



Et si on se penchait sur  
l'impact énergétique de l'IT ?



@AvertyBenoit



@srevereault









# La consommation électrique cachée de vos activités sur Internet

© 25/05/2018 à 07h43

*(...) un film classique en 720 pixels pèse 3 giga. Pour aller du data center à votre ordinateur, le fichier va consommer au total 15,36 kWh, l'équivalent de 1000 ampoules basse consommation (15W de puissance) allumées pendant une heure.*



# De quoi parle-t-on ?

%	 Energie	 GES	 Eau	 Ressources <sup>(1)</sup>
Utilisateurs	64 %	84 %	91 %	79 %
Réseau	21 %	10 %	5 %	15 %
Centres informatiques <sup>(2)</sup>	15 %	6 %	4 %	6 %

Répartition par tiers des impacts du numérique en France en 2020

<https://www.greenit.fr/wp-content/uploads/2020/06/2020-06-iNum-etude-impacts-numerique-France-rapport.pdf>





Et si on se penchait sur  
l'impact ~~énergétique~~ de l'IT ?  
électrique

# L'effet McNamara...

...aussi appelé l'effet de focus.

=> L'illusion de l'indicateur unique



L'électricité n'est pas un indicateur environnemental

<https://www.greenit.fr/2020/01/21/lelectricite-nest-pas-un-indicateur-environnemental/>



# La consommation électrique cachée de vos activités sur Internet

© 25/05/2018 à 07h43

*(...) un film classique en 720 pixels pèse 3 giga. Pour aller du data center à votre ordinateur, le fichier va consommer au total 15,36 kWh, l'équivalent de 1000 ampoules basse consommation (15W de puissance) allumées pendant une heure.*



# Un rapide rappel

**Energie, en kilowatts heures (kWh)**

Une ressource qu'on stocke et qu'on consomme

$$E = P \times T$$

**Durée, en heures (h)**

Pendant combien de temps la puissance est délivrée

**Puissance, en kilowatts (kW)**

mesure instantanée de la vitesse à laquelle un travail est fourni

$$(D = V \times T)$$





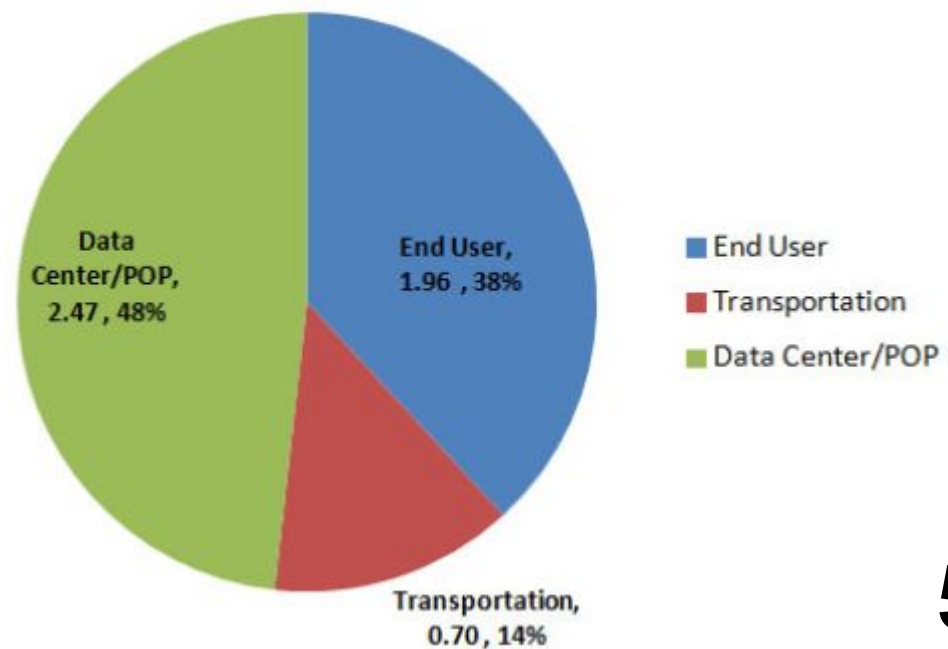

$$E = P \times T$$

$$E = 141\,000\,000 \text{ (kW)} \times T$$

$$E = 141\,000\,000 \text{ (kW)} \times 24 \times 365 \text{ (h)}$$

$$\frac{141\,000\,000 \text{ (kW)} \times 24 \times 365 \text{ (h)}}{241\,000\,000\,000 \text{ (GB)}} = 5.12 \text{ (kWh / GB)}$$

**Figure 1. Internet Energy Breakdown (kWh per GB)**



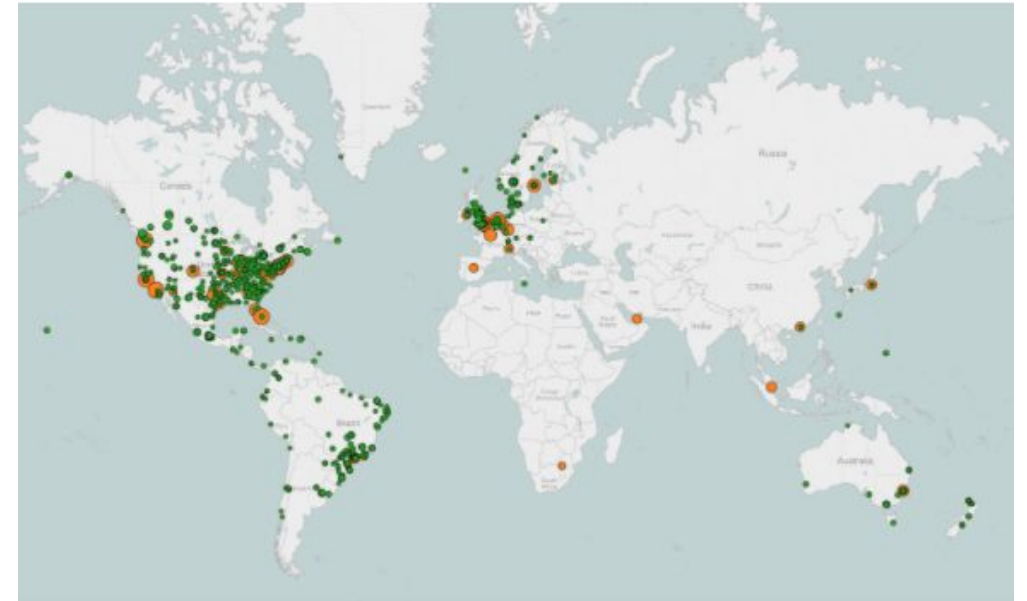
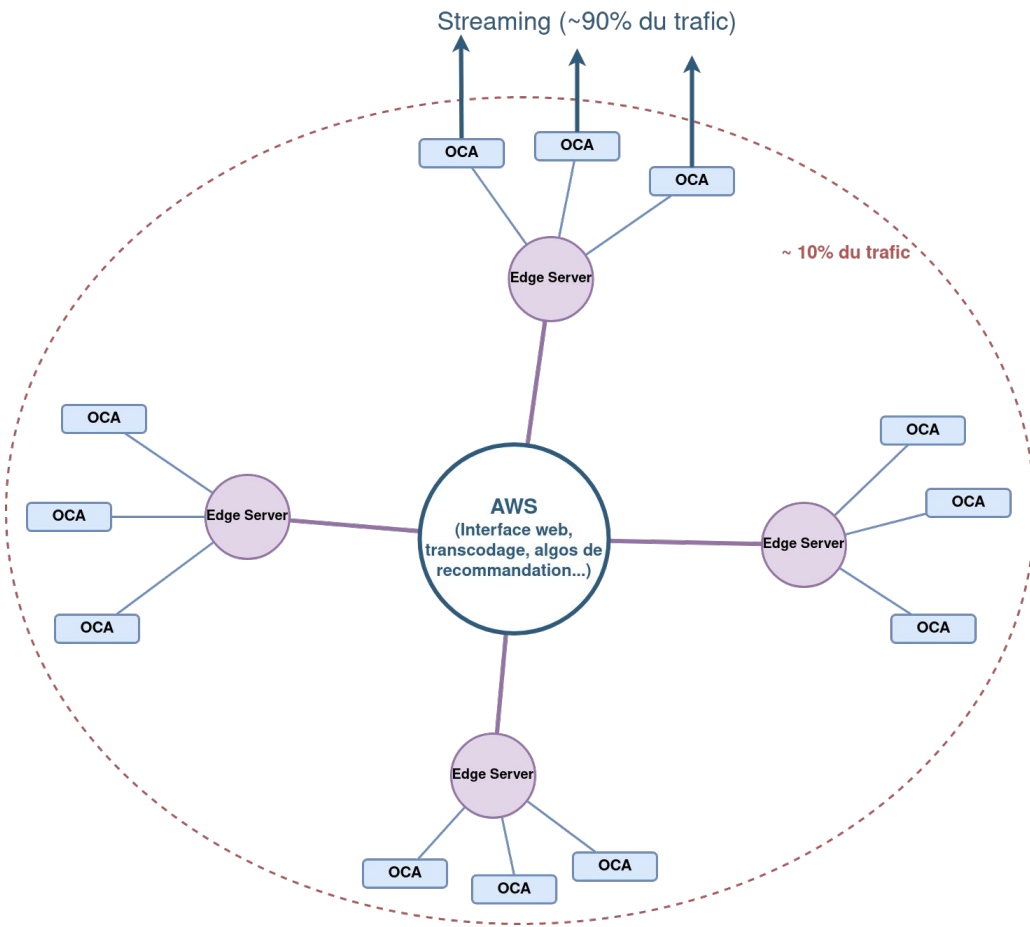
$$5,12 \times 0,48 = \sim 2,46 \text{ kWh / GB}$$





# Netflix... on ouvre le capot

<https://openconnect.netflix.com>





**Comment estimer la consommation de cette machine complexe ?**



# Approche «macro»

Consommation totale de netflix

Consommation d'une heure de vidéo

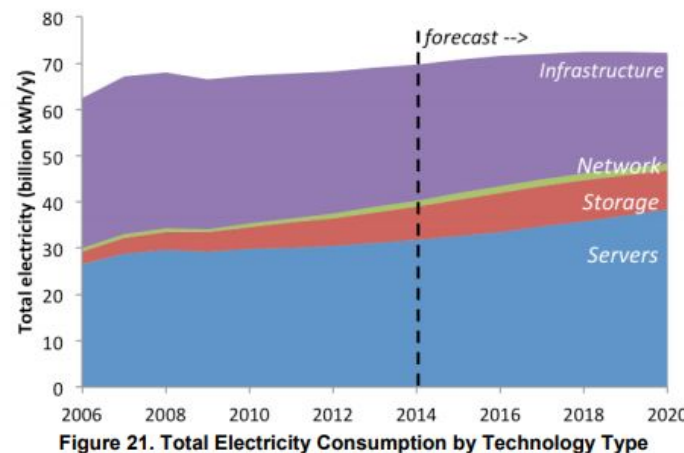
$$V = \frac{C}{H} = \frac{94 + 357 \text{ GWh}}{122 \text{ milliards}} = 0.004 \text{ kWh ?!}$$

Nombres d'heures totales streamées par netflix

- C (2019) : [Netflix Environmental Social Governance](#)
- H (2019) : <https://www.businessinsider.fr/us/netflix-viewing-compared-to-average-tv-viewing-nielsen-chart-2019-3>



# Approche « micro »



[United States Data Center Energy Usage Report](#)

$$V = \frac{C \times O \times 2}{H \times U} = \frac{500 \times 24 \times 365 \times 5000 \times 2}{520 \text{ h} \times 167\,000\,000} = 0.5 \text{ Wh} \dots$$

soit 0,0005 kWh

Annotations:

- Consommation d'un OCA en un an (points to C)
- Nombre d'OCA (points to O)
- 2 (points to the multiplier 2)
- Nombres d'heures moyen par utilisateur par an (points to H)
- Nombre d'utilisateurs de Netflix (points to U)





# What the frack!?

The Megawatts behind Your Megabytes : 2,56 kWh / heure de vidéo

Approche macro Netflix : 0,004 kWh / heure de vidéo

Approche micro Netflix : 0,0005 kWh / heure de vidéo

=> facteur 5000

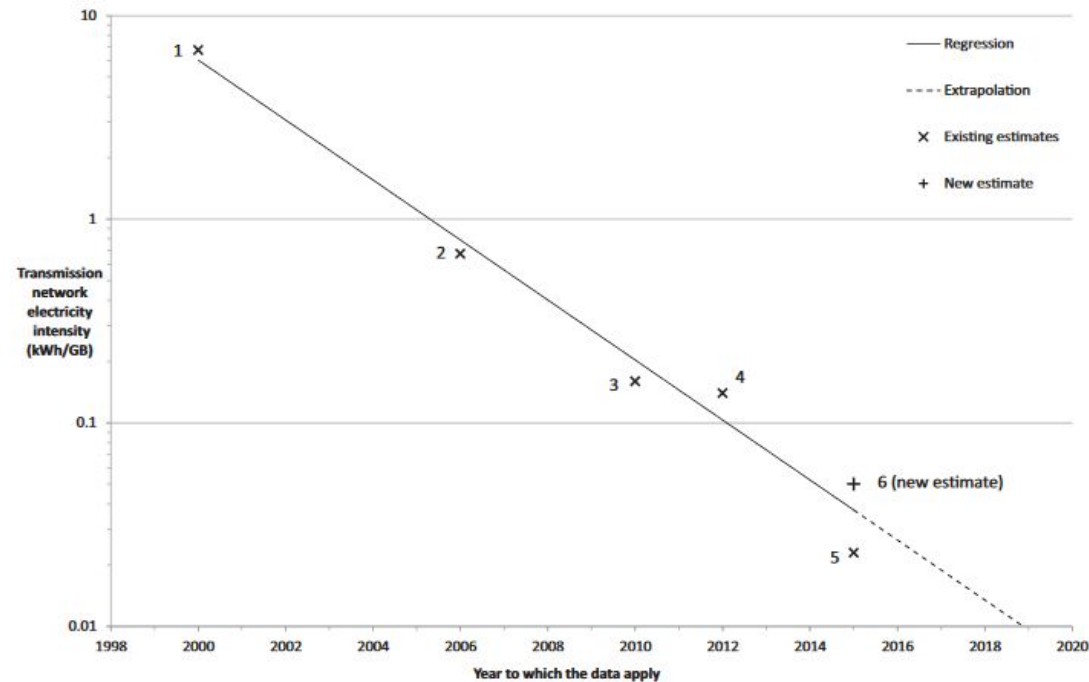




# C'est pas si mal...

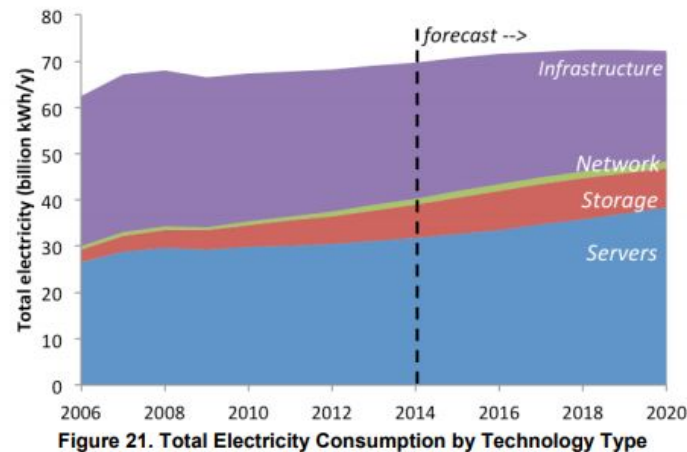
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/jiec.12630>

14 études du coût énergétique pour 1 Go : de 0,004 kWh / Go à 160 kWh / Go



# Que conclure ? Qu'a-t-on appris ?

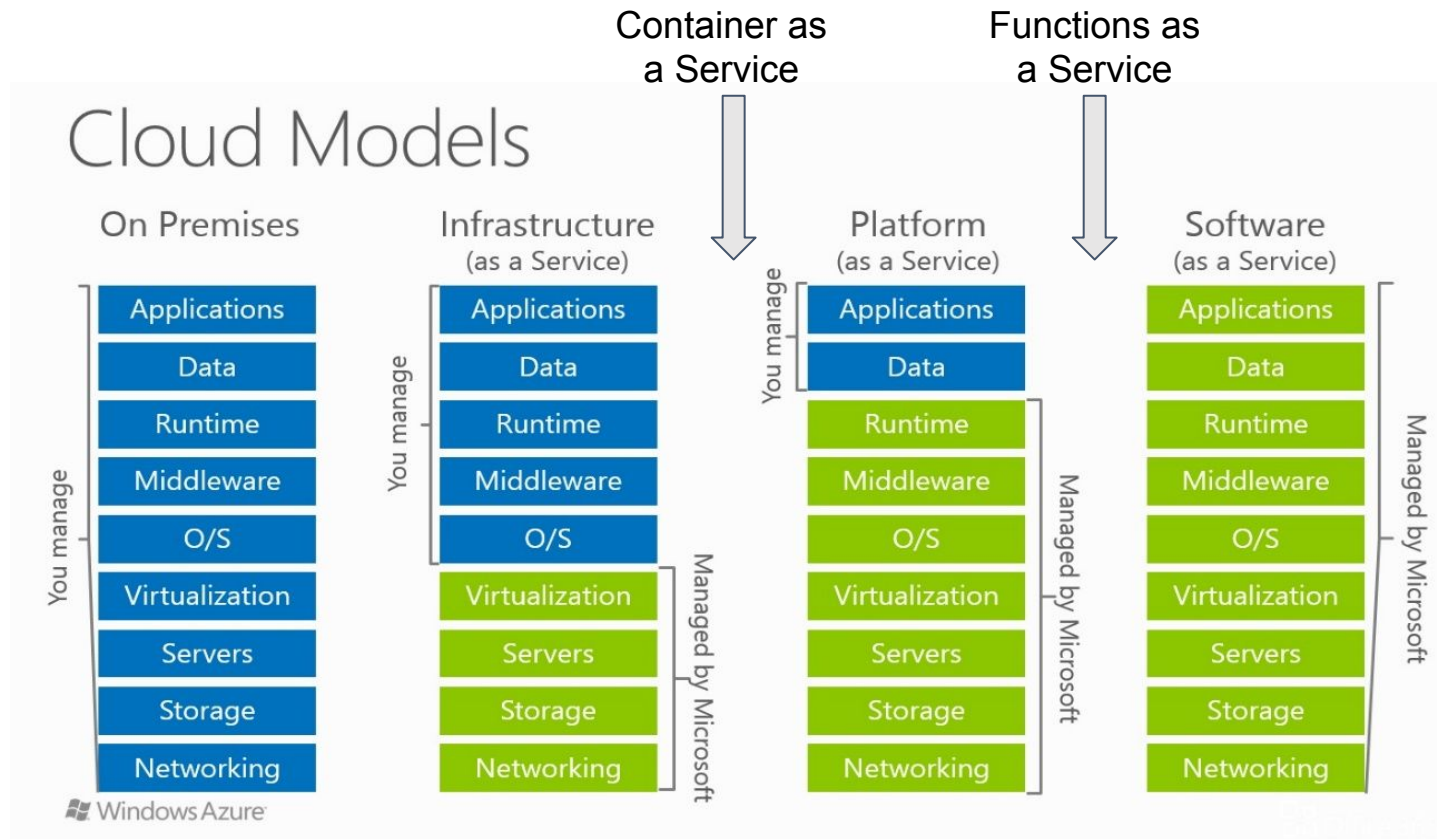
- Calculer à une échelle aussi petite qu'une heure de vidéo est complexe (Est-ce seulement pertinent ?)
- Netflix investit énormément sur son CDN. Le stockage est moins cher que le transfert sur le réseau.
- Un datacenter consomme plus que la somme des serveurs (PUE)





# Et mon Cloud ?

Le déploiement dans le Cloud... un ensemble de choix



Mutualisation => optimisation

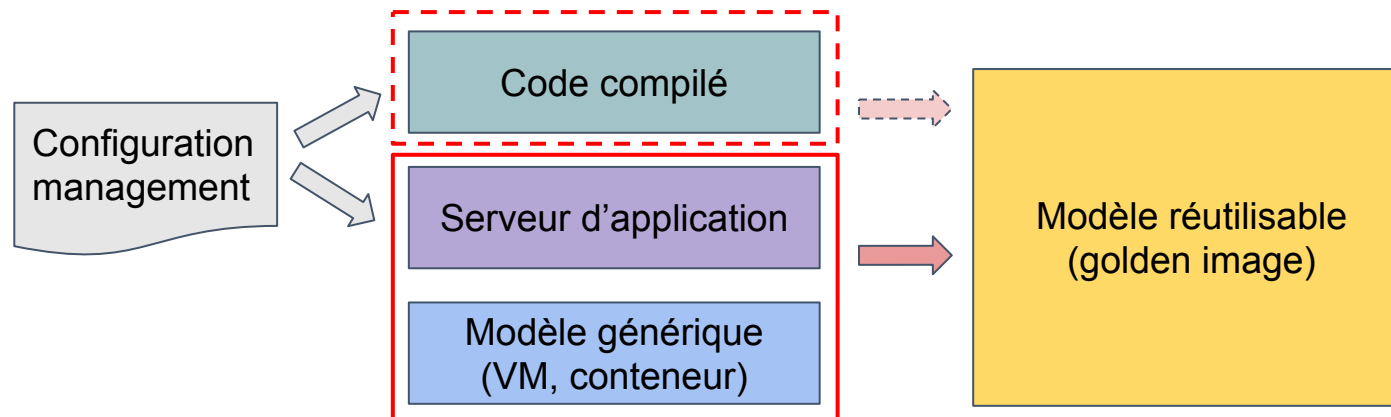
Attention au risque de “sur-ingénierie”

Le bon modèle pour le bon usage  
(ex. : CDN pour un site web statique)



# Et mon Cloud ?

Le déploiement dans le Cloud... un ensemble de choix

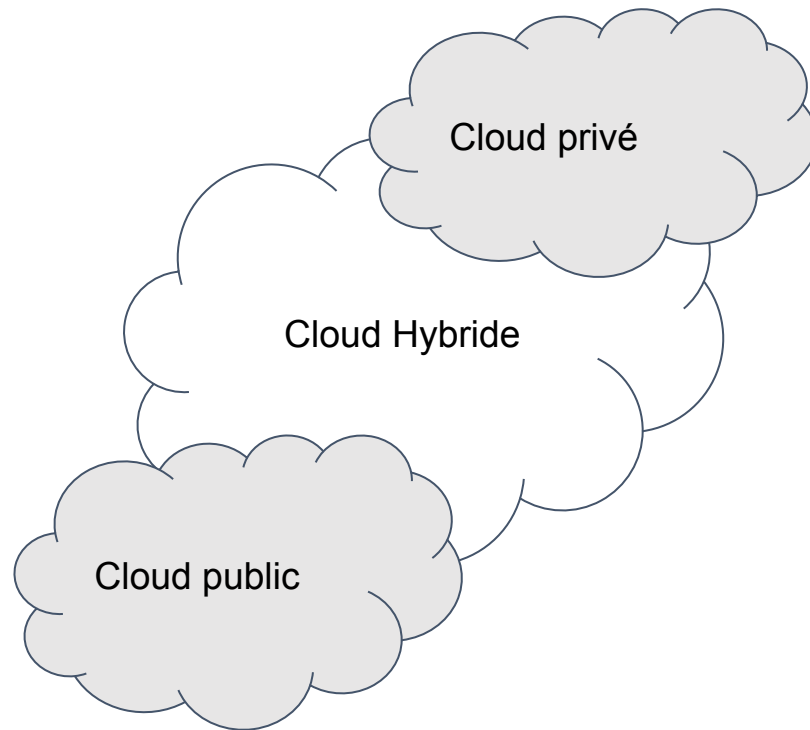


=> Éviter d'utiliser de la puissance de calcul quand c'est possible



# Et mon Cloud ?

Le déploiement dans le Cloud... un ensemble de choix



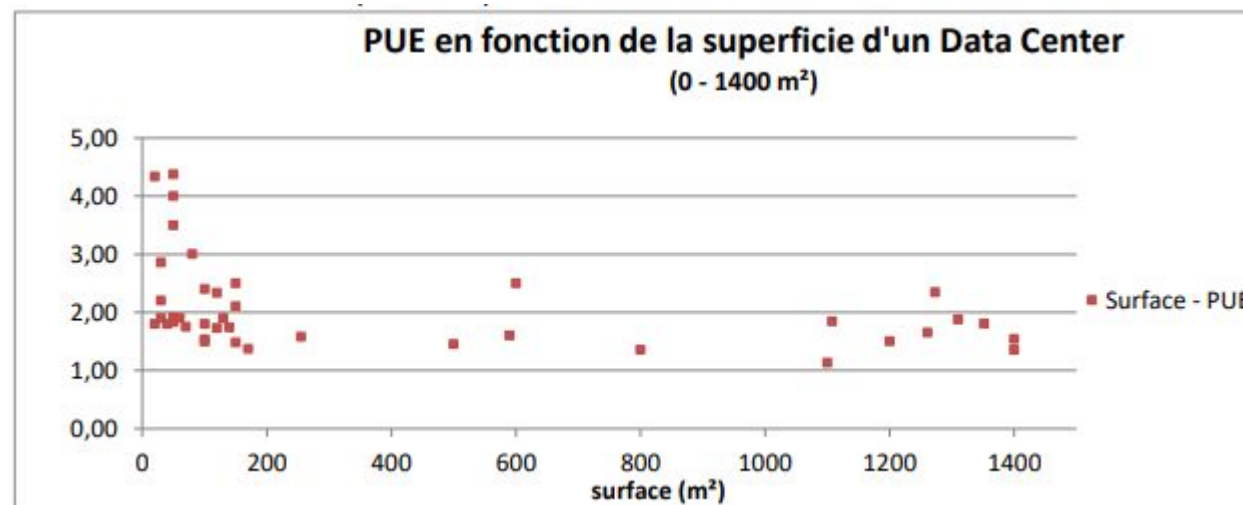
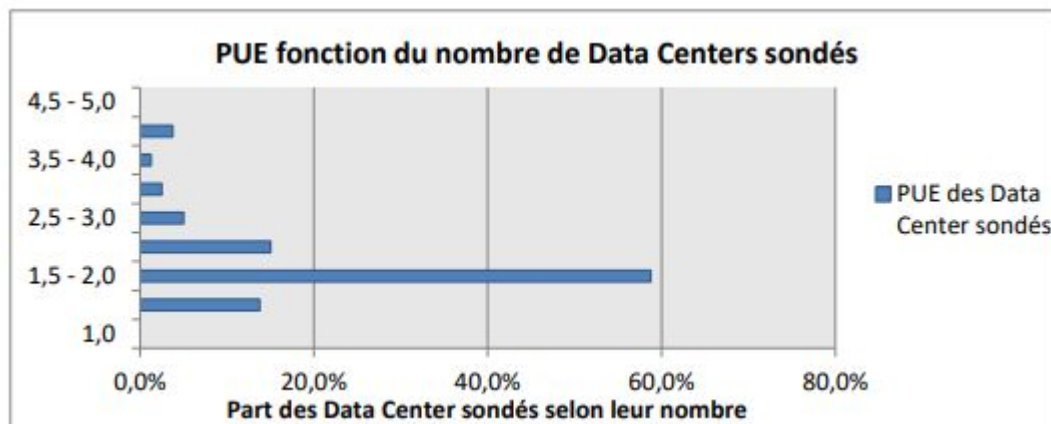
L'indicateur d'efficacité énergétique (en anglais PUE ou Power Usage Effectiveness) est utilisé pour qualifier l'efficacité énergétique d'un centre d'exploitation informatique.

Source: Wikipedia

$$\text{PUE} = \frac{\text{Energie totale consommée par le centre informatique}}{\text{Energie consommée par les équipements informatiques}}$$



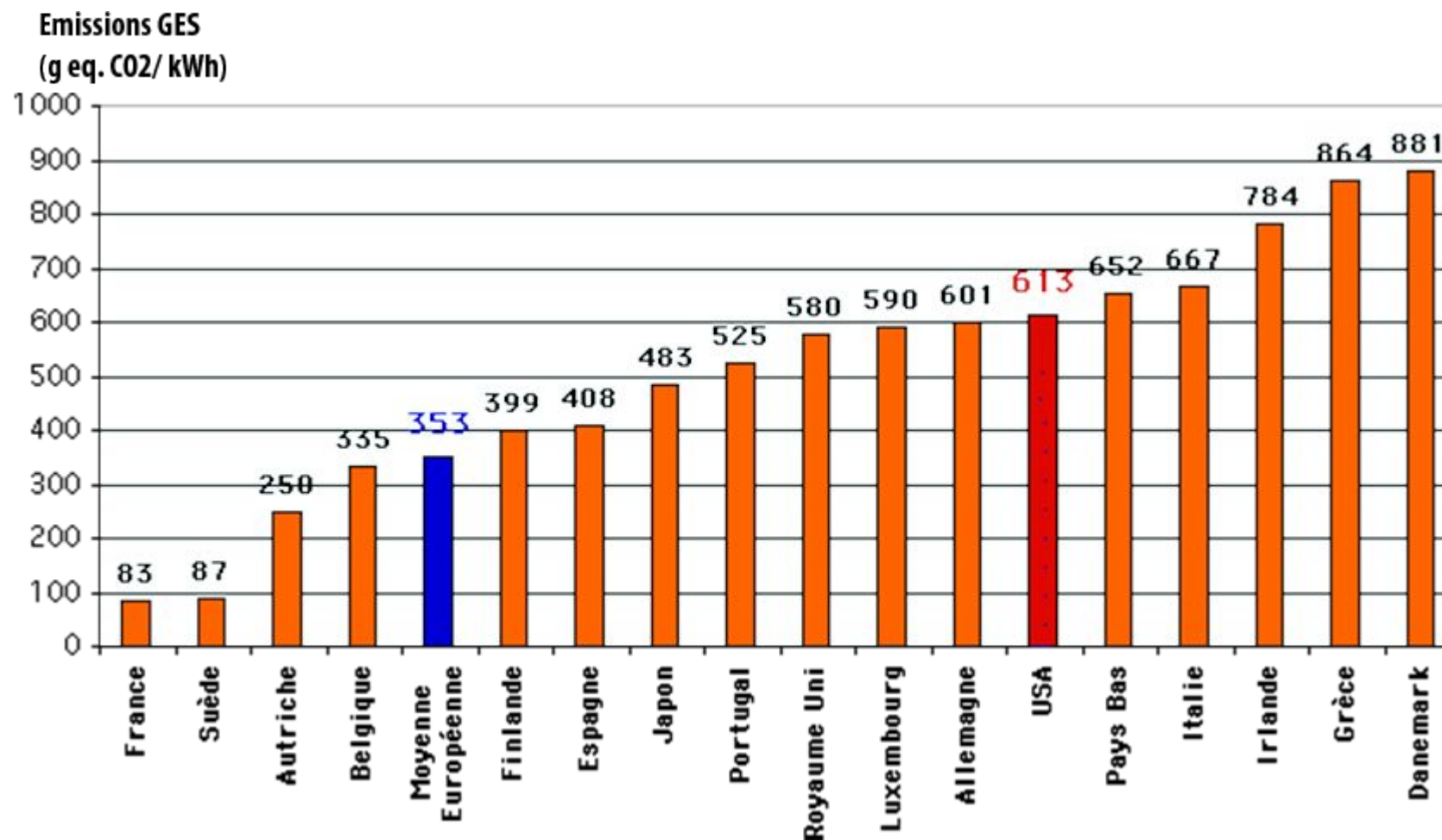
# PUE moyen en France = 1,8



<https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-27968-data-center-atee.pdf>



# De l'électricité à l'équivalent CO2



<https://jancovici.com/changement-climatique/agir-individuellement/effectuer-sa-ba-pour-agir-contre-le-changement-climatique-quelques-ordres-de-grandeur/>



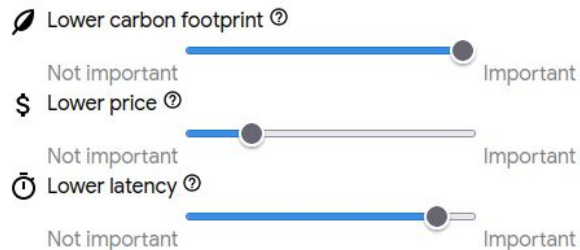


# Les clouds providers valorisent l'empreinte carbone

## Google Cloud Region Picker

This tool helps you pick a Google Cloud region considering carbon footprint, price and latency.

### Optimize for



### Where is your traffic coming from?

France  
French Guiana  
French Polynesia  
French Southern Territories  
Gabon

### Recommended regions

-  europe-west6  
Zurich, Switzerland  
\$ \$ \$
-  europe-north1  
Hamina, Finland  
\$ \$ \$
-  europe-west1  
Belgium  
\$ \$ \$
-  europe-west4  
Netherlands  
\$ \$ \$





# Cloud, Edge, Fog computing

## Estimating Energy Consumption of Cloud, Fog and Edge Computing Infrastructures

Ehsan Ahvar, Anne-Cécile Orgerie, Adrien Lebre

The results showed that a completely distributed architecture(FD) consumes between 14% and 25% less energy than fully centralized (FC) and partly distributed (PD) architectures respectively.

As a result of this analysis, future work on greening emerging cloud architectures should focus on improving their telecommunication network use, the efficiency of their computing infrastructures (i.e., PUE) and exploiting heterogeneous infrastructures to better fit the users' needs.

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02083080/document>





# Le paradoxe de Jevons

Le paradoxe de Jevons énonce qu'à mesure que les améliorations technologiques augmentent l'efficacité avec laquelle une ressource est employée, la consommation totale de cette ressource peut augmenter au lieu de diminuer.

Le fameux “effet rebond”



*Ainsi, bien que la quantité de calcul dans les data centers ait plus de quintuplé entre 2010 et 2018, la quantité d'énergie électrique consommée n'a augmenté que de 6% sur cette même période.*

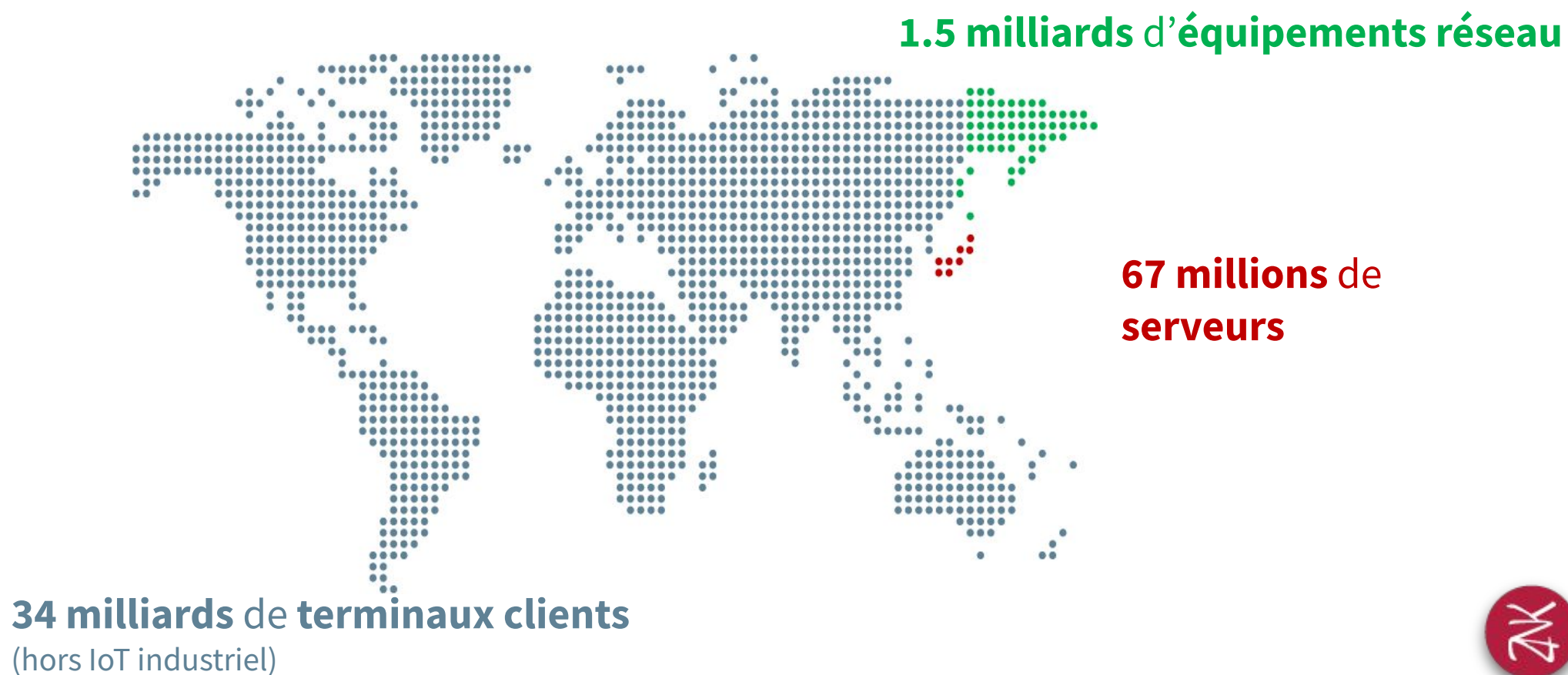
*L'Usine Digitale - mars 2020*

*Basé sur une [étude publiée dans la revue Science](#) en février 2020*



# L'UNIVERS NUMÉRIQUE EN CHIFFRES.


LA PRÉDOMINANCE DES TERMINAUX (SMARTPHONE, TABLETTES, ORDINATEURS ETC.)



# Et à la fabrication des appareils.

 Bilan GES	Fabrication	Utilisation	Total
Utilisateurs	40%	26%	66%
Réseau	3%	16%	19%
Centres informatiques	1%	14%	15%
	44%	56%	

*Bilan émissions de gaz à effet de serre 2019*

 Bilan Ressources	Fabrication	Utilisation	Total
Utilisateurs	76%	0%	76%
Réseau	16%	0%	16%
Centres informatiques	8%	0%	8%
	100%	0%	

*Bilan ressources abiotiques 2019*





# Comment améliorer un service numérique ?

étape

améliorations  
potentielles

Conception fonctionnelle

Conception technique

Implémentation  
technique

Hébergement

60%

15%

25%

- focalisation sur les fonctionnalités utiles (éviter les obésiciels)
- conception sobre
- fonctionnel sur des équipements anciens / bon marché

- approche agile, software craftsmanship
- diminution du trafic généré
- contenu web valide
- code optimisé (par exemple minification)

- colocalisation des serveurs (réduction de bande passante)
- scalabilité au plus juste
- mécanismes de cache

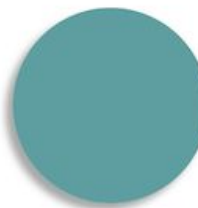


# Mise en perspective

<https://raphael-lemaire.com/2019/11/02/mise-en-perspective-impacts-numerique/>



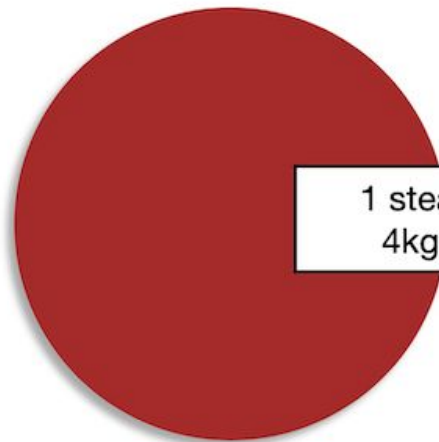
1 filet de saumon -  
0,75kg eq. CO2



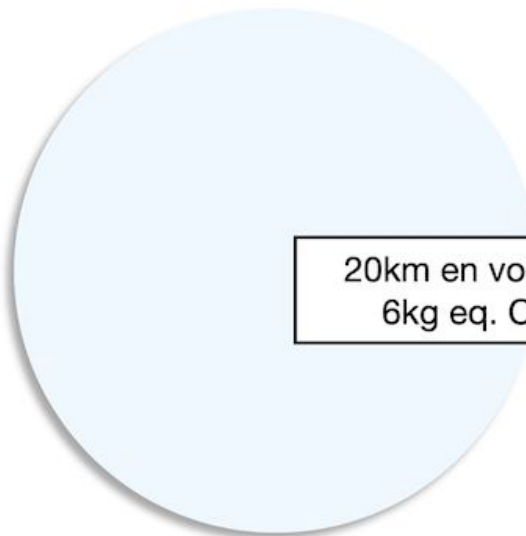
Paris/Lille en TGV  
(200km) -  
0,8kg eq. CO2



1h de vidéo - 0,13kg eq. CO2



1 steak haché -  
4kg eq. CO2



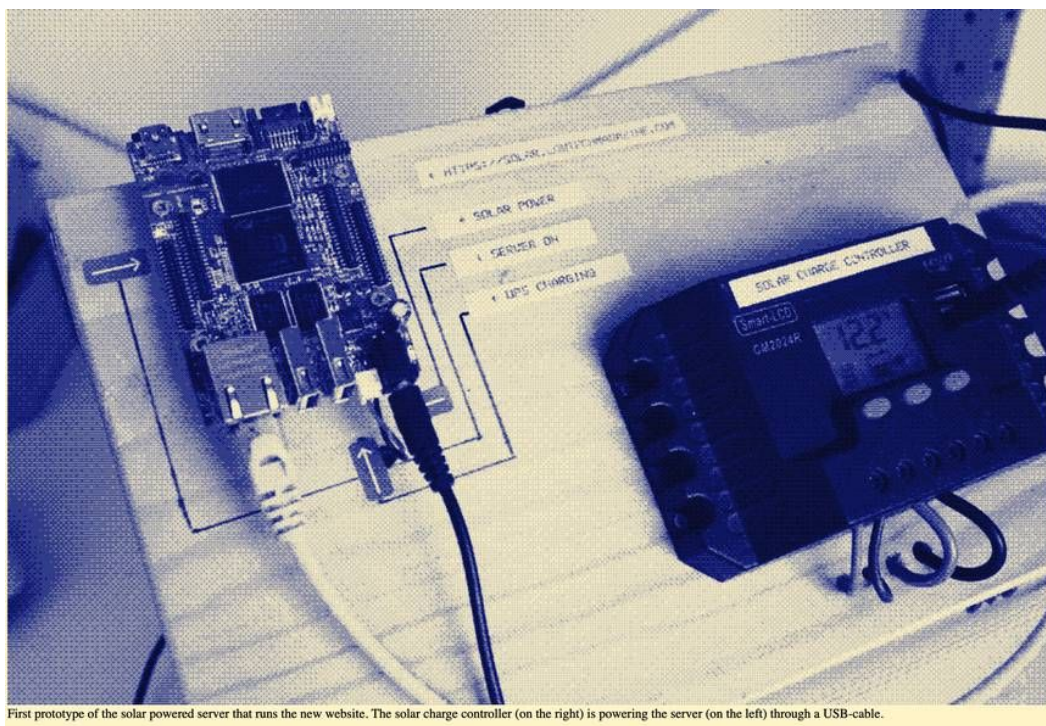
20km en voiture -  
6kg eq. CO2





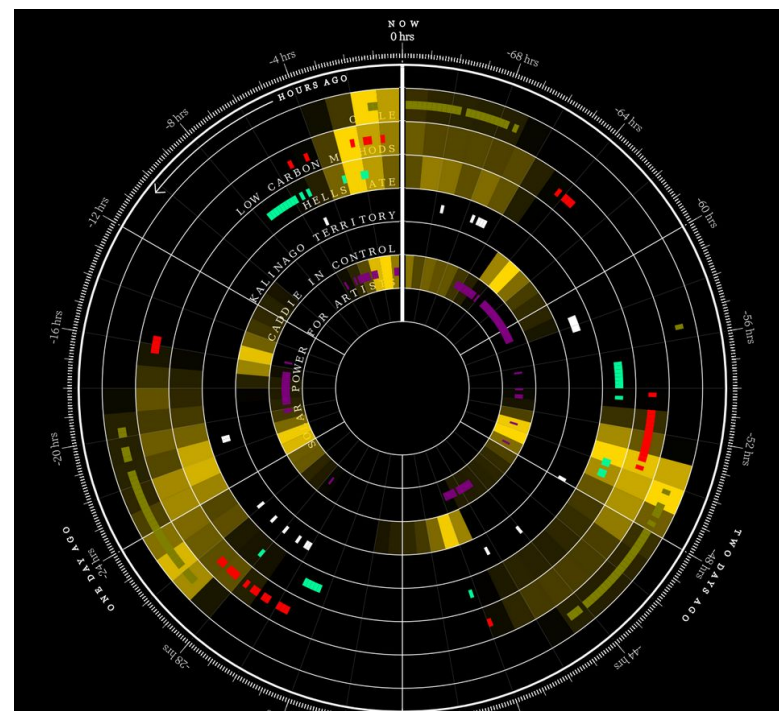
# Et pour aller plus loin

Low Tech Web site



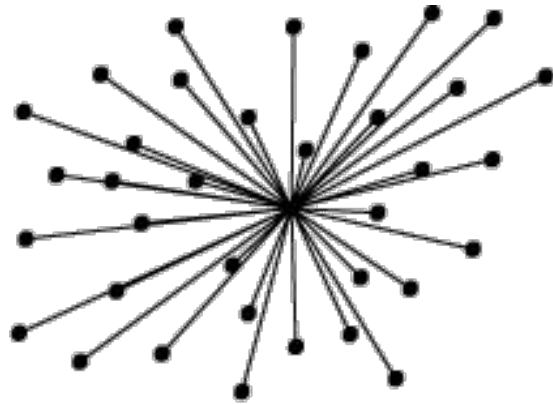
First prototype of the solar powered server that runs the new website. The solar charge controller (on the right) is powering the server (on the left) through a USB-cable.

<http://solarprotocol.net/>

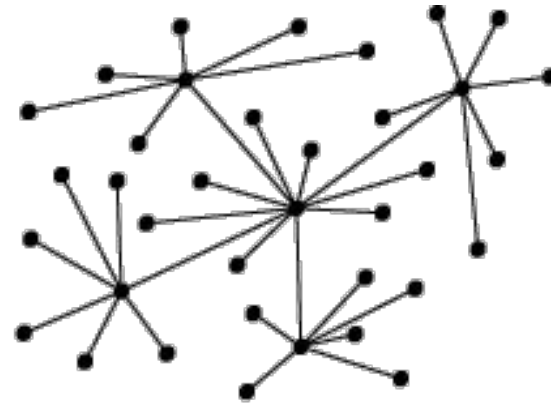


# Et pour aller plus loin

Web décentralisé



centralised



decentralised

Merci !

