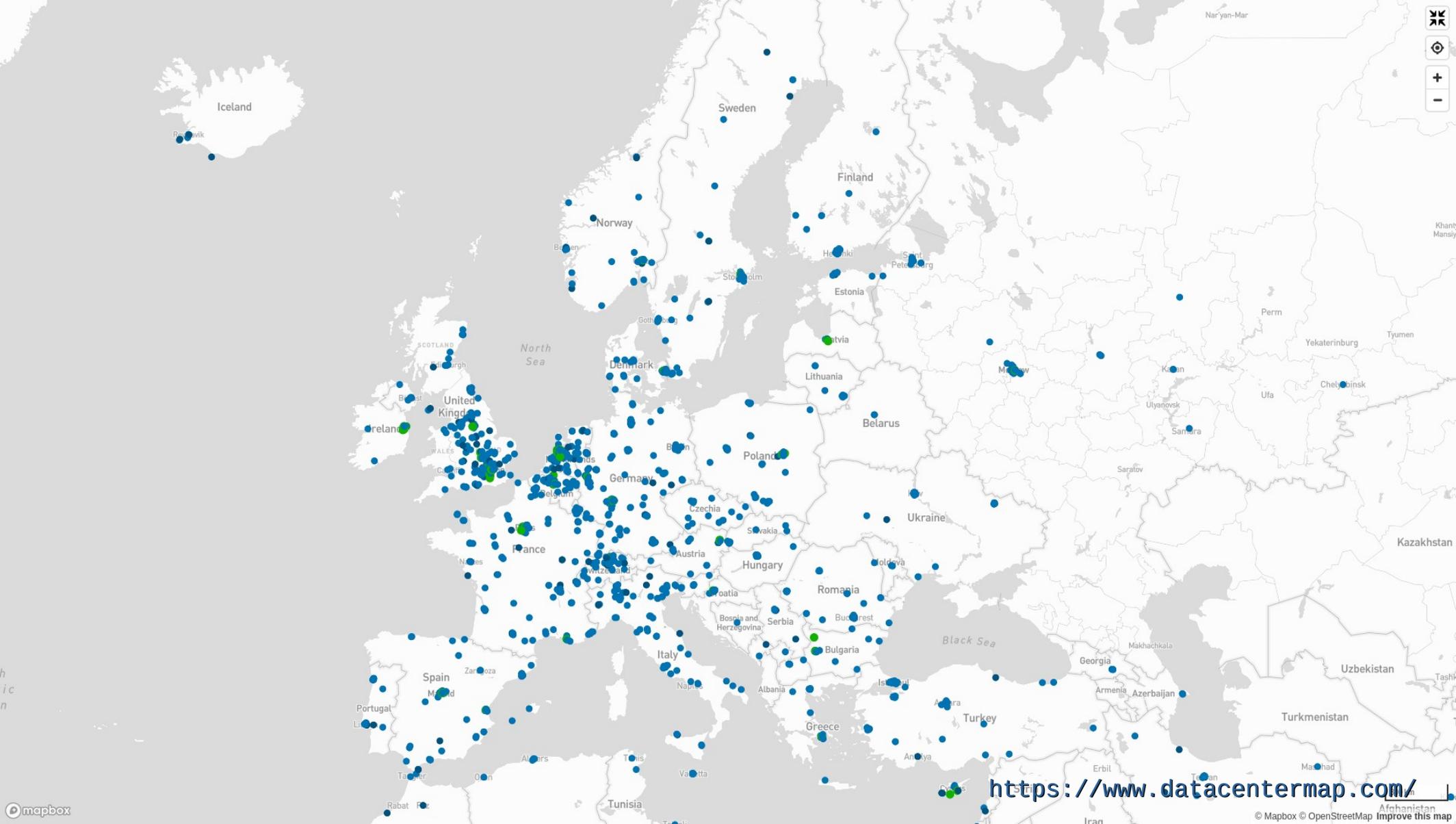
Production électrique mondiale : 30 000 TWh / an



On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030, Huawei technologies, Challenges 2015



<https://www.datacentermap.com/> 1,000 km



<https://www.datacentermap.com/>

Data centers

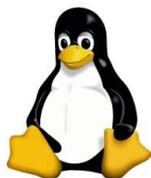
- La très grande majorité appartient aux GAFAM
- Les GAFAM offrent un niveau de service à **99,995 %**
... et s'engagent à ne perdre aucune de vos données
- **26 min** d'indisponibilité / an
- Le fonctionnement de ce type d'équipement implique:
 - **2** réseaux électriques
 - **2** groupes électrogènes
 - **2** salles de batteries (onduleurs)
- Chaque serveur (Gmail, Youtube ...) est dupliqué **6 à 7** fois
- « **Serveurs zombies** »



Linux



- Linux est un **Systeme d'Exploitation Libre (open source)**
- Android  est une distribution Linux
- Sur les **270 000 000** de serveurs logiciels qui « font » internet
 - **75 %** sont des systemes Linux
 - Pour le « Top 1 000 000 » mondial : **> 98 %** utilisent Linux



Linux



- Linux est un **Système d'Exploitation Libre (open source)**
- Android  est une distribution Linux
- Sur les **270 000 000** de serveurs logiciels qui « font » internet
 - **75 %** sont des systèmes Linux
 - Pour le « Top 1 000 000 » mondial : **> 98 %** utilisent Linux



amazon



Utilisent tous Linux !

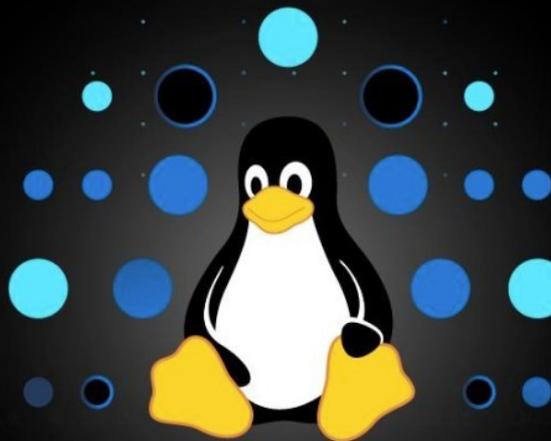
Page de pub



 Microsoft Azure

Did you know?

Linux is the fastest
growing platform
on Azure



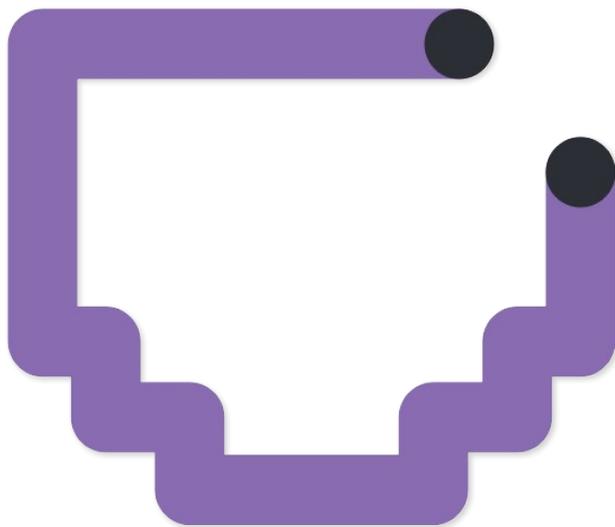
Linux-based
images comprise
60%
of Azure Marketplace
Images

Top
100
Microsoft customers
deploy Linux workloads
on Azure

More than
50%
of VM cores runs
Linux on Azure

Azure Tuned
Kernels provide
25%
faster network
throughput

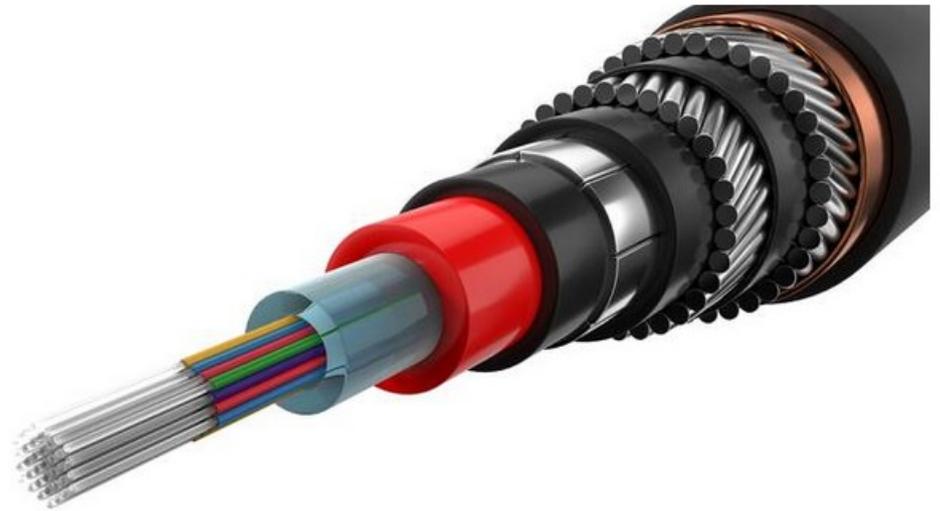
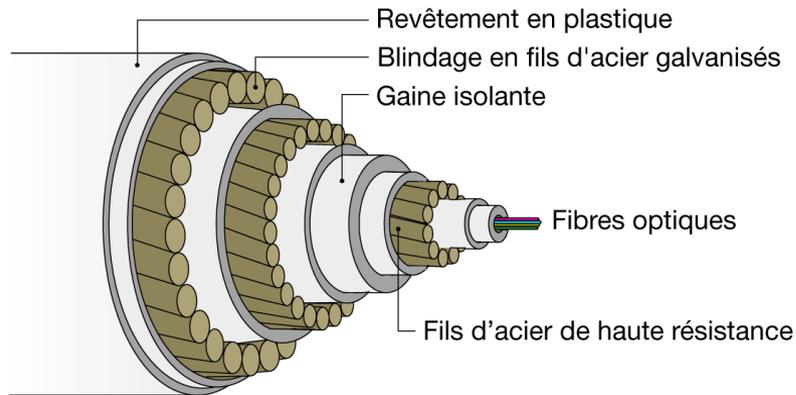
Core Node.js JavaScript Python PHP Ruby Visual Studio Code
Hadoop Cloudera Pivotal Elastic Jenkins Vagrant Nagios Grunt Puppet
Ansible S... Mist.io ... WordPress Joomla Kubernetes
OpenShift Node.js Pyth... Visual... MySQL
MongoDB ... An... Sh... DB ... Grunt
Kamari ... GitHub ... Studio
Nagios ... Chef ... Sal... Ter... JavaScript PHP Ruby
Joomla G... netes ... MET Core ... PHP Ruby
Visual Studio Code MySQL MongoDB Redis Cache Hadoop Cloudera Pivotal Elastic Jenkins



Réseau

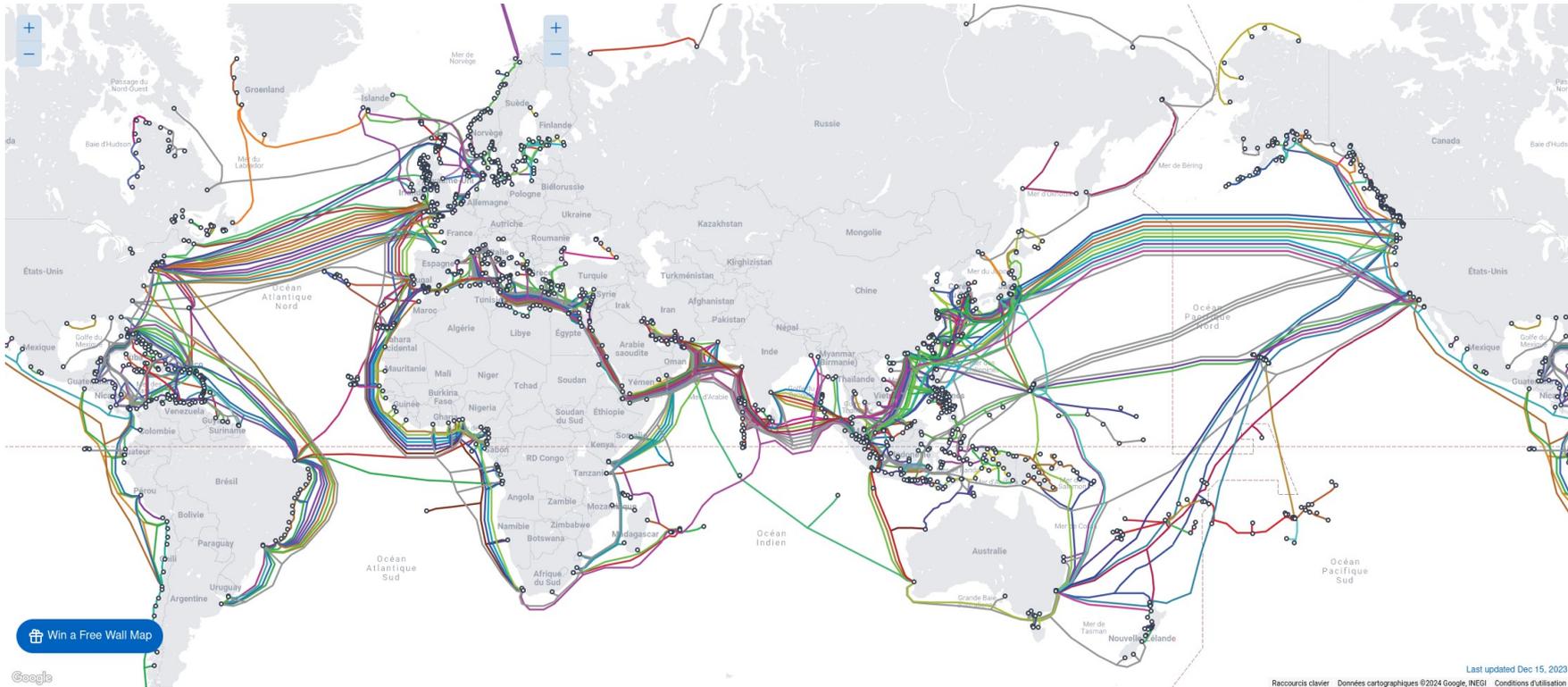
État des lieux

- **1 300 000 km** de « tuyaux » sous les océans et les mers
- **~ 450** « tuyaux » ou câbles sous-marins



- **5 000 000 000 km** de fibres optiques déployées à travers le monde
- **> 95 %** du flux de données d'internet

État des lieux



<https://www.submarinecablemap.com>

Last updated Dec 15, 2023
Raccourcis clavier Données cartographiques ©2024 Google, INEGI Conditions d'utilisation

État des lieux

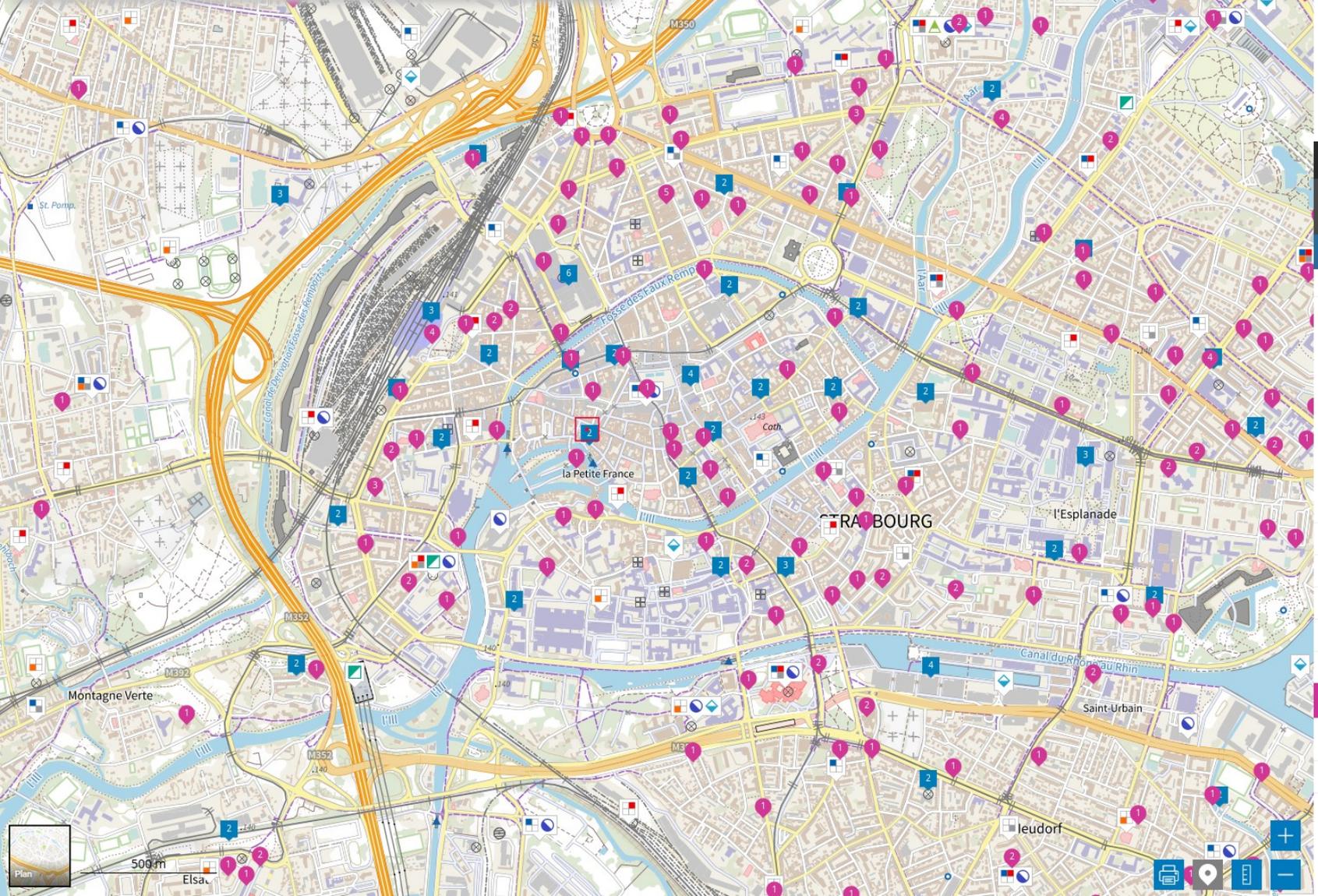
41 600 0000 relais mobiles au monde (GSM, GPRS, EDGE, 3G, 4G, 5G ...)

~ **700 000** en France (janvier 2025):

4G : 69 502 sites (+**3375** en 2024)

5G : 49892 sites (+**5758** en 2024)

| Génération | Norme | Déploiement | Débit théorique en téléchargement |
|------------|---------------|-------------|-----------------------------------|
| 1G | Radiocom 2000 | 1986 | Quelques Kb / s |
| 2G | GSM | 1992 | Quelques dizaines de Kb / s |
| 2,5G | GPRS | 2001 | Quelques dizaines de Kb / s |
| 2,75G | EDGE | 2004 | Quelques centaines Kb /s |
| 3G | UMTS | 2004 | Quelques dizaines de Mb / s |
| 4G | LTE | 2012 | ~ 100 Mb / s |
| 5G | NR | 2020 | ~ 1 - 10 Gb /s |



Afficher uniquement les sites et les mesures de la commune, du département ou de la région de :

Commune ou département ou région

[CONSULTER LES STATISTIQUES](#)

Changer de zone géographique

FRANCE METROPOLE

Afficher les sites radioélectriques

Afficher la direction des antennes

TÉLÉPHONIE MOBILE

OPÉRATEURS :



TECHNOS : 5G 4G 3G 2G

SITES :

Tous les sites Sites en service

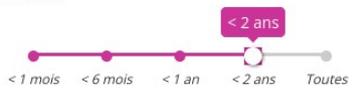
- TV
- Radio
- Réseaux mobiles privés
- Faisceaux hertziens
- Autres stations

Afficher les mesures

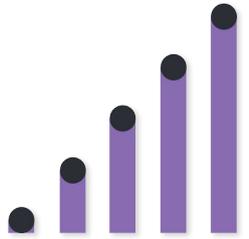
Stations radioélectriques (TV, radio FM, téléphonie mobile, DECT, Wi-Fi...)

Objets communicants fixes

ANCIENNETÉ :



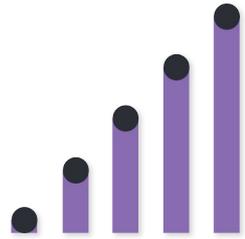
Réseaux: comparaison



4G

50 kWh / an

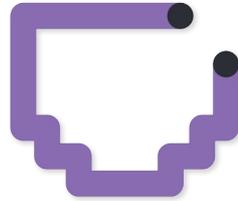
~ 100 Mb / s



5G

7-35 kWh / an

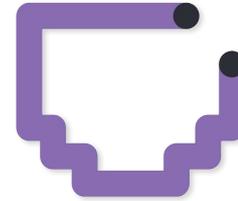
~ 1 Gb / s



ADSL

19 kWh / an

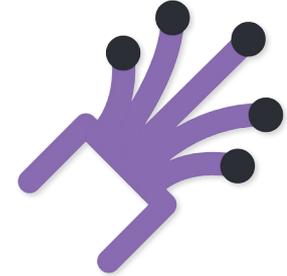
~ 10 Mb / s



Câble

16 kWh / an

10 / 100 Mb / s

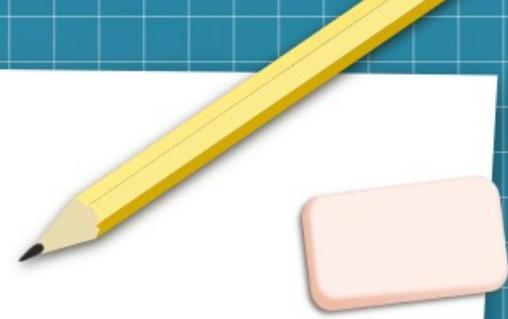


Fibre

5 kWh / an

1 Gb / s

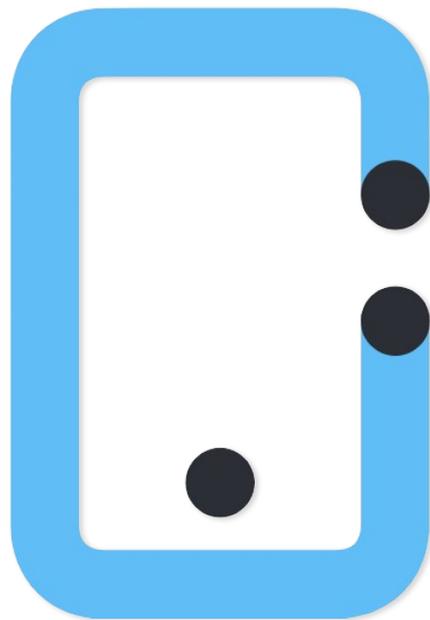
Et la 5G alors ?



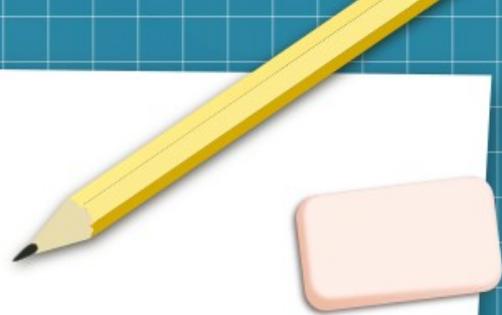
- La 5G apporte plus de débit avec une consommation réduite, mais ...
 - « L'augmentation des usages dépassera sans doute le gain d'efficacité »
(Olivier Roussat, PDG Bouygues Télécom, juin 2020)
 - Pour le Haut Conseil pour le Climat (HCC *) la 5G représente une augmentation de **18 à 45%** de l'empreinte CO₂ du numérique en France, décembre 2020.
 - * Instance consultative auprès du 1^{er} ministre, composée de 13 experts nommés par décret.

<https://www.hautconseilclimat.fr/publications/maitriser-limpact-carbone-de-la-5g/>

- Et il est nécessaire de changer de terminal mobile pour accéder à ce nouveau réseau



Terminaux

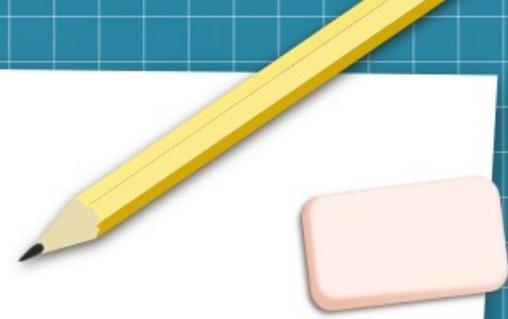


C'est quoi un terminal ?

- PC
- Laptop (PC portable)
- Smartphone
- TV
- Console de jeux
- Box internet
- Appareil connecté
- ... et autres

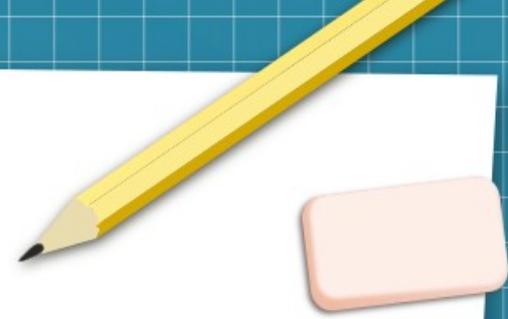


État des lieux



- En France, **86 %** des émissions liées aux terminaux concernent la fabrication et l'acheminement
- La durée de vie estimée d'un smartphone est de **23 mois**
- Les mises à jour des smartphones sont programmées pour **2 ans** en moyenne

Emissions CO₂



- Fabrication d'un laptop : **250 kg CO₂**
- Utilisation : **1,81 kg CO₂ / an**

<https://theshiftproject.org/article/deployer-la-sobriete-numerique-rapport-shift/>

Au bout de combien de temps les émissions dues à l'utilisation deviennent elles équivalentes à celles dues à la fabrication ?

Emissions CO₂



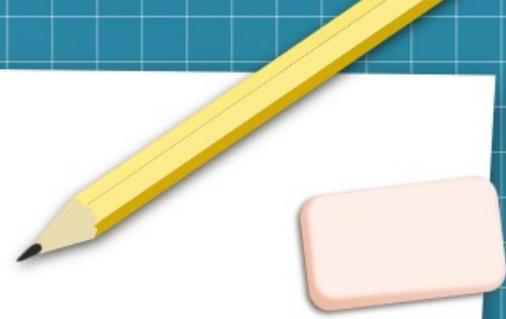
- Fabrication d'un laptop : **250 kg CO₂**
- Utilisation : **1,81 kg CO₂ / an**

<https://theshiftproject.org/article/deployer-la-sobriete-numerique-rapport-shift/>

Au bout de combien de temps les émissions dues à l'utilisation deviennent elles équivalentes à celles dues à la fabrication ?

250 / 1,81 ~ 139 ans

Obsolescence



L'obsolescence « peut-être » programmée par:

- Le design **matériel**
 - L'environnement **logiciel**
 - Le **marketing**
- **Illégale en France depuis 2015** : 2 ans de prison + 300 000 euros d'amende et jusqu'à **5 %** de CA annuel
 - Association HOP ! « Halte à l'Obsolescence Programmée ! » <https://halteobsolescence.org/>
 - **2018** :  à 25 M d'euros d'amende pour brider iOS lors des mises à jour.
 - **2020** :  pour ses publicités incitant à remplacer son PC pour le nouveau Windows

Obsolescence matériel



Obsolescence matériel



- La réduction de la durée de vie des appareils (numériques)
 - Défaut(s) volontaire(s) lors de la conception
 - Entrave(s) à la réparation

À partir du 8 avril 2025
« **Indice de Durabilité** »



- Depuis le 1^{er} janvier 2021 la législation française impose un « Indice de Réparabilité » IR de 0 à 10

| 2021 | 2022 |
|--------------------------|---------------------------|
| Laptop (PC portables) | Lave-linges top |
| Smartphones et tablettes | Lave-vaisselles |
| TV | Aspirateurs |
| Lave-linges à hublot | Nettoyeurs haute pression |
| Tondeuses à gazon | |



Prend en compte (100 critères au total)

- La documentation
- La démontabilité, accès, outils, fixations
- La disponibilité des pièces détachées
- Le prix des pièces détachées
- Les autres critères spécifiques lié au type de produit

Obsolescence matériel



- La réduction de la durée de vie des appareils (numériques)
 - Défaut(s) volontaire(s) lors de la conception
 - Entrave(s) à la réparation

À partir du 8 avril 2025
« Indice de Durabilité »



- Depuis le 1^{er} janvier 2021 la législation française impose un « Indice de Réparabilité » IR de 0 à 10

| 2021 | 2022 |
|--------------------------|---------------------------|
| Laptop (PC portables) | Lave-linges top |
| Smartphones et tablettes | Lave-vaisselles |
| TV | Aspirateurs |
| Lave-linges à hublot | Nettoyeurs haute pression |
| Tondeuses à gazon | |

Prend en compte (100 critères au total)

- La documentation
- La démontabilité, accès, outils, fixations
- La disponibilité des pièces détachées
- Le prix des pièces détachées
- Les autres critères spécifiques lié au type de produit



1,5 /10



3 /10



5,5 /10



7 /10

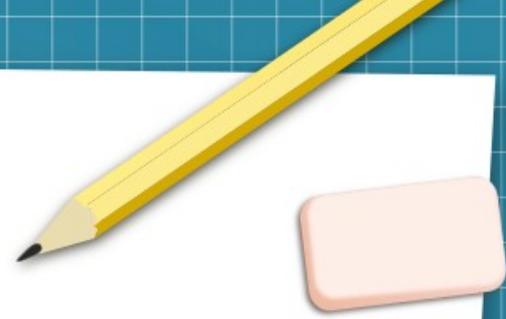


8,5 /10

| Smartphone | IR officiel | IR Ifixit.com |
|--------------------|-------------|---------------|
| Apple iPhone 15 | 7,5 | 4 |
| Google Pixel 8 | 8,2 | 6 |
| Samsung Galaxy S23 | 8,2 | 4 |
| Fairphone 5 | 9,8 | 10 |

<https://fr.ifixit.com>

Le bonus de réparation



- **Depuis le 15 décembre 2022**
- **Pour les produits qui ne sont plus sous garantie**
- **Aide financière de l'état pour promouvoir la réparation**

MAISON - ENTRETIEN



BEAUTÉ - SANTÉ



CUISINE - CUISSON



MOBILITÉ ÉLECTRIQUE



GROS ÉLECTROMÉNAGER



ENTRETIEN DU JARDIN



OUTILLAGE - BRICOLAGE



IMAGE - SON



INSTRUMENT DE MUSIQUE



OBJETS CONNECTÉS



INFORMATIQUE - GAMING



TÉLÉPHONIE



Obsolescence logiciel

- **Dysfonctionnement**

Rendre inopérant un matériel par une mise à jour ()

- **Indisponibilité**

Imposer un nouveau matériel pour la dernière version d'un logiciel ()

- **Obésité logiciel**

- Augmenter le besoin en ressources artificiellement
- Plus de fonctionnalités, plus de ressources
- Ne pas décommissionner les anciennes technologies



Obsolescence logiciel

- **Dysfonctionnement**

Rendre inopérant un matériel par une mise à jour (



- **Indisponibilité**

Imposer un nouveau matériel pour la dernière version d'un logiciel (



- **Obésité logiciel**

- Augmenter le besoin en ressources artificiellement
- Plus de fonctionnalités, plus de ressources
- Ne pas décommissionner les anciennes technologies

- **Rendu possible à cause des logiciels propriétaires**

- **Le code source n'est pas accessible !**

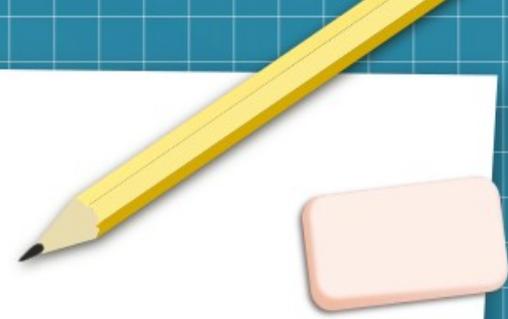


Obsolescence marketing

- Les Guignols « Ceci est une révolution, il faut tout racheter »



Obsolescence marketing



- **Perçue / Esthétique**
 - **Matériels**
 - **Logiciels**
- **Durée du support technique**
 - **Mise à jour des smartphones pendant 2 ans uniquement**
- **La vente liée**
 - **Nouveau Windows = nouveau PC**
 - **Nouveau MacBook = Nouveau type de chargeur, connectique ...**

Amendes



| Année | Plaignant | Raison | Amende (M Euros) |
|-------|-----------------------|------------------------------|------------------|
| 2018 | Commission européenne | Abus de position dominante | 4 300 |
| 2019 | Commission européenne | Pratique anticoncurrentielle | 1 500 |
| 2020 | CNIL | Pratique anticoncurrentielle | 2 400 |



| Année | Plaignant | Raison | Amende (M Euros) |
|-------|-----------------------|------------------------------------|------------------|
| 2022 | Irlande (UE) | Non respect vie privée des mineurs | 405 |
| 2022 | Irlande (UE) | Non respect vie privée | 265 |
| 2023 | Irlande (UE) | Non transparence | 390 |
| 2023 | Commission européenne | Non respect vie privée | 1 200 |

amazon

| Année | Plaignant | Raison | Amende (M Euros) |
|-------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 2021 | Commission européenne | Non respect vie privée | 746 |
| 2021 | Italie | Abus de position dominante | 1 128 |



| Année | Plaignant | Raison | Amende (M Euros) |
|-------|--------------|------------------------------|------------------|
| 2016 | Irlande (UE) | Avantages fiscaux illégaux | 13 000 |
| 2020 | France | Pratique anticoncurrentielle | 372 |
| 2020 | CNIL | Non respect vie privée | 60 |



| Année | Plaignant | Raison | Amende (M Euros) |
|-------|-----------------------|------------------------------|------------------|
| 2004 | Commission européenne | Pratique anticoncurrentielle | 497 |
| 2008 | Commission européenne | Interopérabilité | 860 |
| 2020 | CNIL | Non respect vie privée | 60 |

Amendes

En millions d'euros :
Chiffre d'affaires annuel
Bénéfices annuels



| Année | Plaignant | Raison | Amende (M Euros) |
|-------|-----------------------|------------------------------|------------------|
| 2018 | Commission européenne | Abus de position dominante | 4 300 |
| 2019 | Commission européenne | Pratique anticoncurrentielle | 1 500 |
| 2020 | CNIL | Pratique anticoncurrentielle | 2 400 |

290 000

60 000

amazon

| Année | Plaignant | Raison | Amende (M Euros) |
|-------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 2021 | Commission européenne | Non respect vie privée | 746 |
| 2021 | Italie | Abus de position dominante | 1 128 |

450 000

250 000



| Année | Plaignant | Raison | Amende (M Euros) |
|-------|-----------|------------------------------|------------------|
| 2016 | Irlande | Pratique anticoncurrentielle | 13 000 |
| 2020 | France | Pratique anticoncurrentielle | 372 |
| 2020 | CNIL | Non respect vie privée | 60 |

350 000

90 000



| Année | Plaignant | Raison | Amende (M Euros) |
|-------|-----------------------|------------------------|------------------|
| 2022 | Irlande (UE) | Non respect vie privée | 405 |
| 2022 | Irlande (UE) | Non respect vie privée | 265 |
| 2023 | Irlande (UE) | Non respect vie privée | 390 |
| 2023 | Commission européenne | Non respect vie privée | 1 200 |

120 000

40 000

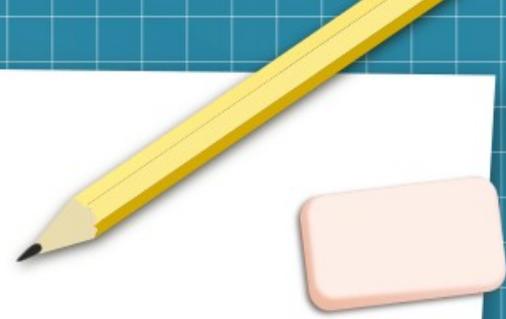


| Année | Plaignant | Raison | Amende (M Euros) |
|-------|-----------------------|------------------------------|------------------|
| 2004 | Commission européenne | Pratique anticoncurrentielle | 497 |
| 2008 | Commission européenne | Pratique anticoncurrentielle | 860 |
| 2020 | CNIL | Non respect vie privée | 60 |

200 000

100 000

Les appareils connectés

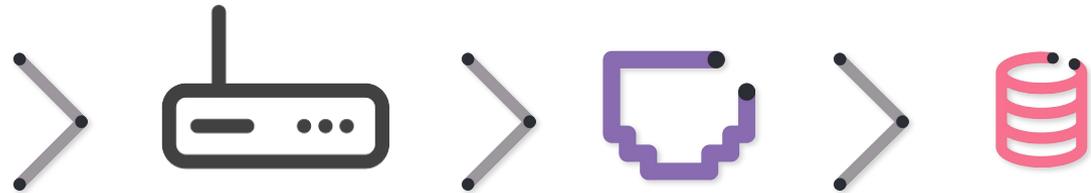


- De plus en plus d'objets connectés



~ 43 000 000 000 objets connectés dans le monde

~ 3 000 000 000 objets connectés vendus / an



- « Internet des objets » ou : Internet of Things = IoT

- Accroissement exponentiel du volume de données générées = énergie = émissions CO₂
- Chaque objet connecté à besoin d'un serveur logiciel hébergé dans un data center
- Plus vous avez de types d'objets différents plus il faut de serveurs logiciels différents
- Les serveurs logiciels ont besoin de serveur physique : de nouveaux data center !



Utilisateurs



État des lieux

- **5 300 000 000** utilisatrices / utilisateurs d'internet
- **65,7 %** de la population mondiale

| Flux internet global 2022 | | |
|---------------------------|---------------------|------------------|
| | Catégorie | Volume total [%] |
| 1 | Vidéos | 65,93 |
| 2 | Ventes en ligne | 5,83 |
| 3 | Jeux | 5,58 |
| 4 | Réseaux sociaux | 5,26 |
| 5 | Cloud | 4,98 |
| 6 | Explorateur Web | 4,63 |
| 7 | Echange de fichiers | 3,39 |
| 8 | Messagerie | 2,30 |
| 9 | VPN | 1,13 |
| 10 | Audio | 0,95 |

| Flux Mobiles 2022 | | |
|-------------------|---------------------|------------------|
| | Catégorie | Volume total [%] |
| 1 | Vidéos | 67,60 |
| 2 | Réseaux sociaux | 12,16 |
| 3 | Messagerie | 5,89 |
| 4 | Explorateur Web | 4,51 |
| 5 | Ventes en ligne | 2,77 |
| 6 | Jeux | 2,41 |
| 7 | Echange de fichiers | 1,97 |
| 8 | Cloud | 1,79 |
| 9 | VPN | 0,79 |
| 10 | Audio | 0,11 |

L'e-mail et l'ampoule



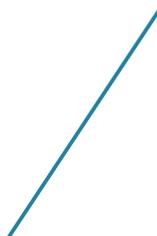
- **Semaine Européenne du Numérique Responsable**

- **Edition 2025 du 17 au 22 juin :** <https://numerique-responsable.strasbourg.eu>
- **Annonce dans « Eurométropole magazine » N°41 mai-juin 2023**

L'envoi d'un mail qui contient
une pièce jointe de 1 Mo produit

19
grammes de CO₂

Source: Ademe



1 ampoule allumée / 1 h

- **Énergie et CO₂ : une relation compliquée !**

- **Coûts :**  +  + 
- **La source de production (nucléaire, charbon, hydraulique, éolien ...)**

<https://www.iea.org/commentaries/the-carbon-footprint-of-streaming-video-fact-checking-the-headlines>

<https://www.andrewj.com/blog/2022/4g-co2-per-email-really/>

<https://theshiftproject.org/en/article/shift-project-really-overestimate-carbon-footprint-video-analysis/>



La vidéo la plus vue : « Baby Shark » de Pinkfong

- 15 500 000 000 vues en janvier 2025
- 2,17 min
- Full-HD (15Go/120min): 0,2715 Go
- Au total: 15 500 000 000 x 0,2715
 - 4 208 250 000 Go = 4 208 250 To = 4 208,25 Po = 4,20825 Eo
- Coût énergétique

Fibre: 0,05 Wh / Mo

$$0,05 \times 4,20825 \times 10^{12}$$

$$= 210\,412\,500\,000 \text{ Wh}$$

$$= 210\,412,5 \text{ MWh}$$

4G: 0,9 Wh / Mo

$$0,9 \times 4,20825 \times 10^{12}$$

$$= 3\,787\,425\,000\,000 \text{ Wh}$$

$$= 3\,787\,425 \text{ MWh}$$



La vidéo la plus vue : « Baby Shark » de Pinkfong

- 15 500 000 000 vues en janvier 2025
- 2,17 min
- Full-HD (15Go/120min): 0,2715 Go
- Au total: 15 500 000 000 x 0,2715
 - 4 208 250 000 Go = 4 208 250 To = 4 208,25 Po = 4,20825 Eo
- Coût énergétique

Fibre: 0,05 Wh / Mo

$$0,05 \times 4,20825 \times 10^{12}$$

$$= 210\,412\,500\,000 \text{ Wh}$$

$$= 210\,412,5 \text{ MWh}$$

4G: 0,9 Wh / Mo

$$0,9 \times 4,20825 \times 10^{12}$$

$$= 3\,787\,425\,000\,000 \text{ Wh}$$

$$= 3\,787\,425 \text{ MWh}$$



500 000 MWh / mois



La vidéo la plus vue : « Baby Shark » de Pinkfong

- 15 500 000 000 vues en janvier 2025
- 2,17 min
- Full-HD (15Go/120min): 0,2715 Go
- Au total: 15 500 000 000 x 0,2715
 - 4 208 250 000 Go = 4 208 250 To = 4 208,25 Po = 4,20825 Eo
- Coût énergétique



500 000 MWh / mois

| | | | |
|---------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------|
| Fibre: 0,05 Wh / Mo | $0,05 \times 4,20825 \times 10^{12}$ | = 210 412 500 000 Wh | 12 jours 12 h |
| | | = 210 412,5 MWh | |

| | | | |
|-----------------|-------------------------------------|------------------------|-------------|
| 4G: 0,9 Wh / Mo | $0,9 \times 4,20825 \times 10^{12}$ | = 3 787 425 000 000 Wh | 7 mois 16 j |
| | | = 3 787 425 MWh | |

NETFLIX



- Utilisateurs actifs revendiqués France : **10 000 000**
- 1 Film Full-HD de 2h ~ **15 Go**
- Si la **moitié** des utilisateurs regardent le film :
 $15 * 5\,000\,000 = 75\,000\,000\text{ Go} = 75\,000\text{ To} = 75\text{ Po}$

| | | |
|---------------------|------------------------------|---------------------|
| Fibre: 0,05 Wh / Mo | $0,05 \times 75 \times 10^9$ | = 3 750 000 000 Wh |
| | | = 3 750 MWh |
| 4G: 0,9 Wh / Mo | $0,9 \times 75 \times 10^9$ | = 67 500 000 000 Wh |
| | | = 67 500 MWh |

NETFLIX

- Utilisateurs actifs revendiqués France : **10 000 000**
- 1 Film Full-HD de 2h ~ **15 Go**
- Si la **moitié** des utilisateurs regardent le film :
 $15 * 5\,000\,000 = 75\,000\,000\text{ Go} = 75\,000\text{ To} = 75\text{ Po}$

| | | |
|---------------------|------------------------------|---------------------|
| Fibre: 0,05 Wh / Mo | $0,05 \times 75 \times 10^9$ | = 3 750 000 000 Wh |
| | | = 3 750 MWh |
| 4G: 0,9 Wh / Mo | $0,9 \times 75 \times 10^9$ | = 67 500 000 000 Wh |
| | | = 67 500 MWh |



16 666 MWh / jour

NETFLIX

- Utilisateurs actifs revendiqués France : **10 000 000**
- 1 Film Full-HD de 2h ~ **15 Go**
- Si la **moitié** des utilisateurs regardent le film :

$$15 * 5\,000\,000 = 75\,000\,000\text{ Go} = 75\,000\text{ To} = 75\text{ Po}$$

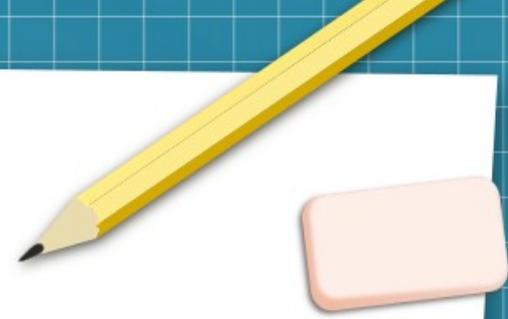


16 666 MWh / jour

| | | | |
|---------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Fibre: 0,05 Wh / Mo | $0,05 \times 75 \times 10^9$ | = 3 750 000 000 Wh | 5 heures 24 min |
| | | = 3 750 MWh | |
| 4G: 0,9 Wh / Mo | $0,9 \times 75 \times 10^9$ | = 67 500 000 000 Wh | 4 jours = 4 Réacteurs |
| | | = 67 500 MWh | |

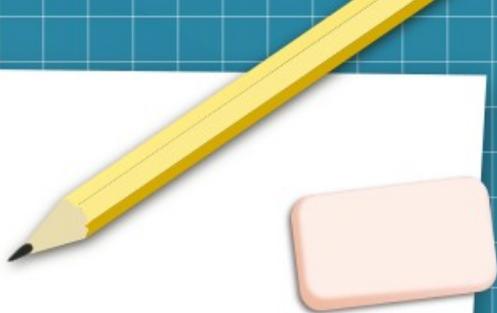
NETFLIX

- Utilisateurs actifs revendiqués France : **10 000 000**
- 1 Film Full-HD de 2h ~ **15 Go**
- Si la **moitié** des utilisateurs regardent le film :
15 * 5 000 000 = 75 000 000 Go = 75 000 To = 75 Po

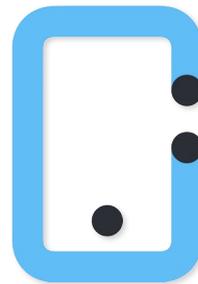
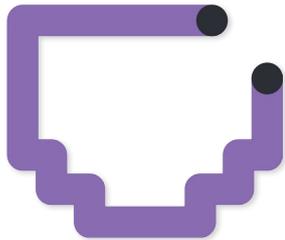


16 666 MWh / jour

| | | | |
|---------------------|------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Fibre: 0,05 Wh / Mo | $0,05 \times 75 \times 10^9$ | = 3 750 000 000 Wh | 5 heures 24 min |
| | | = 3 750 MWh | |
| 4G: 0,9 Wh / Mo | $0,9 \times 75 \times 10^9$ | = 67 500 000 000 Wh | 4 jours = 4 Réacteurs |
| | | = 67 500 MWh | |



Quelques pistes pour diminuer notre empreinte numérique





Se dé-Googliser !



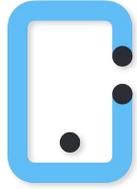
Collectif des Hébergeurs Alternatifs, Transparents, Ouverts, Neutres et Solidaires.

Ce collectif vise à rassembler des structures proposant des services en ligne libres, éthiques et décentralisés afin de permettre aux utilisateur·ices de trouver rapidement des alternatives respectueuses de leurs données et de leur vie privée aux services proposés par les GAFAM.

CHATONS est un collectif initié par l'association Framasoft en 2016 suite au succès de sa campagne Dégooglisons Internet.

<https://www.chatons.org>

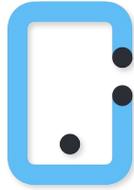
| CHATON (Strasbourg) | Organisation | Public | Site web |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------|
| ReflexLibre | Entreprise | Associations et PME | https://reflexlibre.net |
| Alsace Réseau Neutre  | Association de bénévoles | Tous | https://arn-fai.net |
| Zaclys | Entreprise | Tous | https://www.zaclys.com |



Limiter et réparer !



- **Limiter le renouvellement** au maximum
 - Entretien des équipements par les **logiciels libres** !
 - Promouvoir **la seconde main** et l'occasion
- **Lors d'achat privilégier du matériel réparable**
 - Smartphone : Fairphone 5
 - PC de bureau à la place d'un PC portable
 - Passer aux **logiciels libres** !
- **Ne pas acheter d'objet connecté**



Les logiciels libres !



- **Le code est ouvert**

Impossible de faire de l'obsolescence programmée logicielle !

Allonge directement la durée de vie des équipements !

- **Utiliser le système d'exploitation libre Linux**

- Il est possible de mettre à jour votre PC !

- A l'achat d'un nouveau PC demandez exigez Linux !

- **Les GAFAM utilisent Linux, pourquoi pas vous ?**



Les logiciels libres !



- **Venez découvrir Linux !**

- **Initiation Linux et ligne de commande**

25/02/2025

A l'IPCMS de 10h à 16h

- **Installer Linux avec *l'aCROciation***

01/03/2025

Au Cro-Work-In de 14h à 16h

- **Café HOP ! mensuel avec ARN**

15/03/2025

<https://arn-fai.net/agenda>



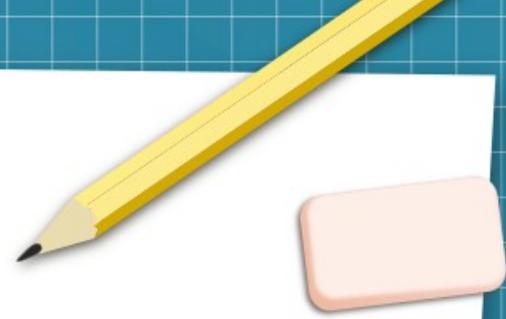


Prendre conscience

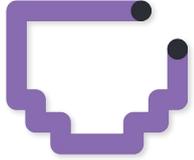


- **Éteindre** votre box internet et autres objets connectés
 - La nuit
 - En votre absence
- **Naviguer intelligemment** (limiter les flux de données)
 - Baisser la résolution de base des vidéos
 - Utiliser un bloqueur de publicités
- **Communiquer intelligemment**
 - Nettoyer votre boîte de messagerie
 - Limiter la taille (quantité de données) de vos messages
- Avoir conscience que vos usages ont un impact

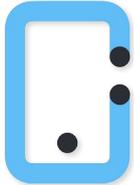
En résumé



- Se dé-Googliser et utiliser un **CHATONS**



- Privilégier les **réseaux filaires** aux réseaux mobiles



- **Limitier le renouvellement** de ses équipements
- Privilégier les équipements **réparables**, et le **ré-emploi**
- Utiliser les **logiciels libres** pour prolonger la durée de vie des équipements



- Comprendre que ses **usages ont un impact**
- Communiquer intelligemment et **réduire l'empreinte des messages**
- Naviguer intelligemment sur internet et **bloquer les contenus gourmands**



Et ensemble alors ?



- **Gouvernance d'un laboratoire de recherche ***
 - **Poste de travail au sein de l'unité de recherche ***
- * ou entreprise, collectivité, association ...**



Et ensemble alors ?



- **Gouvernance d'un laboratoire de recherche**
 - Nommer et former un / une **responsable** « Numérique soutenable »
 - Définir une **stratégie ET un budget** « Numérique soutenable »
 - Favoriser le **ré-emploi**
 - **Réduire** les achats numériques, et faire des achats **durables**
 - Communiquer et sensibiliser : **éduquer** (fresque du climat / numérique)
 - Avoir des **objectifs** : évaluer régulièrement l'empreinte* du laboratoire
 - Afficher de la **solidarité** et prendre un engagement collectif

* CO₂, énergie ...

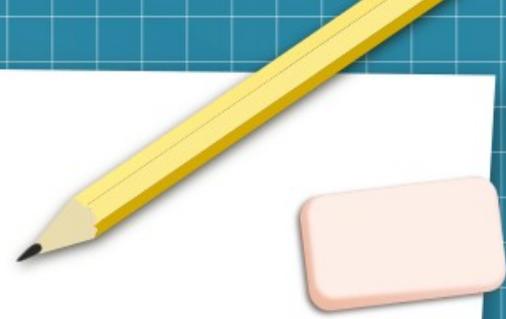


Et ensemble alors ?



- Poste de travail au sein de l'unité de recherche
 - Privilégier la mise à jour et le ré-emploi plutôt que le neuf
 - Logiciels libres
 - Linux
 - Éteindre vos équipements plutôt que les mettre en veille*
 - Limiter le nombre d'équipements (ex : écrans) par personne

* Connexion à distance depuis le domicile par VPN - WoL « Wake On Lan »



Merci pour votre attention !

Questions ?