



CNRIUT'2025

**Congrès National
de la Recherche des IUT**

26-27 mars 2025

**Bayonne
Pays Basque**

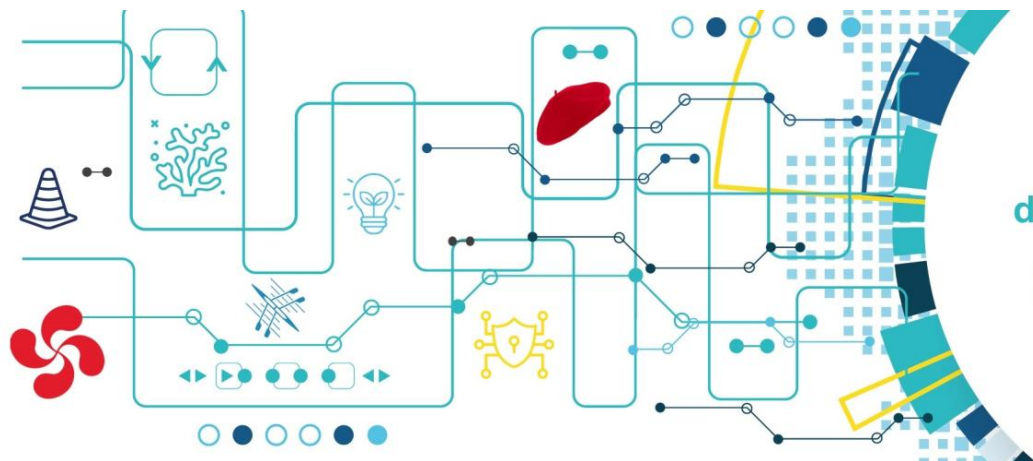


LE COÛT DU NUMÉRIQUE... ET QUELQUES PISTES POUR LE BAISSER

Philippe ROOSE

LIUPPA, E2S, Université de Pau et des Pays de l'Adour, France



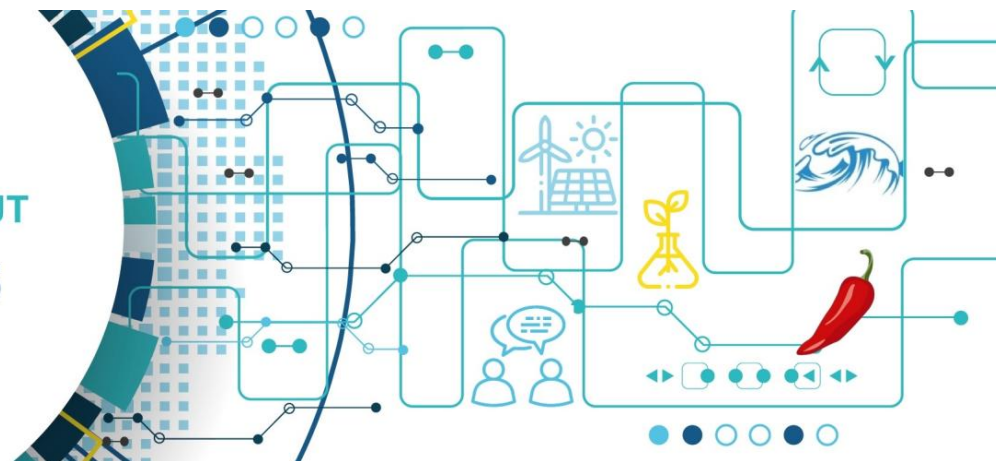


CNRIUT'2025

Congrès National
de la Recherche des IUT

26-27 mars 2025

Bayonne
Pays Basque



Emission de GES

Entre l'aviation civile et les technologies du numérique, quel est le plus gros émetteur de GES

a) Aviation Civile

b) Technologies du numérique



Emission de GES

Entre l'aviation civile et les technologies du numérique, quel est le plus gros émetteur de GES

a) Aviation Civile => 2% des GES mondiales

b) Technologies du numérique

=> 4% des GES



Consommation de la vidéo

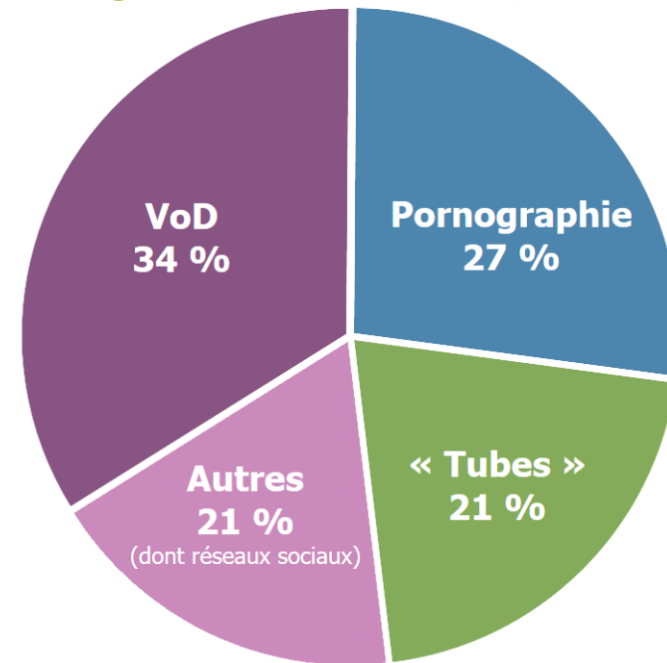
- La vidéo de loisir représente quel pourcentage des données qui transitent sur Internet ?
- a) 20 %
- b) 40 %
- c) 60 %



Consommation de la vidéo

- La vidéo de loisir représente quel pourcentage des données qui transitent sur Internet ?

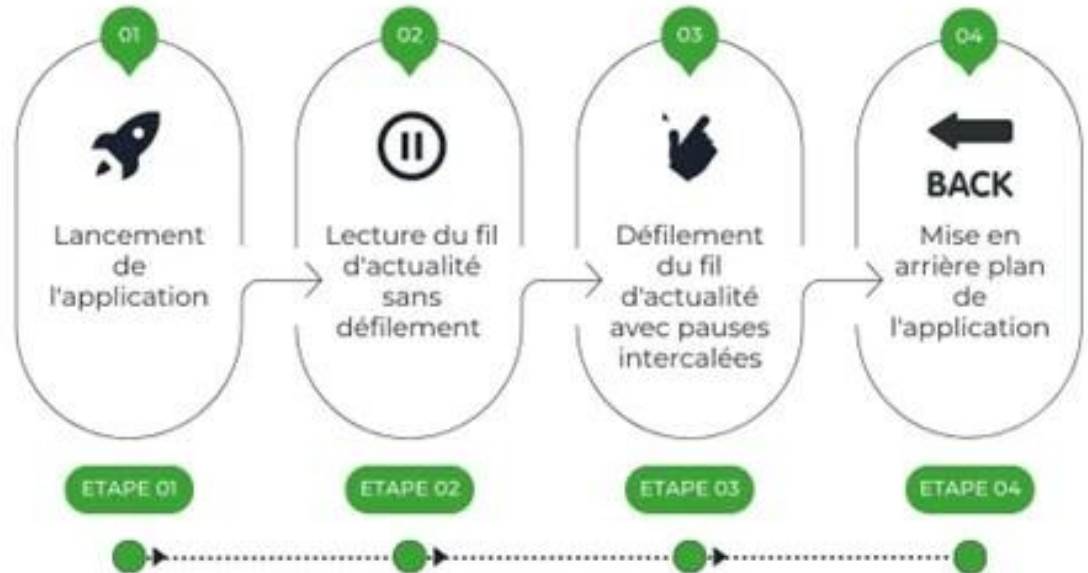
- a) 20 %
- b) 40 %
- c) 60 % dont



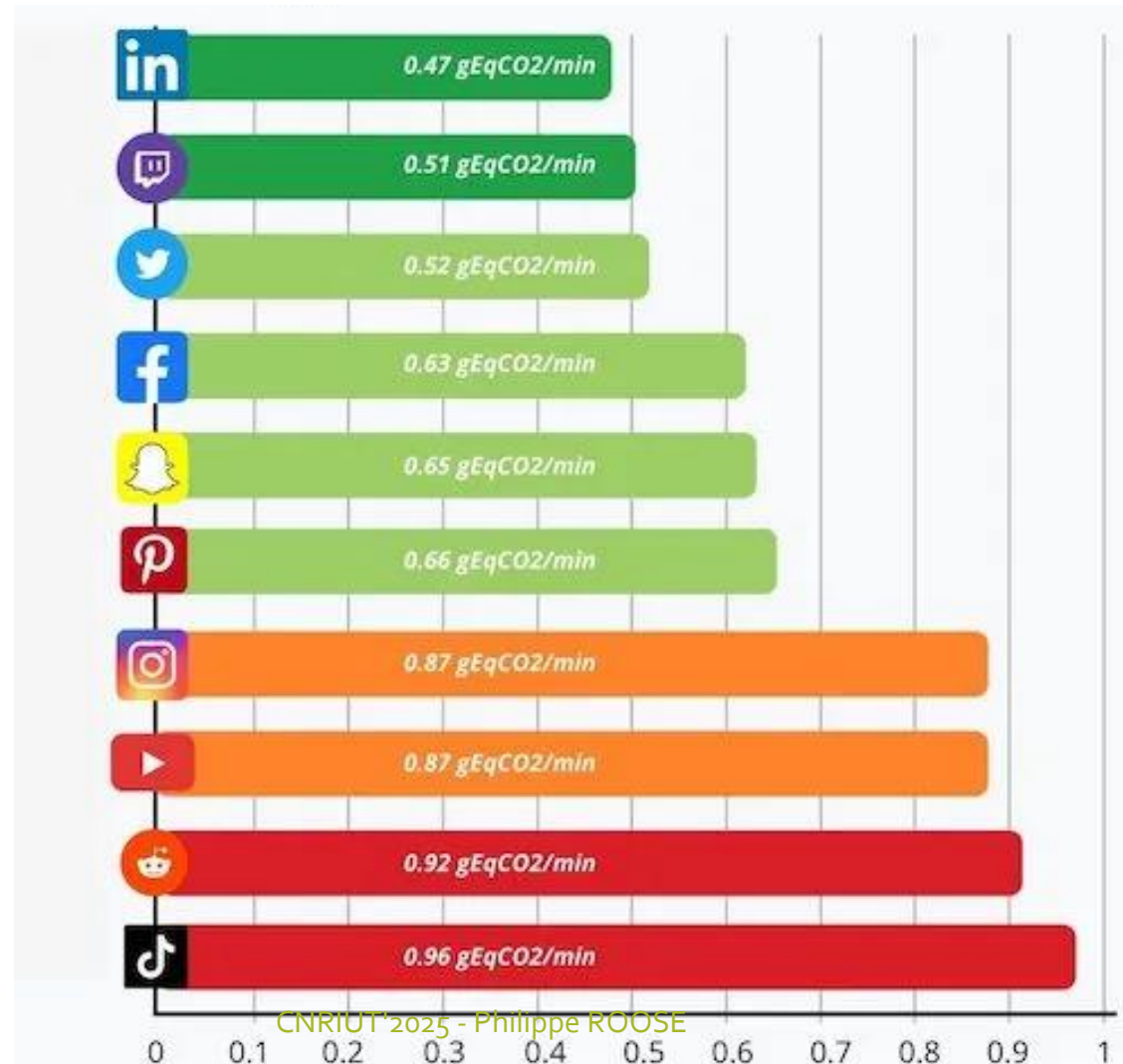
Réseaux Sociaux

- Quel réseau social est le plus gros émetteur de CO₂ ?

- a) Facebook
- b) Youtube
- c) TikTok



Réseaux Sociaux



Src: GreenSpector

CNRIUT'2025 - Philippe ROOSE

Smartphones

- Combien de smartphones pensez-vous avoir chez vous au fond d'un tiroir ?



Équipements personnels

- Combien de smartphones pensez-vous avoir chez vous au fond d'un tiroir ?

1	0 ✓
2	1 ou 2 ✓
3	3 à 5 ✓
4	Trop pour oser l'avouer ✓

- Pour aller plus loin :
 - Seuls 50% des DEEE (**Déchets d'Équipements Électriques et Electroniques**) (en poids) sont collectés en France, parmi lesquels :
 - 2% sont réutilisés
 - 75% sont recyclés en matériaux
 - 10% sont recyclés en énergie
 - 13% sont rejetés sans traitement



Usage : réseaux mobiles

- Par combien a été multipliée la consommation mensuelle moyenne de données par carte SIM en France entre 2011 et 2021 ?



Usage : réseaux mobiles

- Par combien a été multipliée la consommation mensuelle moyenne de données par carte SIM en France entre 2011 et 2021 ?

1	2 ✗
2	5 ✗
3	10 ✗
4	20 ✗
5	100 ✓

Fin 2011 (3G déployée) :

- 65,9 millions de cartes SIM en France (prépayées et abonnements)
- Consommation mensuelle moyenne par carte SIM : 0,1 Go /mois

Fin 2021 (4G déployée) :

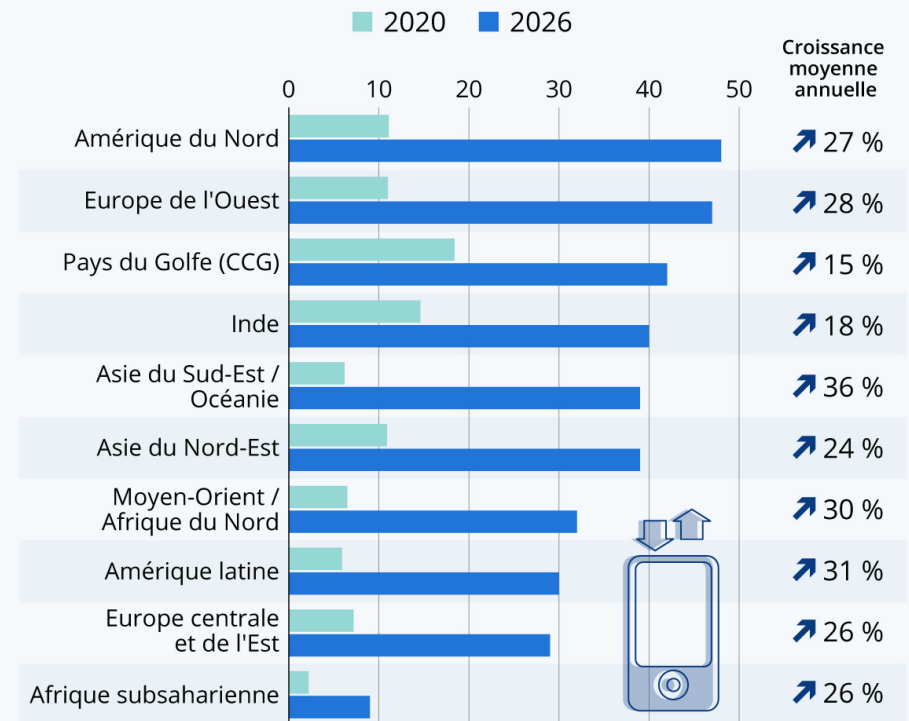
- 80,4 millions de cartes SIM en France
- 10,4 Go /mois (x100 en 10 ans par carte SIM)

Source : ARCEP, Marché des communications électroniques en France, bilans trimestriels. <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffres/observatoire-des-marches-des-communications-electroniques-en-france/historique-de-lobservatoire.html>

CNRIUT'2025 - Philippe ROOSE

Données mobiles : comment le trafic va exploser

Prévision de l'évolution du trafic moyen de données mobiles par smartphone et par région, en Go par mois



Source : Ericsson Mobility Report (juin 2021)



statista

Temps de chargement d'une page Web

- Entre 2011 et 2023, de nombreux progrès ont été réalisés dans le domaine du numérique.
- Dans le même laps de temps, selon le site httparchive.org, par combien le temps de chargement moyen d'une page Web sur un ordinateur de bureau a-t-il été divisé environ ?

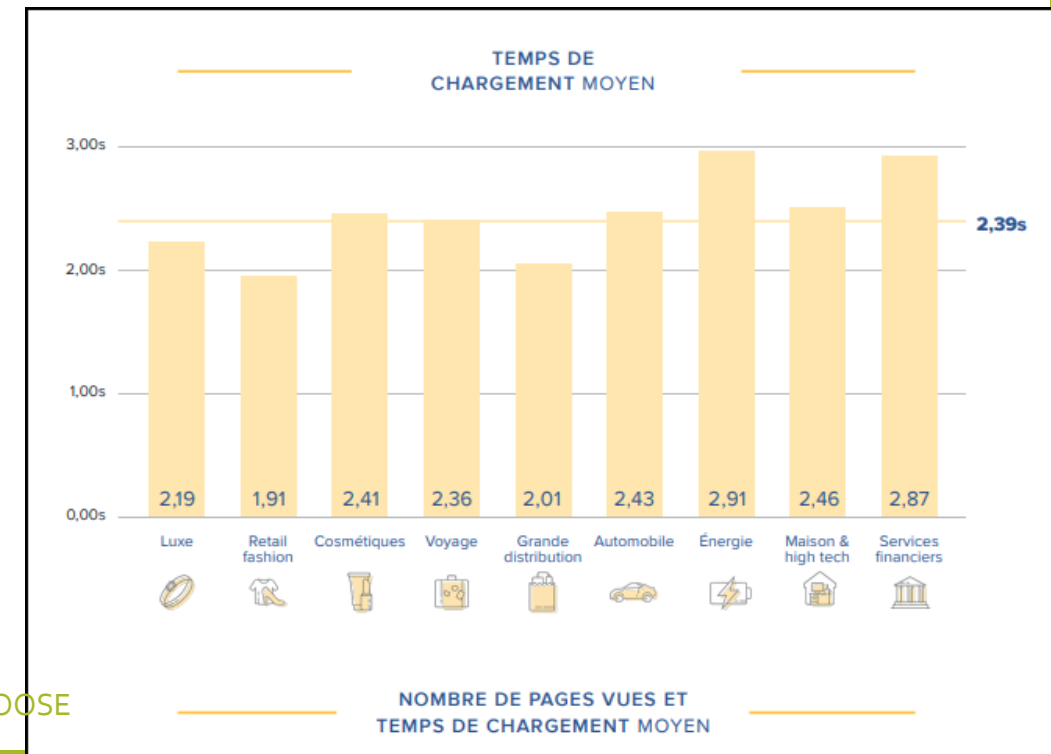


Temps de chargement d'une page Web

- Entre 2011 et 2023, de nombreux progrès ont été réalisés dans le domaine du numérique.
- Dans le même laps de temps, selon le site httparchive.org, par combien le temps de chargement moyen d'une page Web sur un ordinateur de bureau a-t-il été divisé environ ?

1	par 100 ✗
2	par 20 ✗
3	par 10 ✗
4	par 1 ✓

- Illustration de l'effet rebond...



GDRS Eco Info



POUR UNE INFORMATIQUE ÉCO-RESPONSABLE

Sylvain Bouveret, Aurélie Bugeau, Frenoux Emmanuelle, Julien Lefevre, Laurent Lefèvre, et al.. Quiz sur les impacts environnementaux du numérique. EcoInfo. 2025. hal-04960328

Pfffffffffffffffffffff !!!!!

- **>30 To** publiées chaque seconde
- Le monde a produit en 2023 : 120 Zo (Zettaoctets)
 - Soit... 120 Milliards de disques de 1To !
- Prévisions pour 2025 : 281 Zo
 - Conjecture : « *la capacité de stockage installée des datacenters double tous les 15 mois* »
- 90 % des données disponibles dans le monde ont été créées dans les deux dernières années.

Computer Memory Units

4 bit = 1 nibble

8 bit = 1 B(byte)

1024 B = 1 KB (Kilo Byte)

1024 KB = 1 MB (Mega Byte)

1024 MB = 1 GB (Giga Byte)

1024 GB = 1 TB (Tera Byte)

1024 TB = 1 PB (Peta Byte)

1024 PB = 1 XB (Exa Byte)

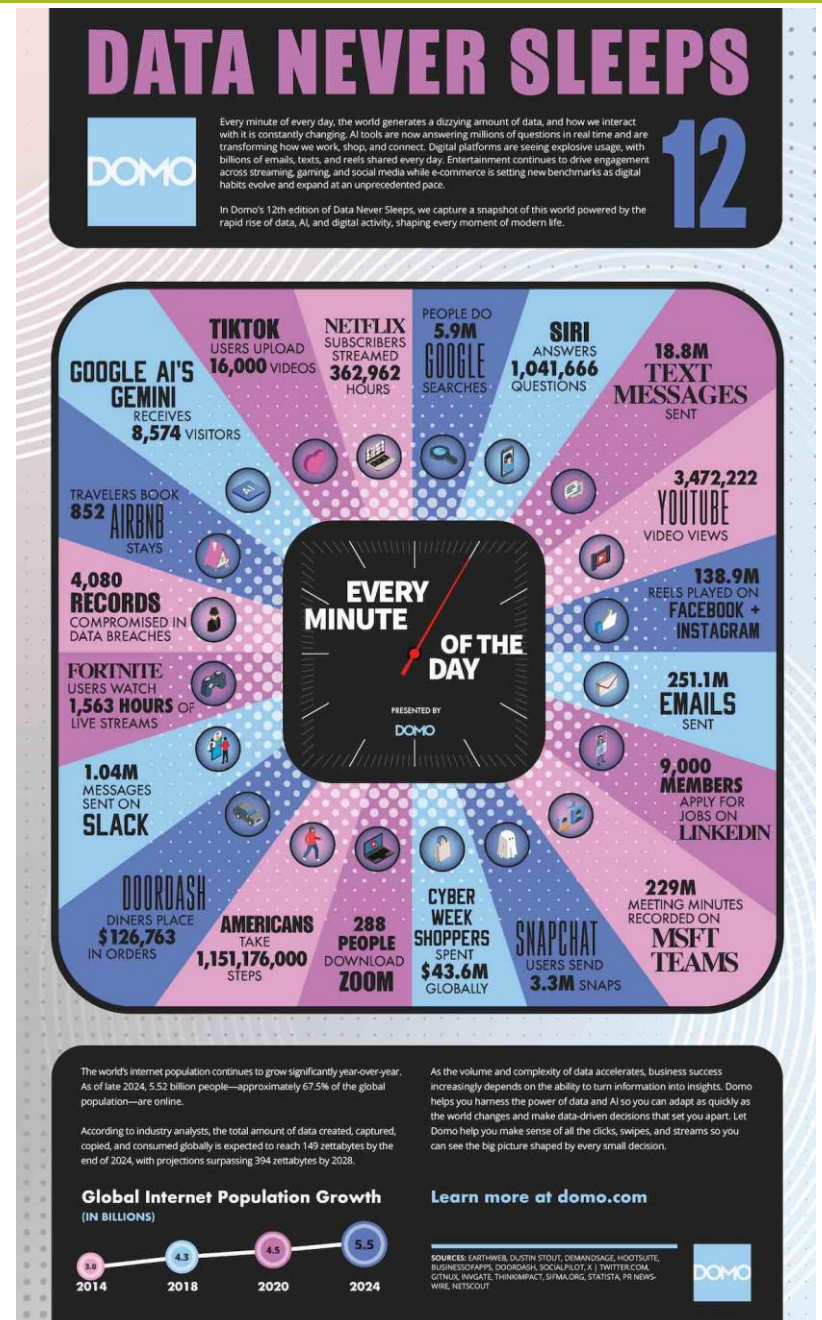
1024 XB = 1 ZB (Zeta Byte)

1024 ZB = 1 YB (Yota Byte)



Et 1 mn en 2024 ?

- 5,9 millions de recherches effectuées sur Google,
- 3,3 millions de Snaps,
- > 3 millions de vidéos visionnées sur YouTube,
- 16000 vidéos « uploadées » sur TikTok
- 18,8 millions de messages textes envoyés,
- 251 millions d'emails envoyés,
- 852 locations sur AirBnB



Constat

- Le numérique (4% GES) mais engloutit près de **10 % à 15% de la consommation mondiale d'électricité** et cette consommation **augmente chaque année**.
 - Et... 21% en Irlande en 2023 (> conso des maisons à 18%); 30 %pour 2028

Et pour y arriver...1 datacenter de Google



Each data center is
11.5 times
the size of a football field

11,5 football
fields
100,000 servers

100 MWatts

<https://www.google.com/about/datacenters/inside/locations/the-dalles/>
CNRIUT 2025 - Philippe ROOSE

Et pour rafraichir tout ça ?

- Trempez là dans l'eau...



- <https://www.datacenterknowledge.com/archives/2012/12/11/defensedepartment-cool-servers-with-hot-water>

Et pour rafraichir tout ça ?

- Trempez là dans l'huile...



- <https://www.grcooling.com>

Et pour rafraichir tout ça ?

- Free Cooling



- <https://www.google.com/about/datacenters/inside/locations/hamina/>

Et pour rafraichir tout ça ?

- Que d'eau...que d'eau...

- Tanker d'eau de 900 000 l

- Google data center
 - South Carolina, US



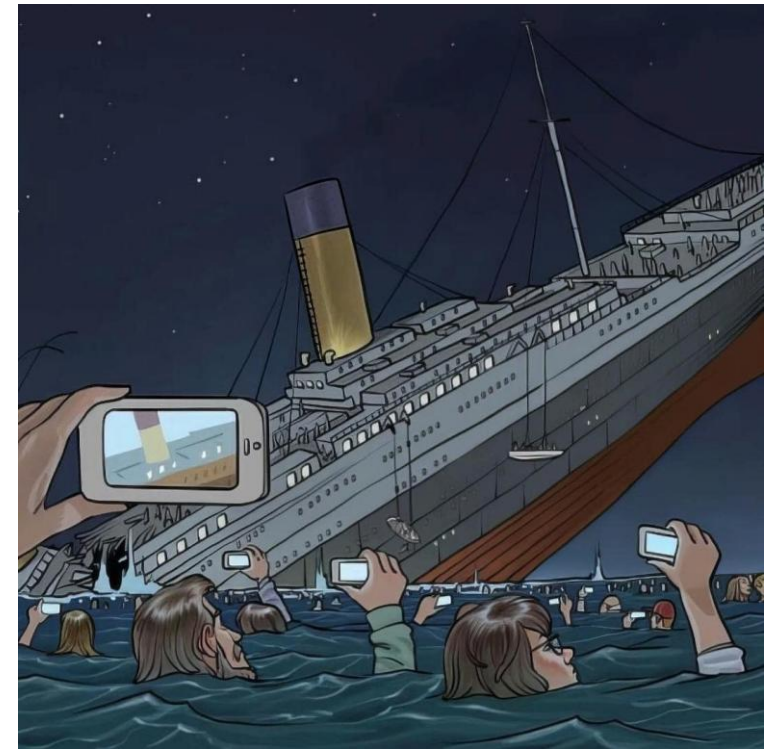
- <https://www.google.com/about/datacenters/gallery/index.html#/tech/19>

Comment en est-on arrivé là ?

Effet « pape »

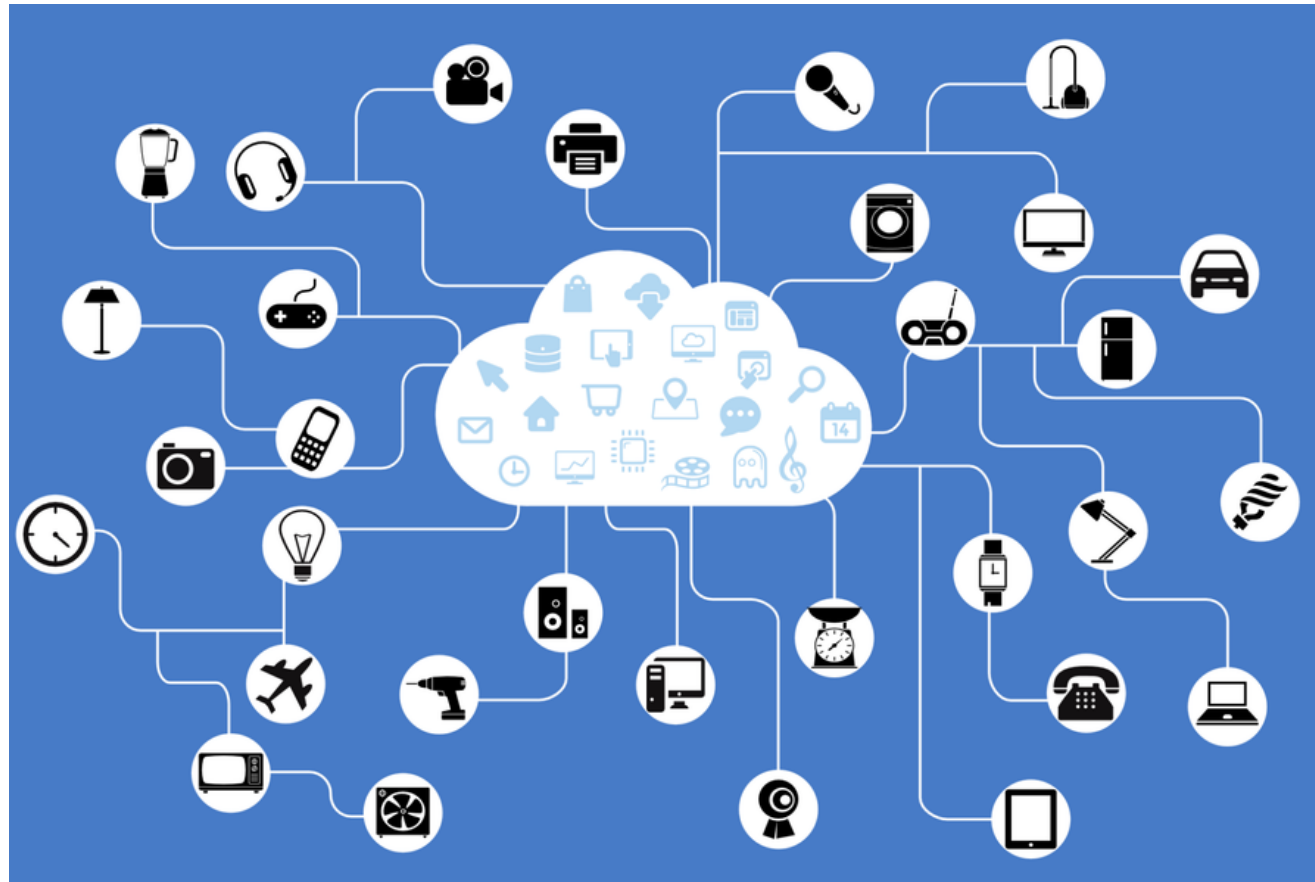
© Laurent Lefèvre

INRIA/ENS Lyon



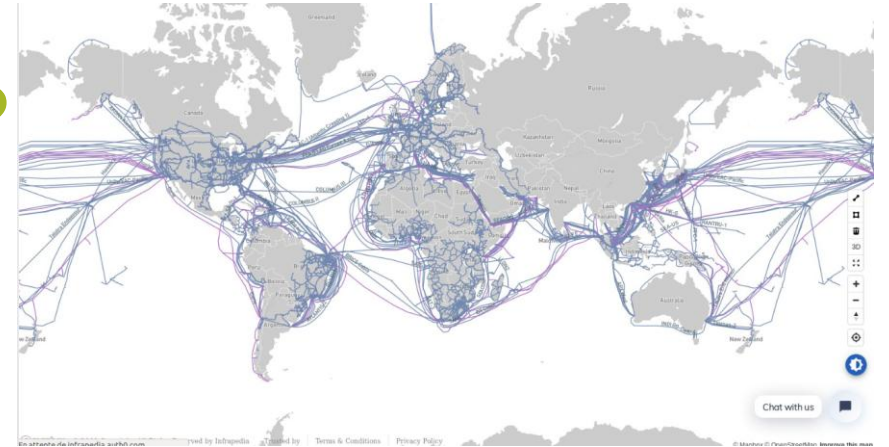
Et son corollaire...

Mais actuellement...avalanche de données



Et pour transporter tout ça ?

- 99 % du trafic intercontinental passe par des câbles de télécommunications posés au fond des océans.
- Infrastructure critique, techniquement et politiquement.
- Enjeu de sécurité et de défense nationale.
- Près de 500 câbles pour environ 1,5 million de kilomètres
 - 38x le tour de la terre
- En moyenne, **100.000 km de câbles / an** sont posés
- Coût d'une campagne de pose entre deux continents : Dernier câble Microsoft (**300 Millions d'euros**)

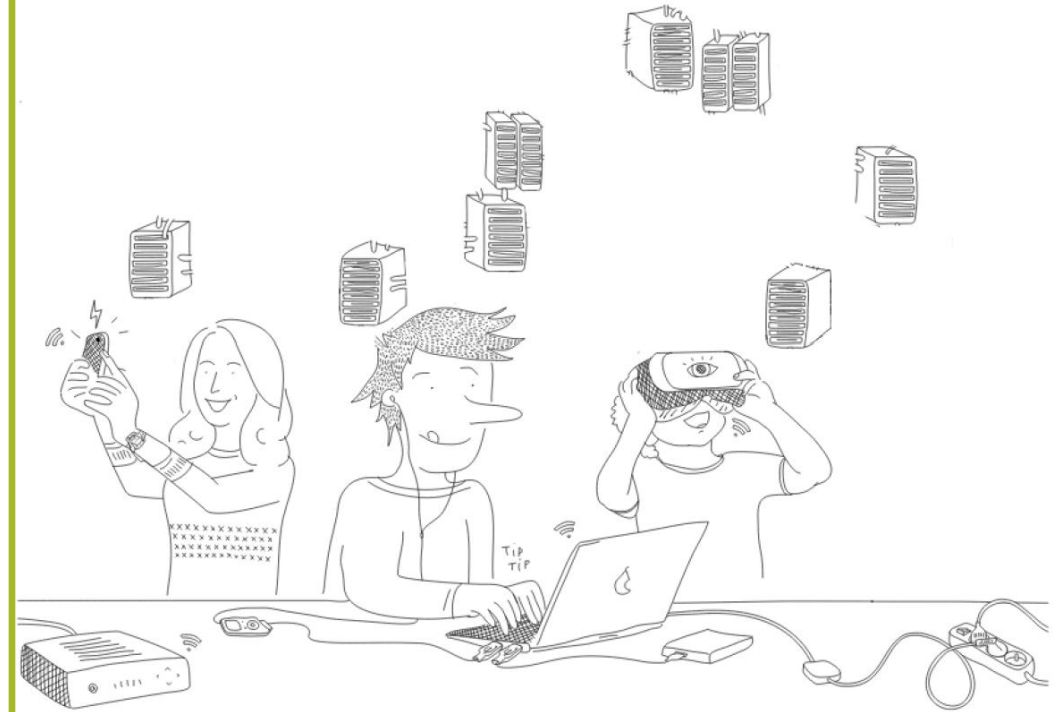


Explication ? Conscience ?

- Equipements utilisateurs...

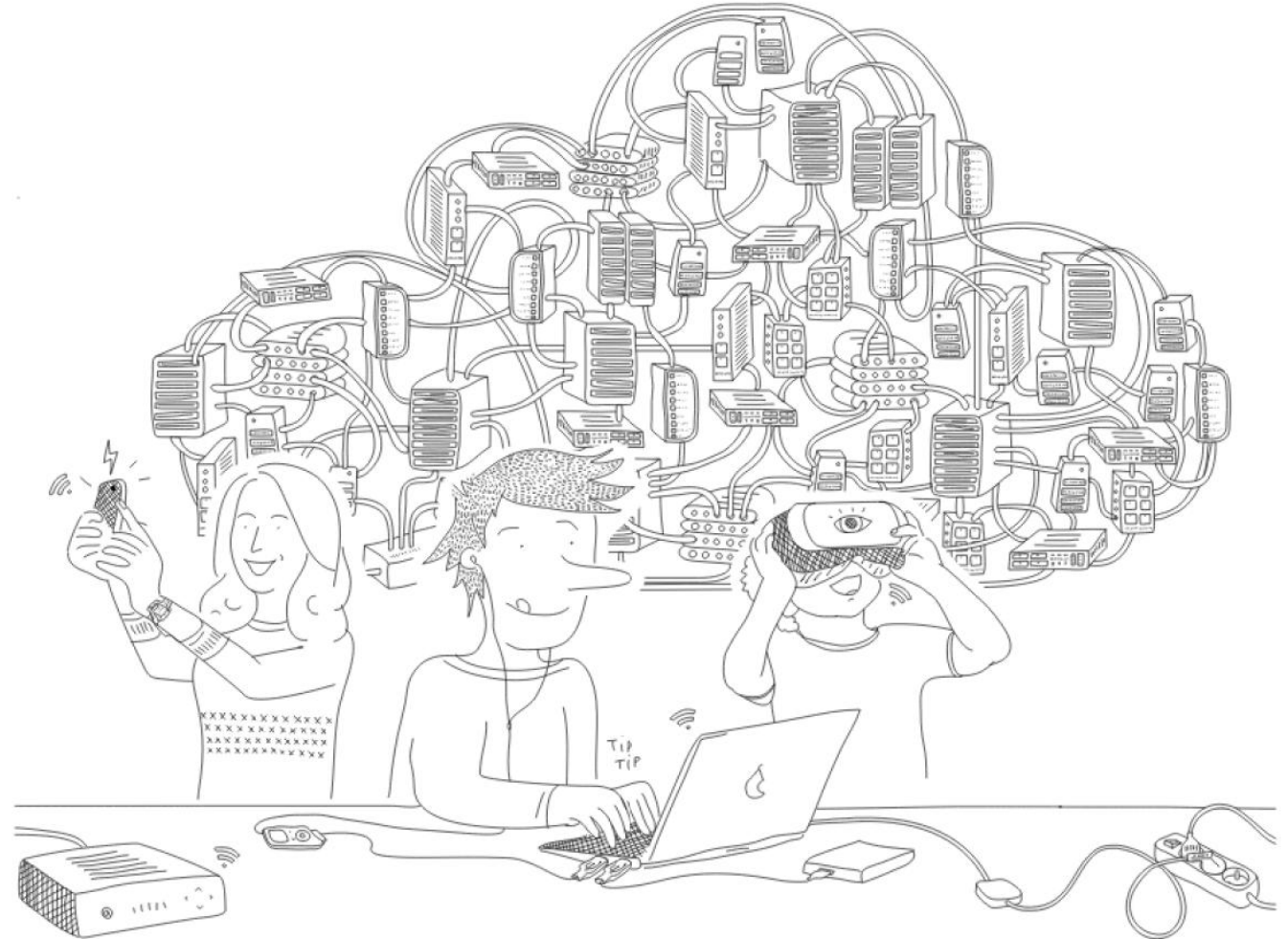


(source ADEME)



Explication ? Conscience ?

- + Infrastructure réseau
- Empreinte environnementale du numérique très largement sous-estimée par ses utilisateurs :
 - miniaturisation des équipements
 - invisibilité des infrastructures
 - services dans le cloud



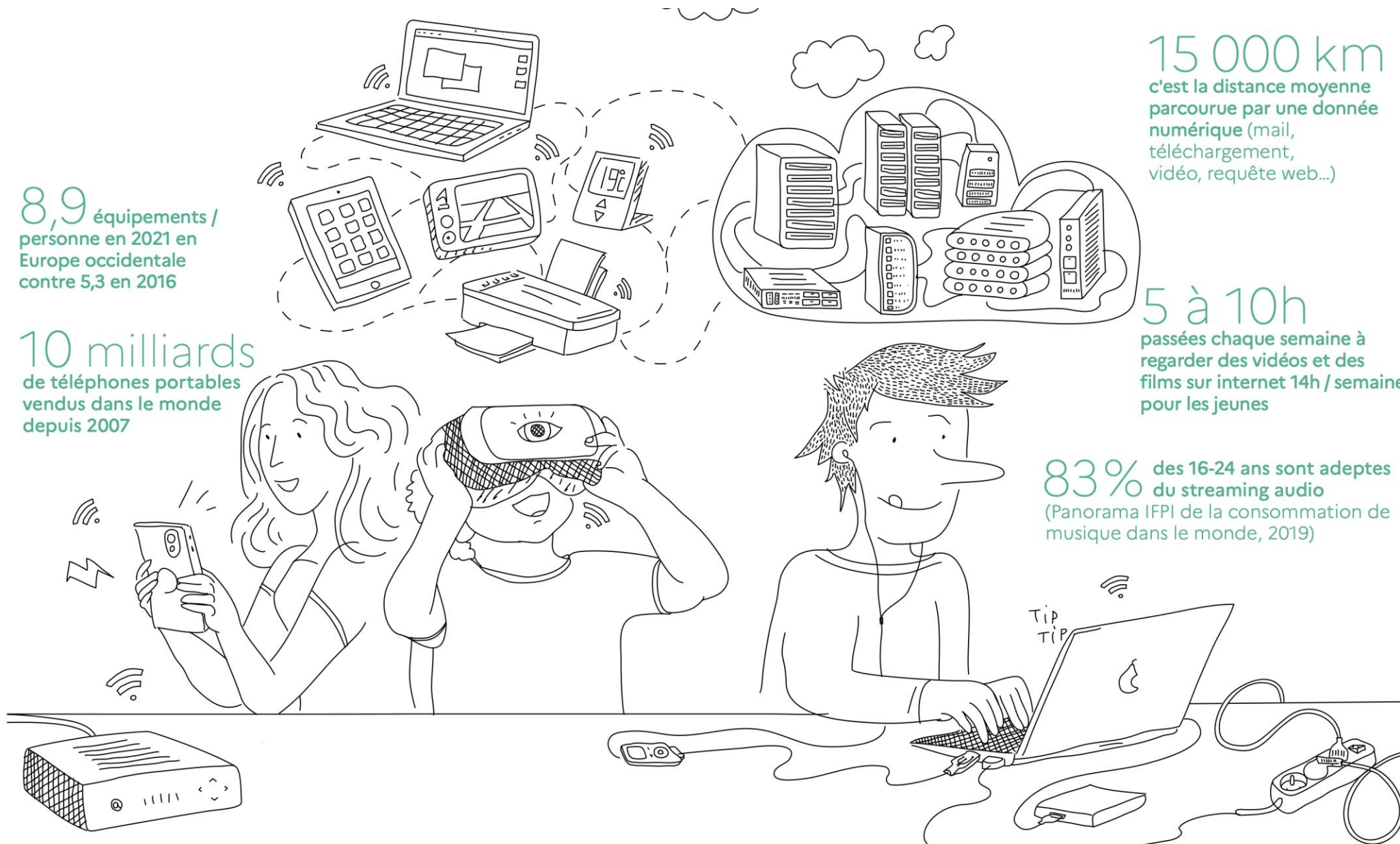
8,9 équipements /
personne en 2021 en
Europe occidentale
contre 5,3 en 2016

10 milliards
de téléphones portables
vendus dans le monde
depuis 2007

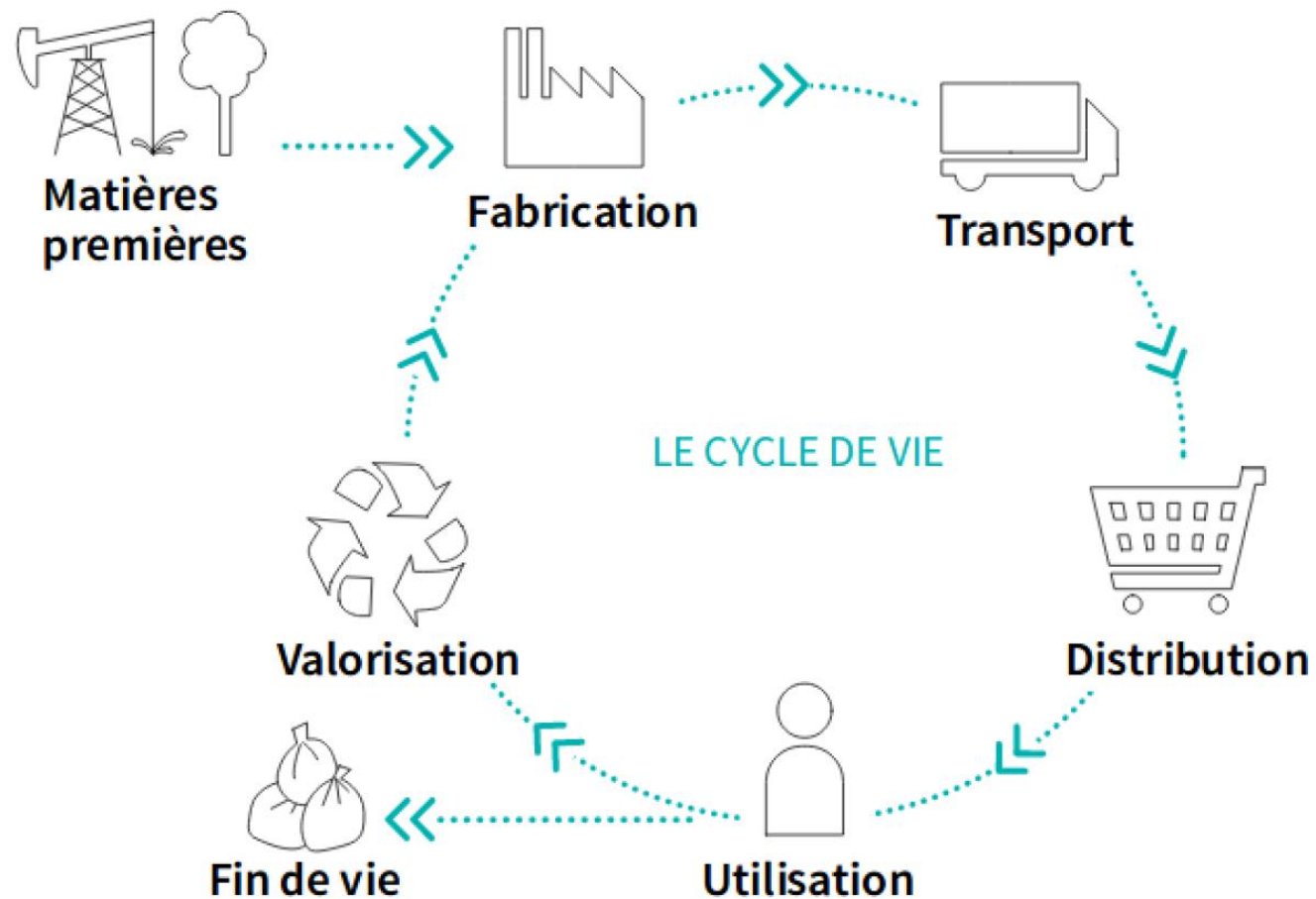
15 000 km
c'est la distance moyenne
parcourue par une donnée
numérique (mail,
téléchargement,
vidéo, requête web...)

5 à 10h
passées chaque semaine à
regarder des vidéos et des
films sur internet 14h / semaine
pour les jeunes

83% des 16-24 ans sont adeptes
du streaming audio
(Panorama IFPI de la consommation de
musique dans le monde, 2019)



Matériel - Cycle de vie



Sérieux ?

- Concept Magix Toaster
 - <https://www.maxigadget.com/2012/09/jamy-toaster-tartines-avec-la-meteo-du-jour.html>



Jamy toaster, 2012.

Sérieux ?



Assisteo,
Tefal, 2017.

- Assisteo de Tefal
 - <https://www.tefal.com/smart-pan-assisteo>

Impacts sur l'environnement

- Source: Françoise Berthoud



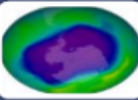
Consommation d'énergie primaire

- Consommation des ressources énergétiques



Changement climatique

- Émission de gaz à effet de serre



Destruction de la couche d'ozone

- Dommages causés à la couche d'ozone



Toxicité humaine

- Émissions dans l'air, l'eau et le sol de substances toxiques présentant un risque potentiel pour l'homme



Ecotoxicité aquatique

- Émissions dans l'air, l'eau et le sol de substances toxiques présentant un risque potentiel pour la faune et la flore aquatique



Déplétion des métaux

- épuisement des métaux en provenance de la croûte terrestre



Consommation d'eau

- Consommation d'eau tout au long du cycle de vie

Métaux rares, une idée des proportions...

- Présents à dose infime dans la nature
- Il faut bouger...
 - **8,5 tonnes** de roche => **1kg** de vanadium (catalyseur, batteries à flux, moteurs de dispositifs médicaux, ...)
 - **16 tonnes** de roche => **1kg** de cérium (lanthanide, Terre Rare, pierre à briquet, filtres à particules, fours auto-nettoyant, ...)
 - **50 tonnes** de roche => **1kg** de gallium (semi-conducteurs, LED, photodétecteurs, ...)
 - **1200 tonnes** de roche => **1kg** de lutécium (lanthanide, Terre Rare, catalyseur)
 - Ratio : 1200 pour 1 !



Une mine d'extraction de métaux rares dans la région de Baotou dans le nord de la Chine. Photo prise le 6 juillet 2010. — AP/SIPA



La lac toxique de Baotou (Chine)
David Gray / Reuters



Une femme et un enfant cassent de la roche extraite d'une mine de cobalt à Lubumbashi, dans la province du Katanga, en RDC. le 23 mai 2016. (JUNIOR KANNAH / AFP)



Mine de chrome, Kazakhstan, crédit photo :
businessmir.kz.



Saumures d'une mine de lithium, désert d'Atacama, Chili. Ivan Alvarado, REUTERS



Mine de lithium, désert d'Atacama, Chili.
Photo : Catherine Hyland



Extraction de coltan au Kivu (Congo).
Source : <https://ejatlas.org/>

Bagger 293



Plus gros engins roulants construits

- 96 mètres de hauteur,
- 225 mètres de longueur,
- 15.000 tonnes - creuse 240.000 m³ de terre par jour
- La roue à godets : 20 mètres de diamètre, 18 godets de 6,5 m³ de charge !

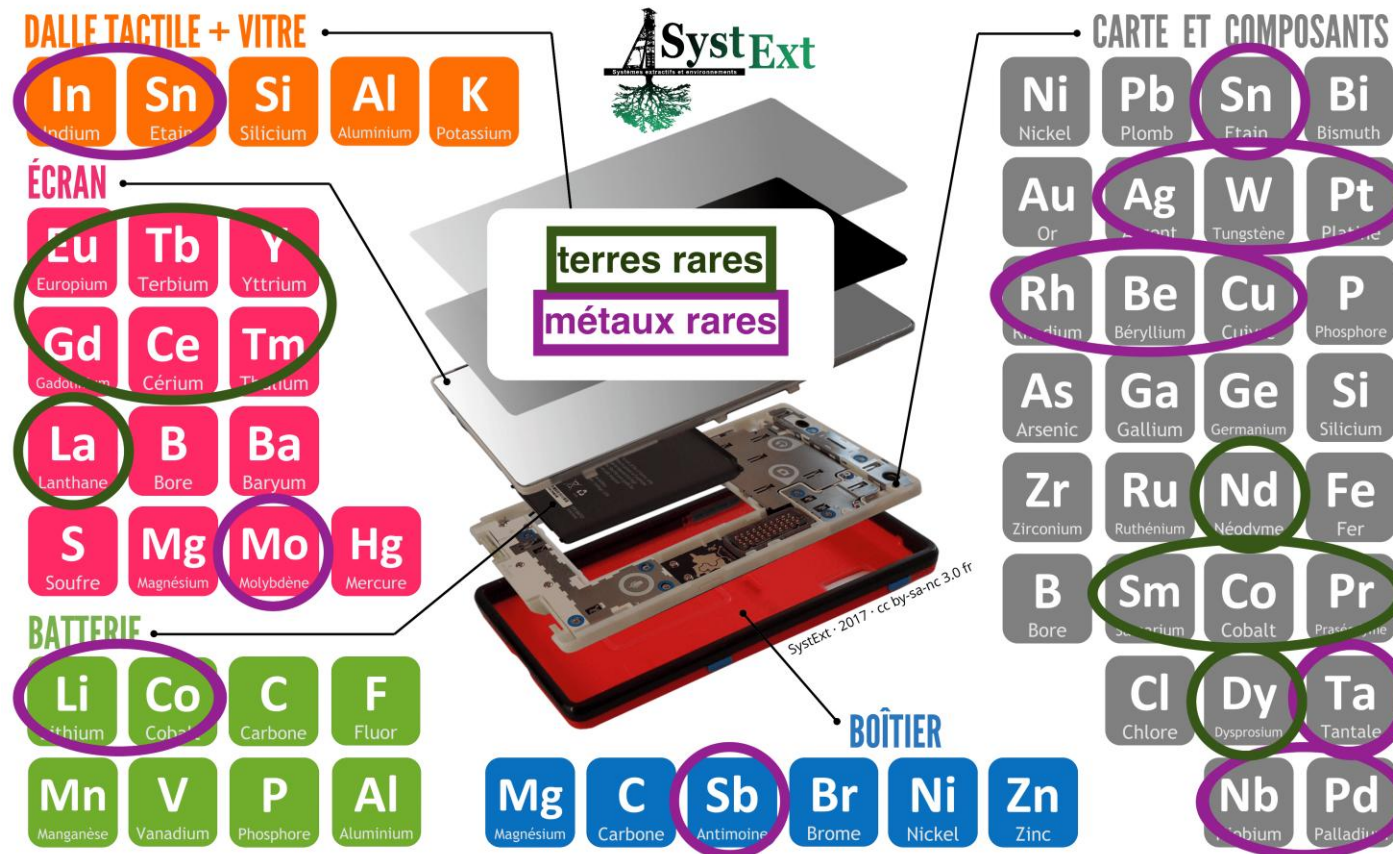
https://fr.wikipedia.org/wiki/Bagger_293

Conséquence

- pollutions – dégradation et contamination des eaux et sédiments par les résidus miniers
- stress hydriques
- destructions de la biodiversité
- négligence du droit du travail
- impacts sur la santé des populations
- responsables de tensions géopolitiques et conflits sociaux-environnementaux

Travaux d'Aurore Stephant, SystExt, [systext.org/](<https://www.systext.org/>).

Cas des smartphones



Source : Association SystExt Animation en ligne | Des métaux dans mon smartphone ? systext.org/node/1724

Nouveaux usages :

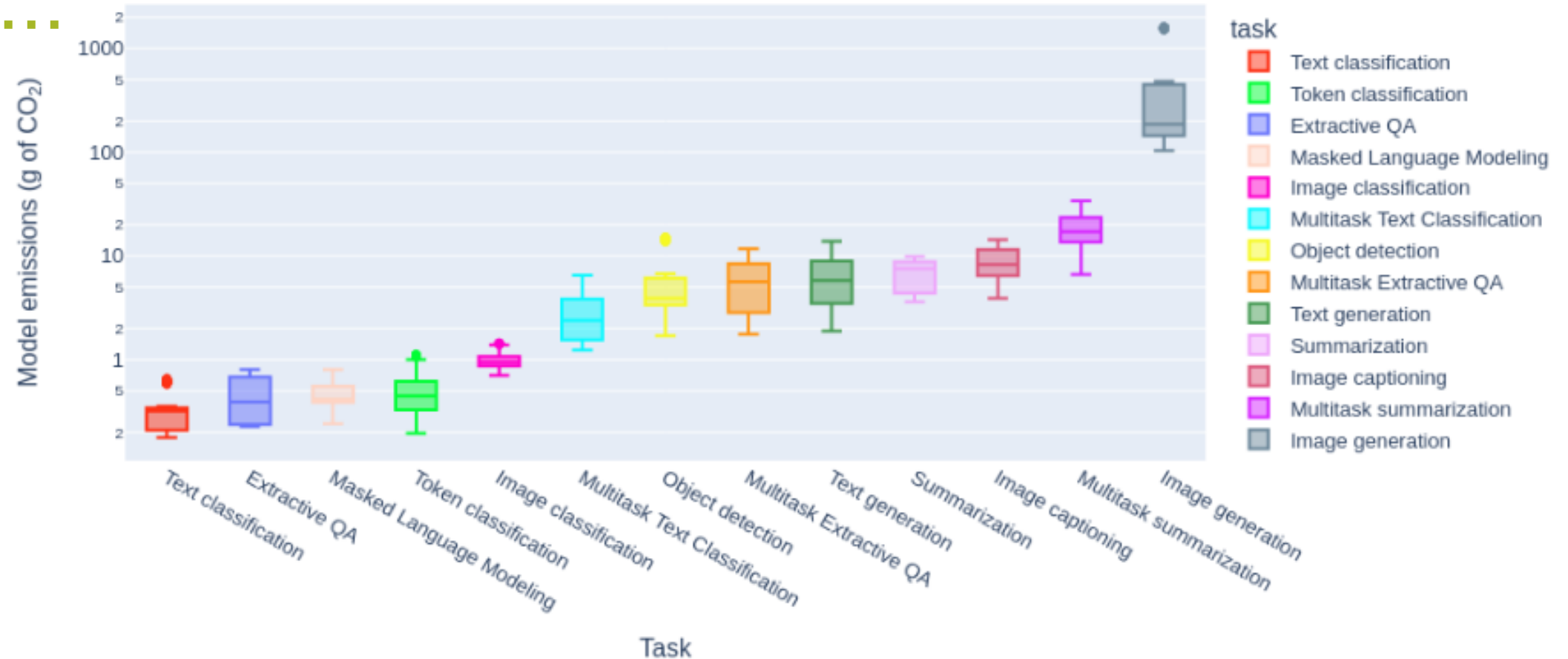
Nouvelle production de données

SUV Range Rover (équipé par l'entreprise Valeo), c'est

- 5 caméras,
 - 8 lidars,
 - 12 capteurs ultra-son
 - Caméra grand angle (fisheye)) 360 °
 - plusieurs radars longue portée,
 - un ordinateur central de grande puissance,
 - une caméra trifocale sur le pare-brise et d'autres capteurs
 - et, pour huit heures de conduite, **environ 40 téraoctets de données**
-
- + Batteries + DataCenters + Réseau + Data



IA...



La génération d'une image à l'aide d'un puissant modèle d'IA nécessite autant **d'énergie** que la recharge complète de votre smartphone (*étude IA Hugging Face et l'université Carnegie Mellon*).

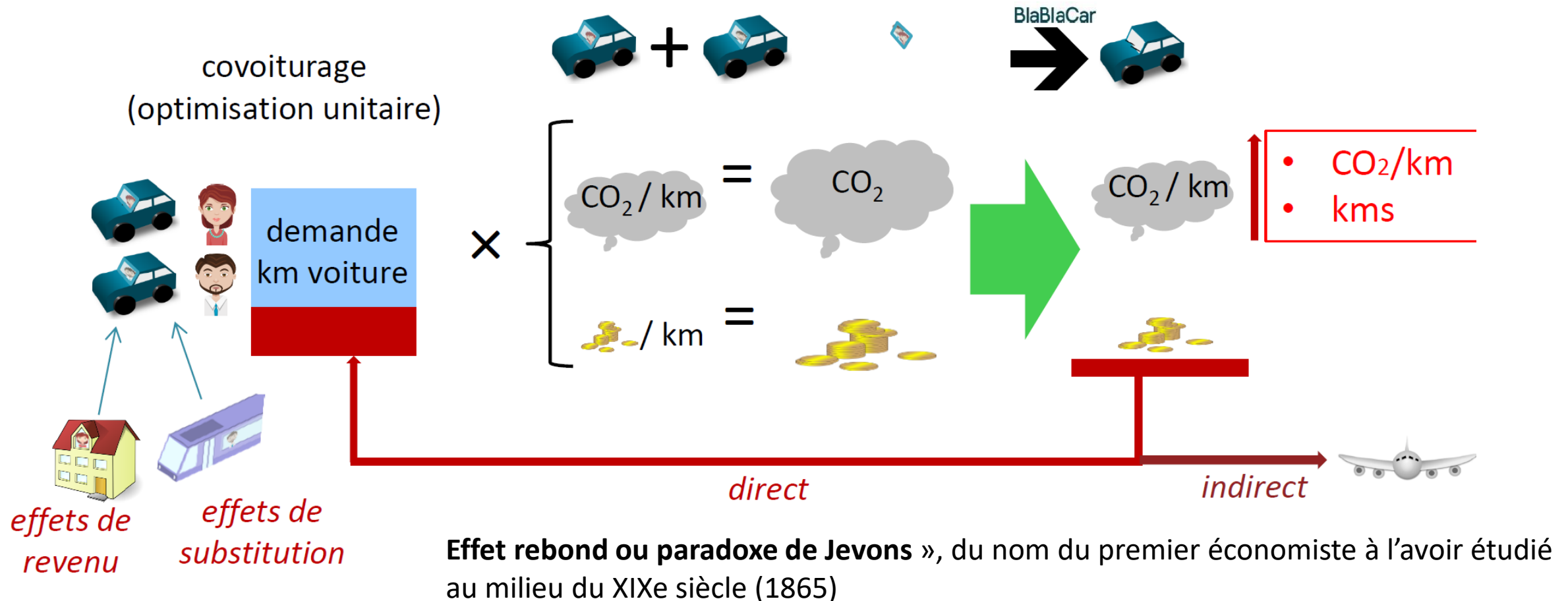
Puissance de la volumétrie...Quelques chiffres...

- Google reçoit **80 000 requêtes/sec.**, soit **6,9 milliards** de requêtes par jour.
- Une requête Google = **0,2 g** de Co₂
 - A vous de faire le calcul 😊
- Une recherche sur Google consomme la même quantité d'énergie que ce que votre corps brûle en dix secondes.
 - 6,9 M x 10 sec = ... près de **800 000 jours** d'activité humaine....**par jour** !

Le poids des échelles !!!!

- Une journée de travail sur **ordinateur** correspondrait à **9km de circulation en voiture** ou encore **à la consommation de 80 ampoules**.
 - 160 ordinateurs exploités dans une entreprise = 1 A/R Anglet-Paris en voiture

Effets rebonds



Que faire?

Mesurer le web... (coté client)



GreenIT-Analysis



Recherche sur Google ou saisissez une URL



Google



Web Store



Ajouter un ra...

Découvrez les Pixel Buds A-Series. Disponibles maintenant.

Plug-in

The screenshot shows the GreenIT-Analysis web interface. At the top, there are navigation buttons: "Lancer l'analyse", "Vider le cache navigateur", "Sauver l'analyse", "Historique", and "Aide". Below these, there's a checkbox for "Activer l'analyse des bonnes pratiques". The main content area displays several performance metrics:

- EcolIndex**: 71.06
- Eau (cl)**: 2.37
- GES (gCO2e)**: 1.58
- Nombre de requêtes**: 65
- Taille de la page (Ko)**: 1918 (4128)
- Taille du DOM**: 0

Below the metrics, there's a section titled "Bonnes pratiques" (Best Practices) with a list of 20 items, each marked with a red 'X' or a green checkmark. The items are:

- Ajouter des expires ou cache-control headers (>= 95%)
- Compresser les ressources (>= 95%)
- Limiter le nombre de domaines (<3)
- Ne pas retailer les images dans le navigateur
- Eviter les tags SRC vides
- Externaliser les css
- Externaliser les js
- Eviter les requêtes en erreur
- Limiter le nombre de requêtes HTTP (<27)
- Ne télécharger pas des images inutilement
- Valider le javascript
- Taille maximum des cookies par domaine(<512 Octets)
- Minifier les css (>= 95%)
- Minifier les js (>= 95%)
- Pas de cookie pour les ressources statiques
- Eviter les redirections
- Optimiser les images bitmap
- Optimiser les images svg
- Ne pas utiliser de plugins
- Fournir une print css
- N'utilisez pas les boutons standards des réseaux sociaux
- Limiter le nombre de fichiers css (<3)
- Utiliser des ETags (>= 95%)
- Utiliser des polices de caractères standards

On the right side of the "Bonnes pratiques" section, there's a list of 20 items, each marked with a red 'X' or a green checkmark. The items are:

- 50.7% ressources cachées
- 65.3% ressources compressées
- 8 domaine(s) trouvé(s)
- Pas de tag SRC vide
- Pas de inline stylesheet
- Pas d'inline JavaScript
- 0 erreur(s) HTTP
- 65 requête(s) HTTP
- JavaScript valide
- Taille maximum = 1044 Octets
- 100% css minifiées
- 100% js minifié
- 7 ressource(s) statiques avec un cookie (Au total 6.9Ko)
- 1 redirection(s)
- Pas d'images bitmap à optimiser
- Pas de svg à optimiser
- Aucun plugin
- Pas de print css
- Pas de bouton standard de réseau social trouvé
- 4 fichiers css
- 0% ressources utilisant des ETags
- 127 Ko de police(s) de caractères spécifique(s)

Mesurer...mesurer...mesurer !



Wattmètre derrière les machines/DC

ecofloc

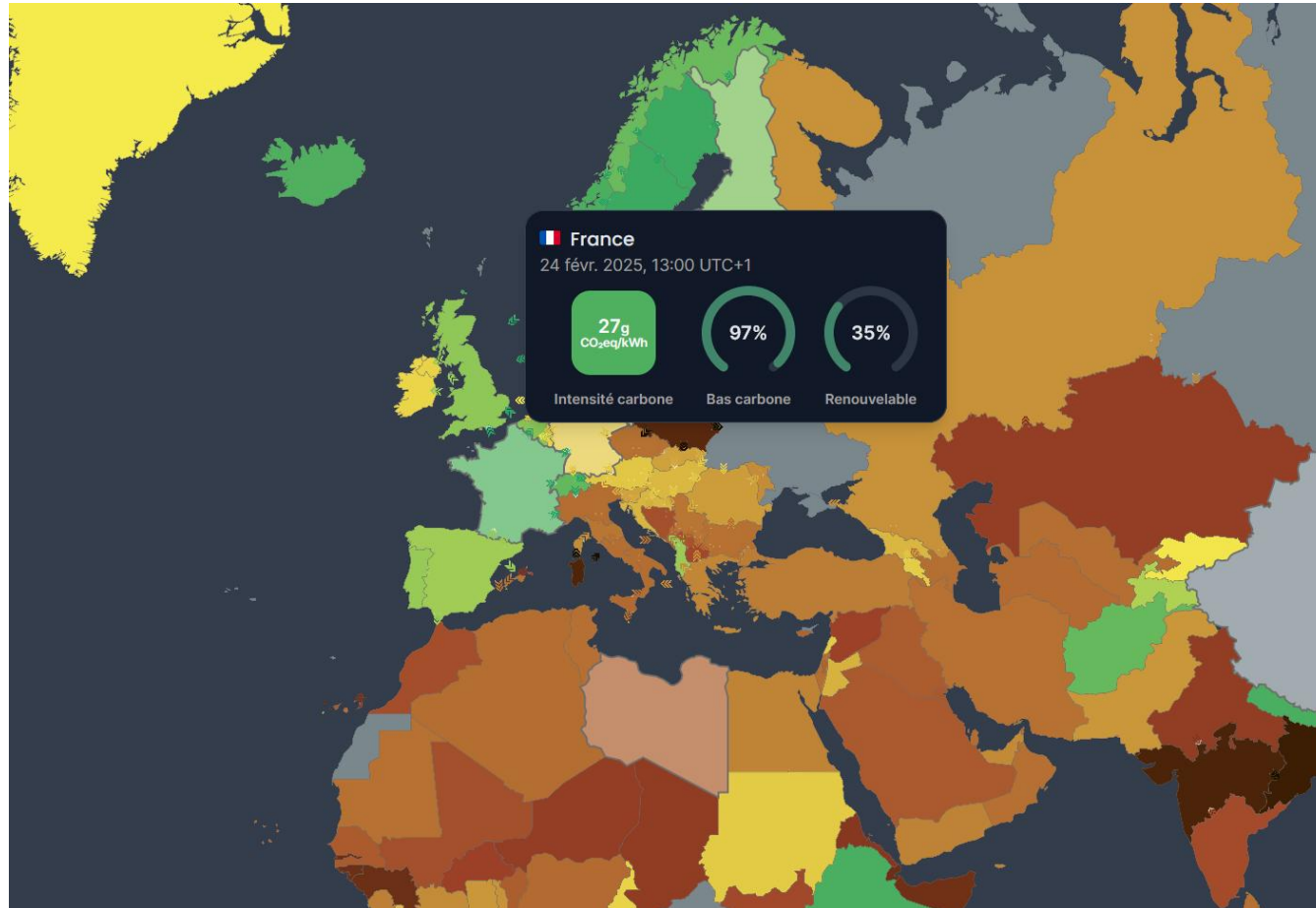
Wattmètre logiciel



Wattmètre logiciel // Mesure du code ou partie de code (design patterns)

CNRIUT'2025 - Philippe ROOSE

Evaluer l'impact Carbone : Electricity Map



~~Toute chose égale
par ailleurs...~~

Toute
consommation
n'étant pas égale
par ailleurs...

Que faire ?

Arrêter de penser que « **plus** » c'est « **mieux** » !

Alors...que faire ?

Vers la sobriété numérique

- Concevoir des services numériques
 - + Sobres
 - + Responsables
 - + Respectueux de l'utilisateur
 - + Respectueux de l'environnement



Alors...que faire ?

Vers la sobriété numérique

- **Ralentir**
- **Réfléchir** (à nos usages du numérique, à nos besoins, etc.)
- Mutualiser
- Avoir un usage raisonné du numérique et des services en ligne
- **Réfléchir encore....**
- Réduire nos usages du cloud/streaming (surtout en 4/5G)
- Débrancher/éteindre (nos smartphones, nos PC, nos box, etc.)
- Ne pas hésiter à ... **réfléchir** un peu plus ! Poser les choses...
- **Mettre les Low Techs à la mode**





La sobriété n'est surtout pas un renoncement à la modernité,
à la technologie, à la nouveauté



Bibliographie



POUR UNE INFORMATIQUE ÉCO-RESPONSABLE

- **Site groupe ÉcoInfo CNRS : <http://ecoinfo.cnrs.fr>**
 - Contributions de: Françoise Berthoud, Emmanuelle Frenoux, Laurent Lefèvre, Julien Lefèvre, Didier Malarrino, Karin Dassas, Anne-Laure Ligozat, Jean Sébastien Suau
- Impacts écologiques des technologies de l'Information et de la Communication, Groupe ÉcoInfo, Ed. edp sciences, coll. QuinteSciences, 2012.
- Peut-on croire aux TIC vertes ? F. Flipo et al., Ed. Presses des Mines, Coll. Développement durable, 2012.
- Les dessous du GreenWeb : <https://positivr.fr/dessous-green-web-professeur-feuillage-commown/>
- <https://gauthierroussilhe.com/articles/explications-sur-l-empreinte-carbone-du-streaming-et-du-transfert-de-donnees>
- <https://dimpact.org/about>
- Sobriété Numérique, les clés pour agir. Frédéric Bordage, Ed. Buchet-Chastel, 2019.
- ADEME
- GreenIT.fr