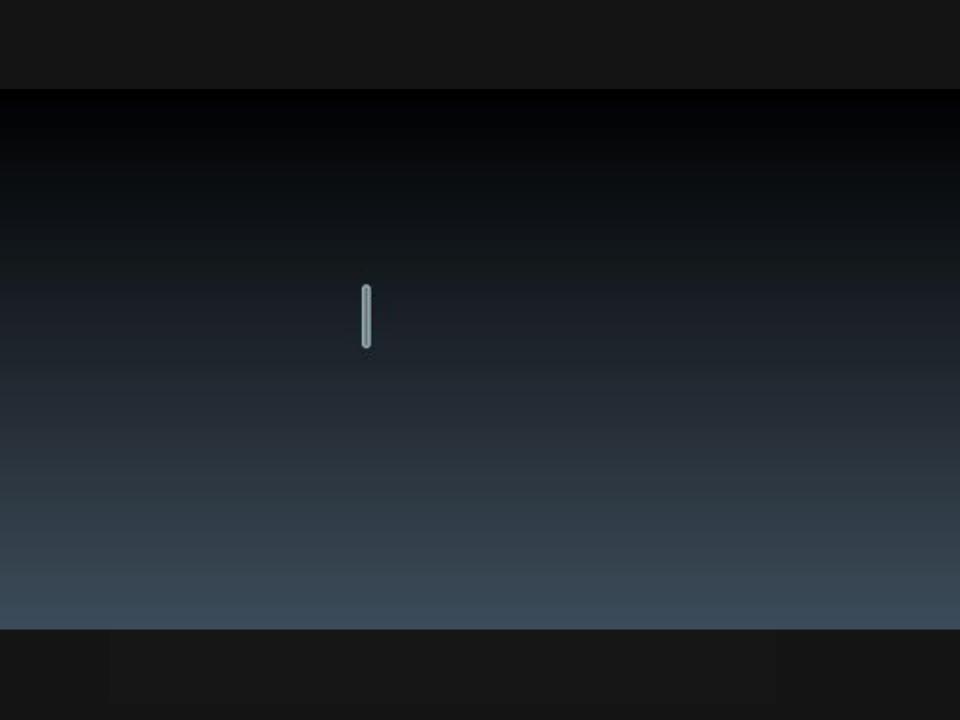




Numérique et environnement... un curseur personnel, des impacts, des dérapages, des ripostes, des services...

Laurent Lefèvre Inria AVALON – Laboratoire LIP – ENS Lyon Membre du GDS EcoInfo laurent.lefevre@inria.fr



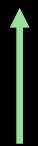
Numérique

Solution

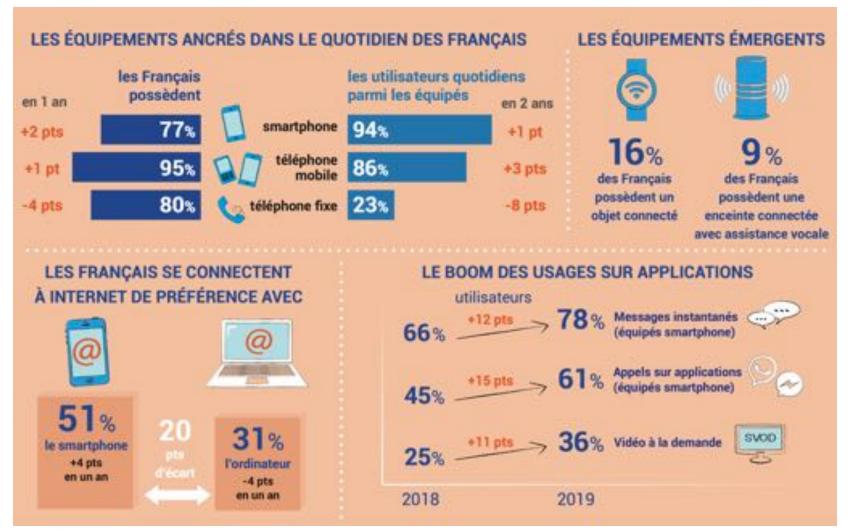
- Compensation/Optimisation
- . IT4Green
- (In)Formation/Education
- Accès aux soins
- Création artistique

Problème

- Consommation
- Impacts environnementaux
- Facteur d'accélération
- Facteur d'obsolescence



Pourquoi c'est sensible: l'addiction au numérique





Notre "empreinte numérique" explose!

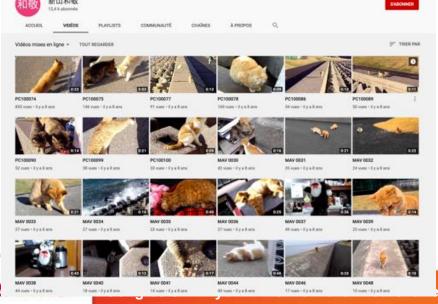


Gangman style (Psy) vidéo youtube : 3.5 Milliards de vues (depuis 2012 *4.12 minutes)

Despacito (Luis Fonsi) – 6.6 Milliards de vues (depuis 2017 * 4.41 minutes)

Netflix : 4 Po de données / Vidéo 70% du traffic – impact des assistants

Lonely Web: M. Niyama: 19K vidéos de chats







Empilement numérique forcé par les usages/prédictions/hébergeurs : les datacentres !

Datacenter Google



China Telecom-Inner Mongolia Information Park 1.2 M serveurs – 3 B\$ - 150 MW Kolos Norvège 2019-2020: 70 MW -> 1 GW

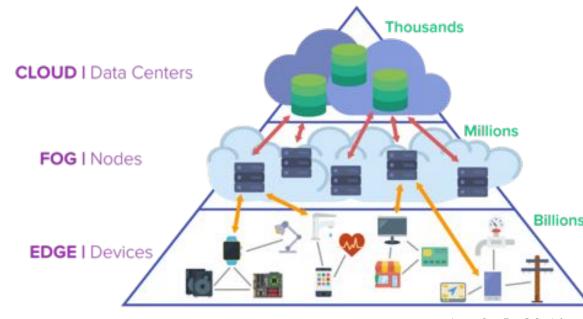
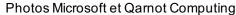
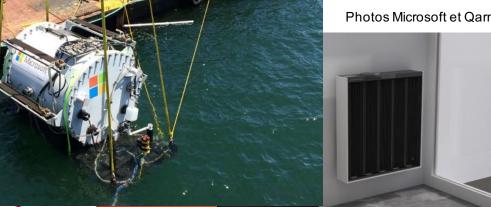
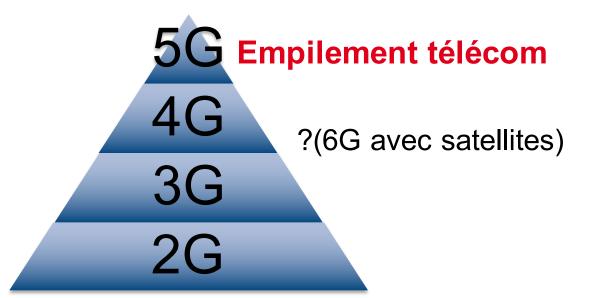


Image OpenFog @ Supinfo

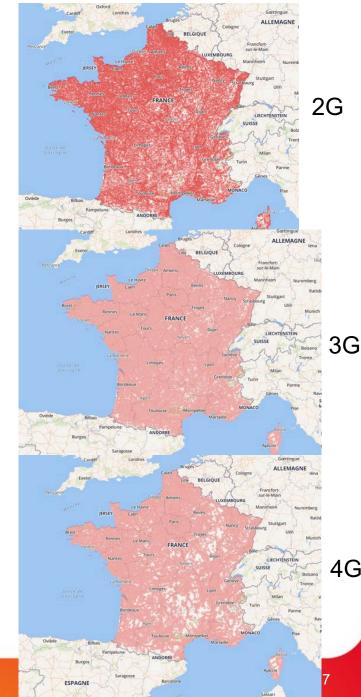






Moteurs d'empilement :

- Meilleure QoS : latence, bande passante
- Plus grande infrastructure
- Plus d'utilisateurs/clients
- Plus de services





Des usages qui dérapent

- Les fermes numériques
 - Bitcoins
 - A clics/à
 streaming (5 euros
 2K abonnés
 instagram / 600\$ 1M
 followers)

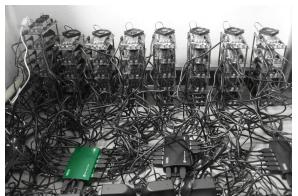




Image Kaspersky

Image Kaspersky kncminer

- De l'IA partout
- 100 processeurs par voiture autonomes ?
- Des milliards d'objets connectés avec services Edge/Cloud



Dailymail.co.uk



Pour assurer cette empreinte, un cycle de vie mondialisé multi-impactant







REUTERS/Benoit Tessier











Ce « cycle » de vie impacte...

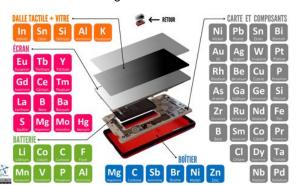
- Extraction : barrière minéralogique, minerais de sang, compétition sur l'eau
- Conception : conditions de travail
- Transport : avions/cargos : mélange biodiversité, espèces invasives
- Usage : bien trop court, attention,stress
- Fin de vie : collecte et recyclage difficiles, que faire des DEEs ?



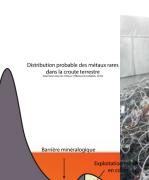
Congo/Numbi/Coltan - Radio-Canada/Frédéric Lacelle



Consoglobe



Ingénieurs sans frontière





Cycle de vie : impacts environnementaux



Consommation d'énergie primaire: consommation des ressources naturelles énergétiques



Changement climatique: émissions de gaz à effet de serre



Destruction de la couche d'ozone: dommages effectués 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



Eutrophisation des eaux: diminution de la faune et la flore aquatique due à la formation excessive d'algues consommatrices d'O₂ favorisée par une concentration excessive de nutriments



Consommation d'eau: consommation d'eau tout au long du cycle de vie

Slide F. Berthoud

Ripostes

Des leviers pour chasser des graals afin de réduire les impacts

Mesurer et estimer pour comprendre

Leviers technologiques depuis 20 ans

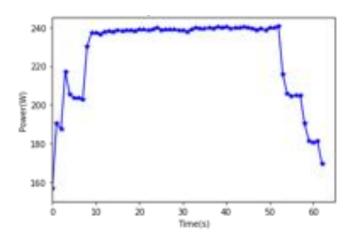
- Lutter contre le gaspillage
- Améliorer l'efficacité énergétique

Leviers d'usage

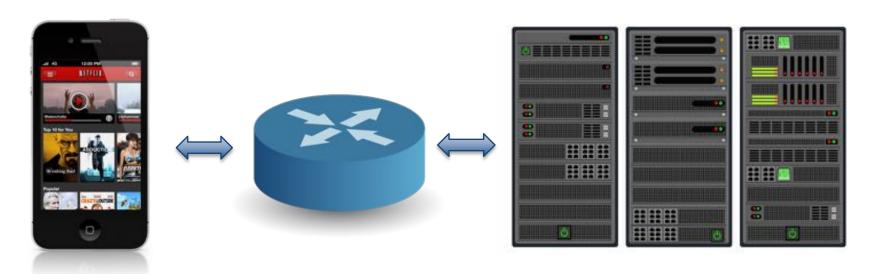




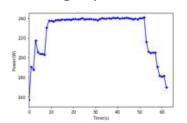
Mesurer finement en usage (puissance et énergie)



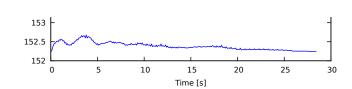




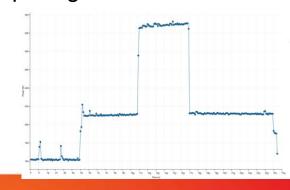
Mesurer finement en usage (puissance et énergie)



Mesurer de bout en bout (multi équipements, propriétaires)

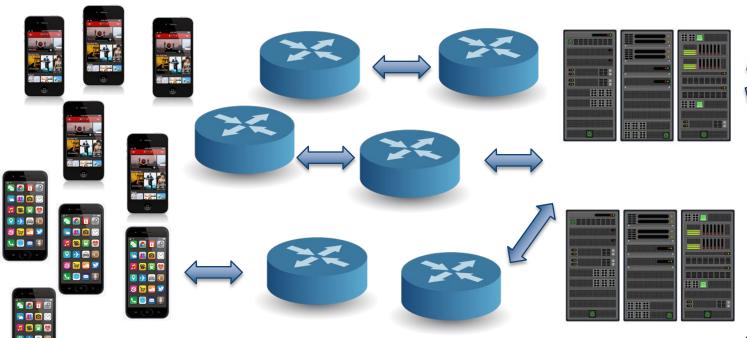


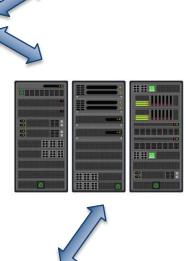
Matériels et logiciels partagés







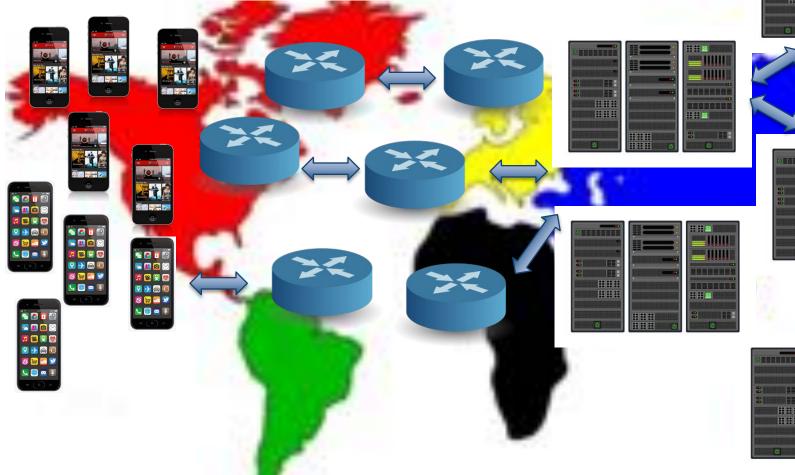


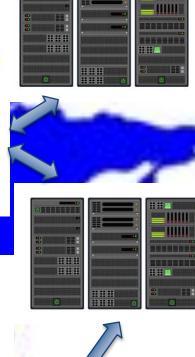


Prendre en compte l'hétérogénéité des infrastructures et leur extensibilité Usages hétérogènes Réactions dynamiques Equilibrage de charges



Mesurer de bout en bout (multi équipements, propriétaires)







Prendre en compte mix énergétiques des infrastructures -> métriques environnementales

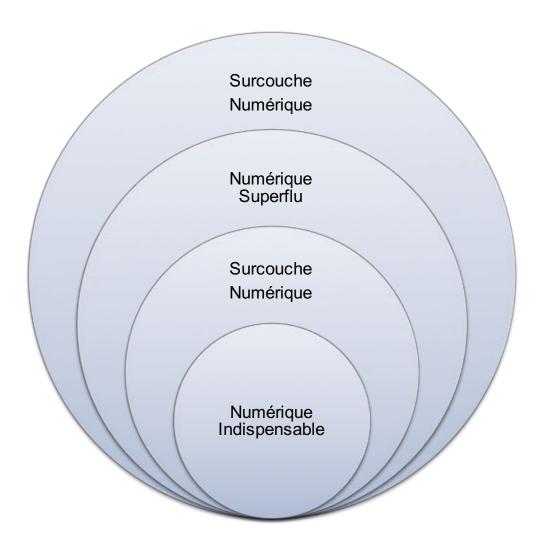
Pour riposter, il faut mesurer/estimer.... Ajouter les couts environnementaux des autres

étapes du cycle de vie



Attaquer le numérique superflu et les surcouches

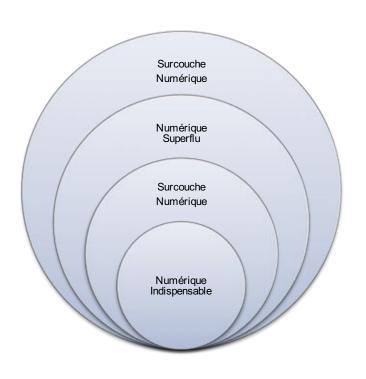






Attaquer le numérique superflu et les surcouches





- Sur dimensionnement massif -> performance/QoS first
- Pas / peu de proportionnalité énergétique
- Multiples leviers difficiles à maitriser
- Matériels sur-dimensionné /
 Obésiciels -> besoin d'éco
 conception (matérielle+logicielle)



Appliquer les familles de leviers technologiques!

- **Extinction** (*shutdown*) : réduire le nombre de ressources disponibles et inutiles
- Dimensionner (slowdown): adapter les performances des ressources numériques aux réels besoins
- (Re)Concevoir/Optimiser: modifier les systèmes, applications et les services pour les rendre moins impactants
- Consolider/Aggréger : relocaliser / regrouper des services et applications sur un nombre réduit de ressources





De leviers énergétiques à mieux étudier

- Node Shutdown
- Node Hibernation
- Node Suspend To Ram
- DVFS: Dynamic Voltage and Frequency Scaling
- NTV; near threshold voltage
- AVX : Advanced Vector Extensions
- Low Power Idle
- Adaptive Link Rate
- Green scheduling policies
- Energy budget aware scheduling
- Power Capping
- Green Programming
- Simple / Double precision computing...



« Les Temps modernes », 1936. ROY EXPORT SAS

Problème : l'état de l'art ne se focalise que sur un levier à la fois !

(Extrait de IEEE)

43 articles sur Low Power Idle

118 articles sur Power Capping

171 articles sur Near Threshold Voltage

834 articles sur Dynamic Voltage and Frequency

Scaling (DVFS) + 35 sur DFVS ☺

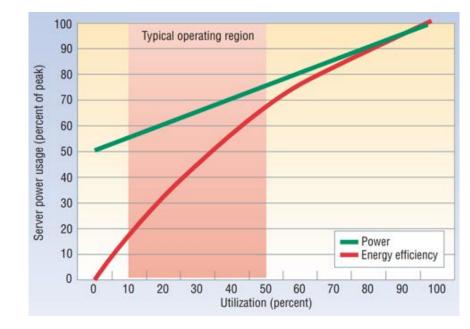
Un écosystème de recherches.. mais beaucoup restent à un niveau théorique et modèle et ne sortent pas des laboratoires



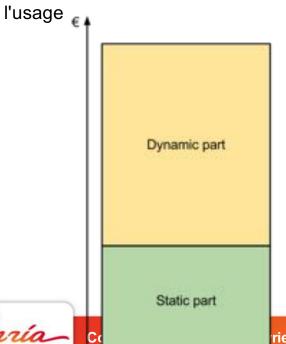
Un graal en usage: **Proportionalité Energétique**

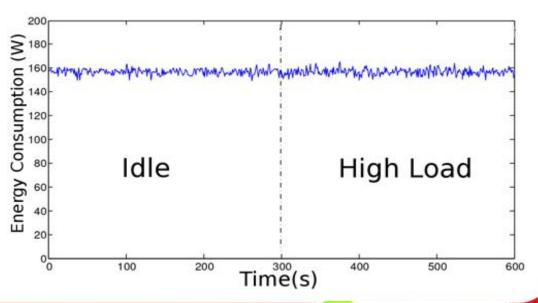
Luiz André Barroso and Urs Hölzle, « The case for Energy-Proportional Computing », IEEE Computer, 2007

Serveurs : Consommation *idle* (a vide / statique) importante – faiblement proportionnelle



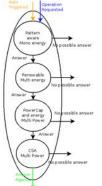
Réseau : consommation constante insensible à







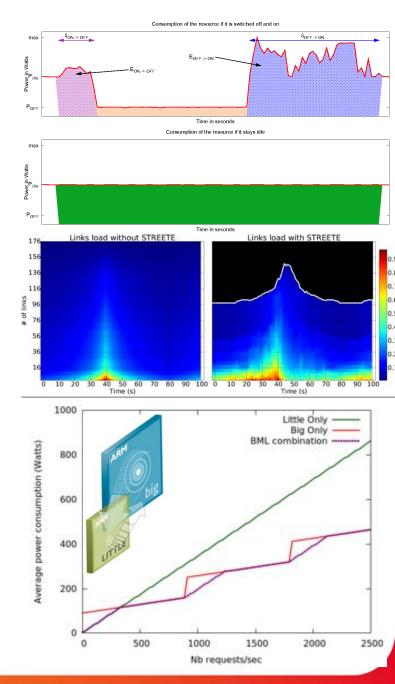




Quelques pistes de recherches pour réduire la consommation énergétique en phase d'usage

- Eteindre et allumer à grande échelle des ressources numériques
- Recréer de la proportionnalité énergétique
- Coordonner & appliquer de multiples leviers « au bon moment »
- Virtualiser et aggréger des services
- Intégrer les nouveaux usages/matériels (GPUs)
- Eco-conception logicielle



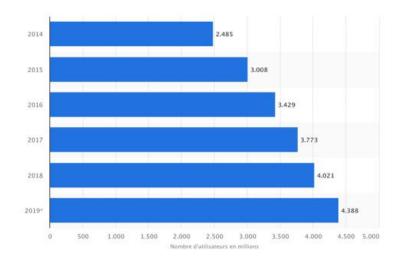


Maitriser les leviers d'usages

Le nombre d'utilisateurs continue d'augmenter

Des modèles économiques encouragent l'usage

Les améliorations technologiques créent des appels d'airs d'usage, technos et financiers



Dans le numérique, comment : « séparer la part de la croissance liée à un effet rebond (avec l'efficacité dans la plupart des cas) et la part de la croissance liée à des changements structurels ou à des trajectoires incontournables de la demande. » (François Schneider, 2009)

Développer ces leviers, sortir de la technologie, prendre en compte les effets rebonds à la source (recherche), besoin de transdisciplinarité



Des services: Ecolnfo

- Groupe de travail créé en 2006 par F. Berthoud et E. Drezet devient Groupement de Service du CNRS en 2012
- Soutien INS2I et INEE (Ecologie et Environnement)
- Des ingénieurs, des chercheurs, des enseignants chercheurs de plusieurs disciplines
- Un credo : « Agir pour réduire les impacts (négatifs) environnementaux et sociétaux des TICs (Technologies de l'Information et de la communication) »
- Des services pour enseignement supérieur et recherche

Critères environnementaux/sociétaux/énergétiques Matinfo

- Audit de Datacentres
- Bilan carbone numérique : EcoDiag
- Guide des bonnes pratiques DEEEs
- Formations, interventions
- Activités de recherche / Participations projets (ADEME)
- Veille technologique et bibliographie
- Vérifier / re-calculer des chiffres (sourcées)







©Eric Drezet

Un espoir et des marges de progression..



BAROMÈTRE DU NUMÉRIQUE 2019 - ARCEP



Conclusions

- Il faut limiter le gaspillage et surdimensionnement dans le numérique / réduire la consommation – chercher de la proportionnalité énergétique
- Sortir les résultats de recherche des labos et les mettre dans les produits du marché –
 Attention le Green washing est présent partout : dans la vie courante « Netflix : 1h de vidéo = 0.5 g eq CO2 1 être humain = 40 g eq co2 par heure »; dans la recherche « j'ai rajouté un modèle énergétique donc mon papier peut sauver la planète »
- Si on reporte des usages sur le numérique, prendre en compte les coûts et les impacts
- Sortir de la zone de confort créée par le sur-dimensionnement/superflu -> sobriété numérique
- Combiner réduction énergétique avec tolérance aux pannes, sécurité, et QdS (multimétriques)
- Favoriser l'émergence de recherches en rupture construire l'informatique de l'après...
- Remettre humain dans la boucle / et aller vers une société qui change ses usages -> c'est un domaine de recherche (trans-disciplinaire) à (ré)inventer Ecolofo



Questions?



laurent.lefevre@inria.fr