

# Enseigner les impacts environnementaux du numérique en master informatique

Quelles connaissances et compétences  
pour ces futur·es informaticien·nes ?

Workshop sur l'informatique durable



Anne-Laure Ligozat  
Emmanuelle Frenoux



# Enseigner l'informatique...

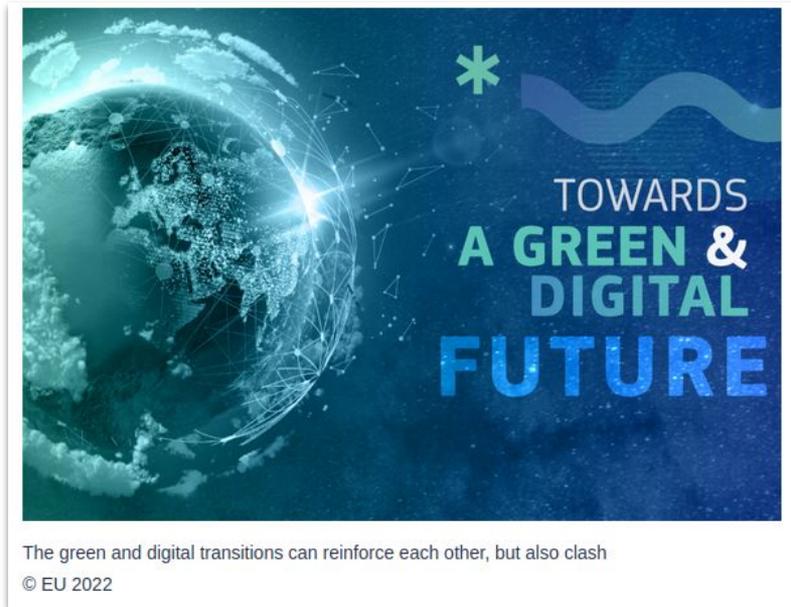
«forme les chercheurs et les ingénieurs en informatique de demain»

«offre aux étudiants une maîtrise des fondements, des méthodologies et des technologies de l'informatique»

<https://www.universite-paris-saclay.fr/formation/master/informatique>

# ... dans le contexte de l'anthropocène

quelle place de l'informatique ?

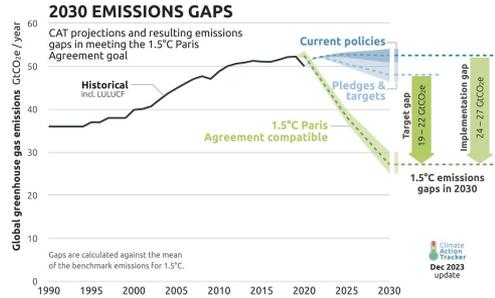


source :

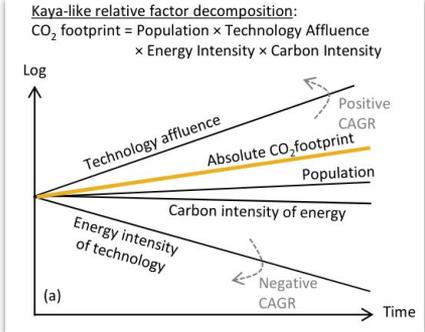
<https://www.deviantart.com/mezaka/art/WALL-E-LowPoly-Wallpaper-597809618>

# Quelles connaissances ?

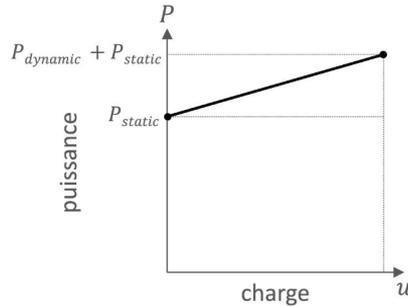
## Contexte



## Comprendre



## Mesurer

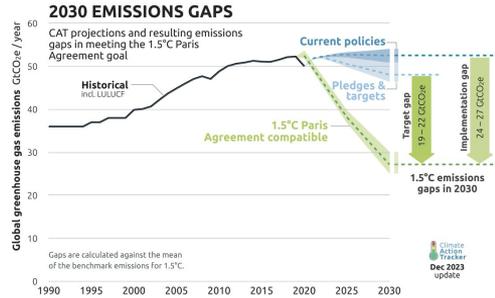


## Réduire

$$I = \underbrace{P \times A}_{\text{sobriété}} \times \underbrace{T}_{\text{efficacité}}$$

# Quelles connaissances ?

## Contexte

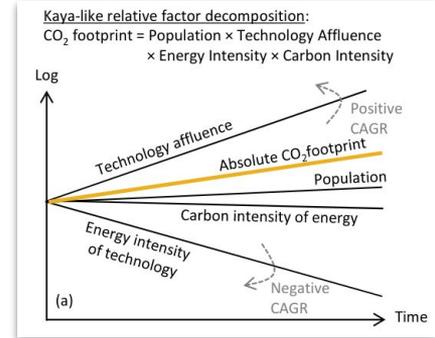


- Enjeux environnementaux : climat, limites planétaires...
- Problème systémique
- Infrastructures du numérique

# Quelles connaissances ?

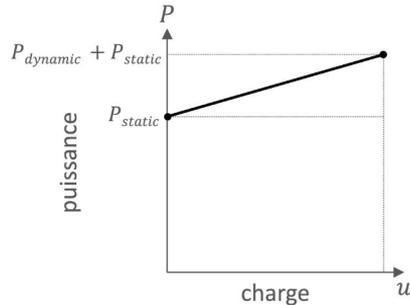
- Impacts directs/de 1er ordre
  - cycle de vie des équipements
  - différents indicateurs environnementaux
- Impacts indirects et structurels/ de 2e et 3e ordre
  - effet rebond
  - vulnérabilité et résilience

## Comprendre



# Quelles connaissances ?

Mesurer



- Analyse du Cycle de Vie
  - approches attributionnelle et conséquentielle
  - équipement vs service numérique
- Bilan carbone
  - place du numérique
- Évaluation environnementale d'un service numérique

# Quelles connaissances ?

- Frugalité et efficacité
- Éco-conception de services numériques
- Trajectoires de “neutralité” carbone

Réduire

$$I = P \times A \times T$$

sobriété

efficacité

# Quelles compétences ?

<b>Dimension 1</b> Domaine d'e-Comp.	<b>A. PLANIFIER</b>
<b>Dimension 2</b> e-Compétence : Titre + description générale	<b>A.8. Développement durable – Sustainable Development</b> Évalue l'impact des solutions informatiques en termes d'éco-responsabilité en tenant compte de la consommation énergétique. Conseille les entreprises et parties prenantes du domaine des TIC en matière d'alternatives durables compatibles avec la stratégie de l'entreprise. Applique une politique éco-responsable d'achat et de vente des produits informatiques.



Référentiel européen  
des e-Compétences

# Organisation du cours

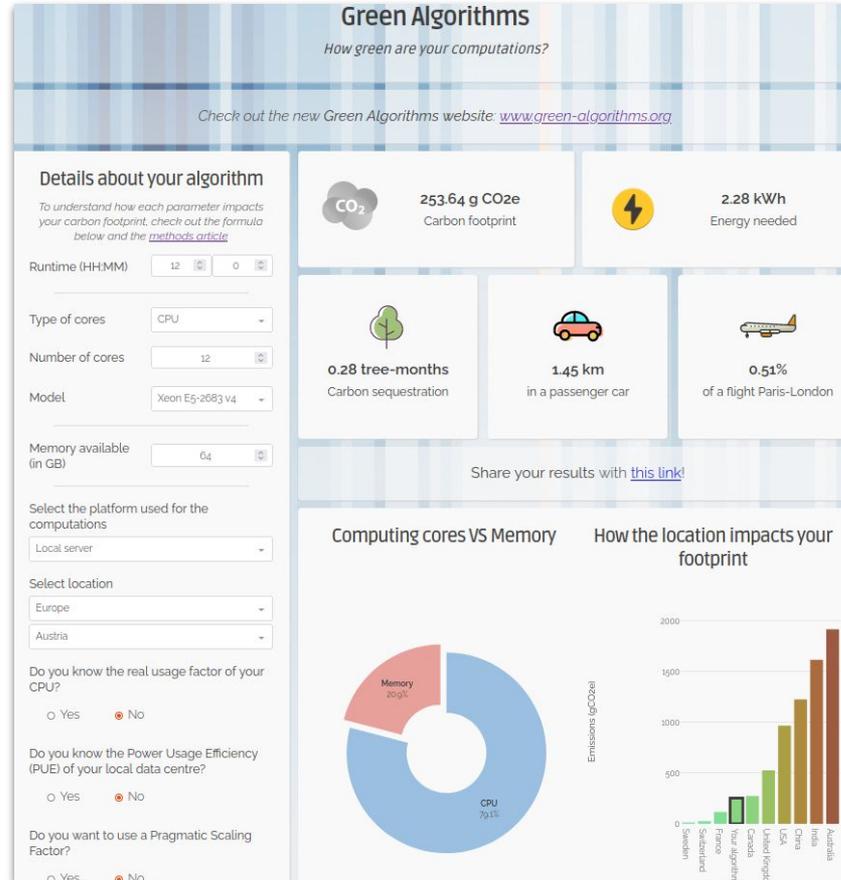
- Fresque du climat
  
- Impacts directs du numérique et ACV
- Impacts indirects du numérique et bilan carbone
- Au-delà de l’empreinte carbone
  
- Suivi de projets : analyse d’articles

# Exemple de TD : impact de l'IA

modèle récent vs ancien ?

fabrication des serveurs ?

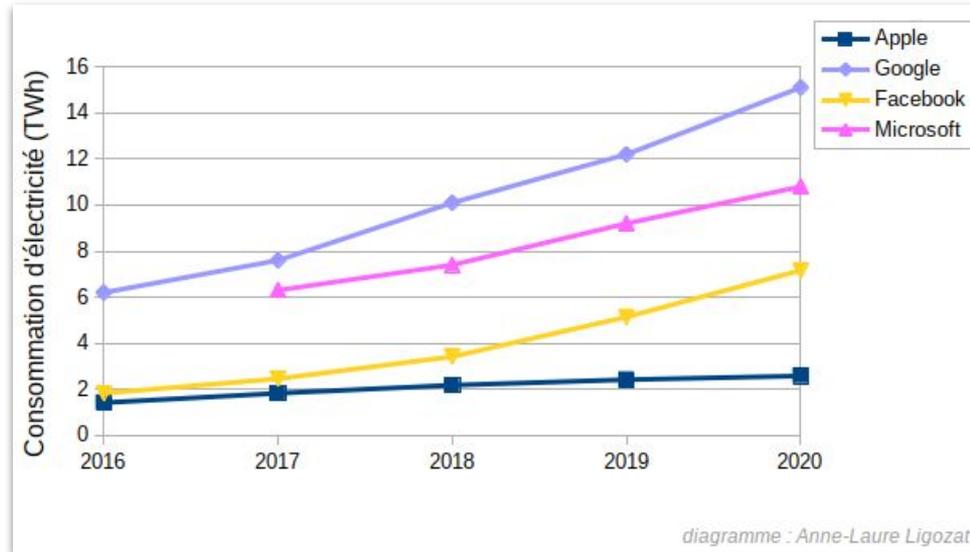
impact du PUE ?



inférence ?

impact du mix énergétique ?

# Exemple de TD : analyse de rapports environnementaux



# Exemples d'articles proposés

## Patterns

### Review

#### **The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations**

Charlotte Freitag,<sup>1</sup> Mike Berners-Lee,<sup>1</sup> Kelly Widdicks,<sup>2,\*</sup> Bran Knowles,<sup>2</sup> Gordon S. Blair,<sup>2</sup> and  
<sup>1</sup>Small World Consulting, Gordon Manley Building, Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster  
<sup>2</sup>School of Computing and Communications, InfoLab21, Lancaster University, Lancaster, Lancashire LA1 4WZ  
\*Correspondence: [k.v.widdicks@lancaster.ac.uk](mailto:k.v.widdicks@lancaster.ac.uk)  
<https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100340>

## Chasing Carbon: The Elusive Environmental Footprint of Computing

Udit Gupta<sup>1,2</sup>, Young Geun Kim<sup>3</sup>, Sylvia Lee<sup>2</sup>, Jordan Tse<sup>2</sup>,  
Hsien-Hsin S. Lee<sup>2</sup>, Gu-Yeon Wei<sup>1</sup>, David Brooks<sup>1</sup>, Carole-Jean Wu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Harvard University, <sup>2</sup>Facebook Inc., <sup>3</sup>Arizona State University

[ugupta@g.harvard.edu](mailto:ugupta@g.harvard.edu) [carolejeanwu@fb.com](mailto:carolejeanwu@fb.com)

## Moore's Law and ICT Innovation in the Anthropocene

David Bol, Thibault Pirson and Rémi Dekimpe  
*Electronic Circuits and Systems group, ICTEAM Institute  
Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium*  
{[david.bol](mailto:david.bol), [thibault.pirson](mailto:thibault.pirson), [remi.dekimpe](mailto:remi.dekimpe)}@uclouvain.be

# Retour d'expérience

+

Fresque du climat = bonne remise à niveau

Implication dans les projets

-

Difficulté d'avoir public hétérogène en terme de connaissances préalables

Liens à développer avec autres cours

# Et à l'ENSIIE ?

## 1re année

### Rentrée climat

- fresque du climat
- atelier 2 tonnes

Enjeux environnementaux et développement durable (14h)

## 2e année

Impacts environnementaux du numérique

(21h)

## 3e année

Green IT

(42h)

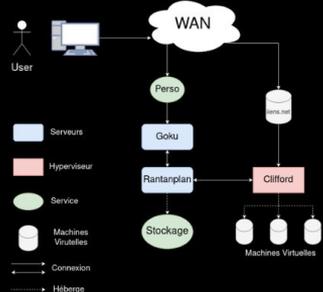
# Projets

IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU NUMÉRIQUE

## OPPORTUNITÉ DE MISE EN VEILLE PROFONDE DES SERVEURS

L'objectif est de faire un suivi en temps réel et une analyse de la consommation des serveurs d'Arise, et d'étudier les opportunités de mise en veille profonde des serveurs lorsqu'ils ne sont pas utilisés.

### Infrastructure simplifiée d'ARISE



Serveur	Consommation
Goku	16.161 KWh
Rantaplan	21.336 KWh
Clifford	20.496 KWh

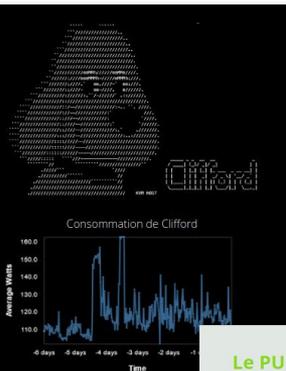
arise

Scénario

- > Serveur éteint : 0W
- > Serveur allumé : 120W
- > Redémarrage en 5min
- > Veille entre 2h et 7h
- > Allumé pendant 5min
- > 3 redémarrages en 1h
- > Démarrage : 150W

- + 337,5Wh consommés avec le scénario précédent contre 600Wh sans éteindre les serveurs
- Usage dégradé
- Difficulté de la mise en place d'une telle solution par les membres d'Arise
- 5min d'attente pour accéder au site

Mael ACIER, Marine ASTRUC, Thien An CAO, Samue



### Le PUE, c'est quoi ?

Le PUE, c'est le rapport entre l'énergie totale consommée par un datacenter, et celle de ses équipements informatiques uniquement. Il donne une indication sur l'efficacité énergétique du centre : plus il est proche de 1, meilleure est l'efficacité !

### Quels équipements ?

Pour calculer le PUE, il faut sommer les équipements d'Arise selon leur nature :

- **informatiques** : serveurs, switches, réseaux, baies de stockage, ...
- **physiques** : système de refroidissements, onduleurs, ...



### La méthode de calcul

Pour les serveurs pour lesquels c'était possible, des **mesures** ont été effectuées. Pour le reste, des **estimations** ont été faites en se basant principalement sur les informations des constructeurs.

### Les résultats

Au final, Arise c'est 1686Wh pour les équipements informatiques, et 787Wh pour les équipements physiques. Ainsi, avec un **PUE de 1.47**, Arise se place en dessous de la **moyenne française** qui est de **1.8**, ce qui est bon signe !



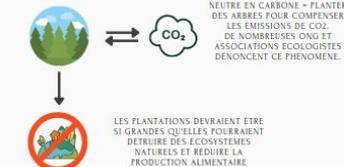
"LE MOTEUR DE RECHERCHE QUI PLANTE DES ARBRES."  
Vraiment Green ?

## Les limites d'Ecosia

### COMMENT ÇA MARCHE ?



### LA COMPENSATION CARBONE EST-ELLE VRAIMENT UNE SOLUTION ?



## Les promesses d'Ecosia

150 millions D'ARBRES PLANTEES DEPUIS 2009

### Reforestation DANS LES HOTSPOTS DE LA BIODIVERSITÉ

### B Corporation

100% des profits REVERSÉS À L'ACTION CLIMATIQUE

80% PLANTATION D'ARBRES

20% ÉNERGIE RENOUVELABLE

### Rapports financiers FIDÈLES CHAQUE MOIS

### Avant/Après

MARQUANTS COMME AU BURNINA FASO



07/2018 09/2018

ÉMISSIONS, IL

MAXIME CIBOIS - EMMA LAMBRECHT

