# EES CM5 Dynamique des usages du numérique

Adrien Luxey-Bitri Damien Marchal

Univ Lille - FST - FIL



16 octobre 2024

1

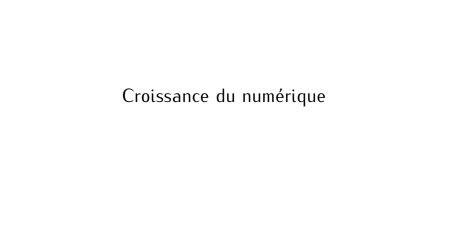
#### Au menu

Croissance du numérique

Comptabilité environnementale

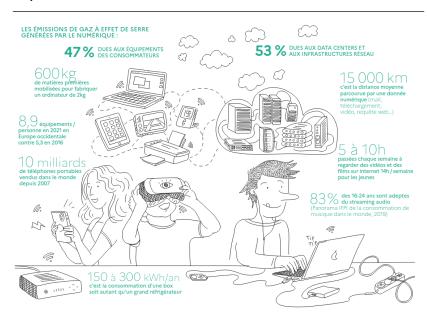
Prospective

Analyse dynamique

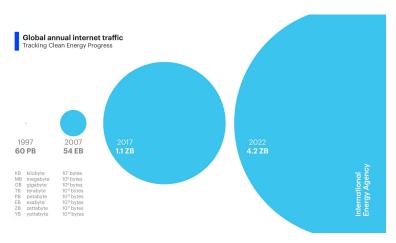


# Rappel : Ordres de grandeur

10 <sup>±1</sup> 10 <sup>±2</sup>	Déca Hecto	déci centi	
10 <sup>±3</sup>	kilo	milli	1 kW = aspirateur
10 <sup>±6</sup>	Méga	micro	1 MW = éolienne (crète)
10 <sup>±9</sup>	Giga	nano	384 Mm = dist. Terre-Lune 1-100 $\mu$ m = Celulle bio. 4 G@ dans IPv4 (2 <sup>32</sup> ) 149 Gm = dist. Terre-Soleil 3 nm = Gravure Apple A18
10 <sup>±12</sup>	Téra	pico	
10 <sup>±15</sup>	Péta	femto	
10 <sup>±18</sup>	Exa	Atto	1 Eflop = Frontier HPC
10 <sup>±21</sup>	Zetta	zepto	•
10 <sup>±24</sup>	Yotta	yocto	1 Yo = Stockage NSA@Utah
10 <sup>±27</sup>	Ronna	ronto	-
10 <sup>±30</sup>	Quetta	quecto	10 <sup>8</sup> Q@ dans IPv6 (2 <sup>128</sup> )



## Progression du trafic Internet



Progression de 8 % par an

## Croissance exponentielle

$$u_{n+1} = C \times u_n \iff u_n = u_0 \times C^n$$

Q. Si le num. croît de 8 %/an, en combien de temps double-t-il?

7

## Croissance exponentielle

$$u_{n+1} = C \times u_n \iff u_n = u_0 \times C^n$$

Q. Si le num. croît de 8 %/an, en combien de temps double-t-il?

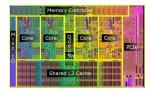
R.  $1.08^9 = 1.99$   $\rightarrow$  En 9 ans.

7

## Lois exponentielles du numérique

#### Loi de Moore

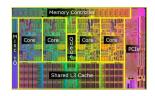
- « Puissance calcul double tous 18 mois. »
  - 1 en 1970
  - 2 en 1971
  - $\sim 1M \text{ en } 2000$
  - $\sim 50G$  ajd.



## Lois exponentielles du numérique

#### Loi de Moore

- « Puissance calcul double tous 18 mois. »
  - 1 en 1970
  - 2 en 1971
  - $\sim 1M \text{ en } 2000$
  - $\sim 50G$  ajd.



#### Capacité datacenters

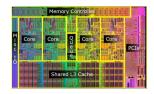
- « Capacité stockage double tous 15 mois. »
  - 1 en 2005
  - 16 en 2010
  - $\sim$ 8k ajd.



## Lois exponentielles du numérique

#### Loi de Moore

- « Puissance calcul double tous 18 mois. »
  - 1 en 1970
  - 2 en 1971
  - $\sim 1M \text{ en } 2000$
  - $\sim 50G$  ajd.



#### Capacité datacenters

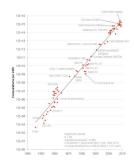
- « Capacité stockage double tous 15 mois. »
  - 1 en 2005
  - 16 en 2010
  - $\sim$ 8k ajd.



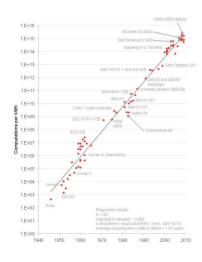
### Loi de Koomey

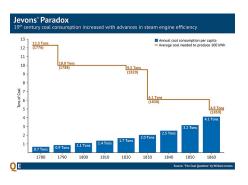
« Calcul/élec double tous 18 mois. »

Vrai depuis 1950.



## L'efficacité ne suffit pas





#### Effet rebond

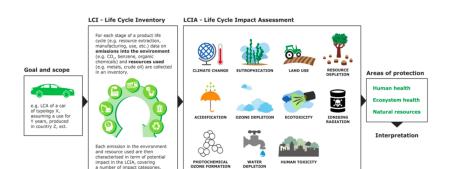


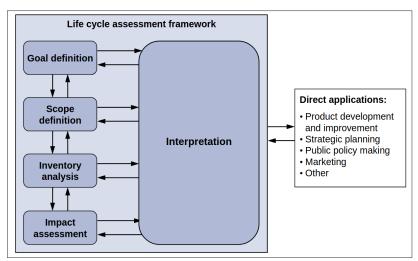
"One more lane will fix it."

Comment observer l'impact du domaine?

Comptabilité environnementale

## Analyse de Cycle de Vie (ACV)





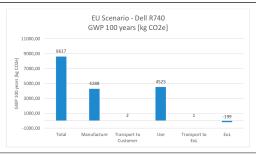
Framework for life cycle assessment (from ISO 14040:2006; modified)

## Impacts directs et indirects

## (D'abord appliqué aux GES.)

Scope	Cause	Exemples
1 2 3	Directe Conso. d'énergie Autres	Pétrole, gaz, charbon GES de l'élec. consommée Amont : transport, fabrication Aval : usage du produit/serv.

#### Serveur Dell & Fairphone



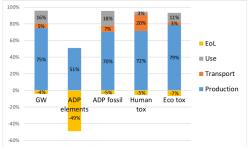


Figure 1 - Relative impacts of Fairphone 4 per life cycle phase

#### Production Si: 1.9 Mt./an

## Émissions directes (scope 1)

- Prod. Si métal : 4 t.  $CO_2/t$ . Si  $\rightarrow$  7.6 Mt.  $CO_2/an$ 

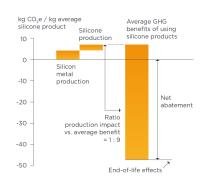
#### Conso. élec. (scope 2)

- Prod. Si métal :  $\sim$ 6 t. CO<sub>2</sub>/t. Si → 11.4 Mt. CO<sub>2</sub>/an

## Scope 3

- Joints fenêtres : -12 Mt. CO<sub>2</sub>e/an
- Panneaux solaires : -9 Mt./an

— …



Limites

Conclusion

- On observe ce qu'on mesure
- Ne capture que le présent

Comment observer les effets indirects?



## La prévision est difficile

# surtout lorsqu'elle concerne l'avenir.

(Pierre Dac)



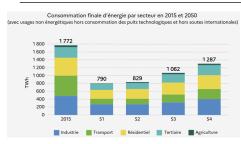
## Analyse par scénarios

#### Transition(s) 2050 - ADEME



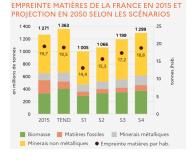
## Analyse par scénarios

#### Transition(s) 2050 - ADEME









Analyse dynamique

### La théorie du contrôle

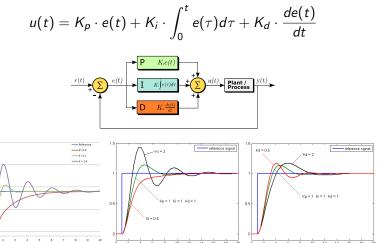




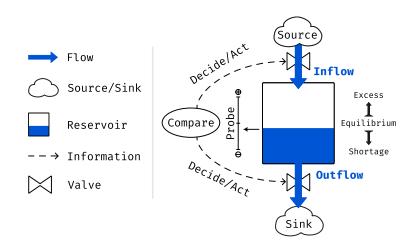
Une histoire militaire

#### Le contrôleur PID

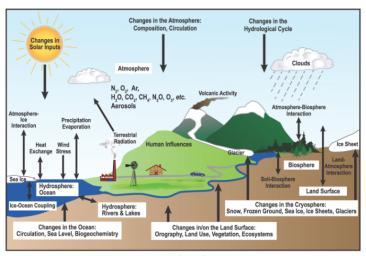
1.6



#### Réservoirs

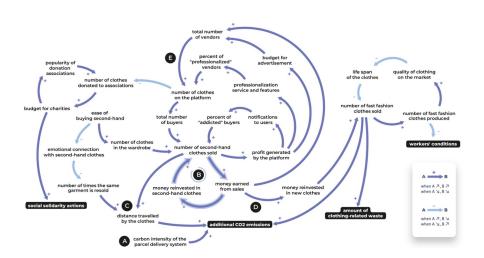


## Il y a un modèle pour ça



Source: IPCC AR4 (2007) FAQ 1.2 Fig. 1.

## Exemple: Vinted



## Références

[de 75]	Joël de Rosnay, Le Macroscope. Vers Une Vision Globale, Le Seuil, mai 1975.
[Ber+19]	BERND BRANDT et al., Silicon-Chemistry Carbon Balance, 2019, URL: https://www.silicones.eu/wp-content/uploads/2019/05/SIL_exec-summary_en.pdf (vu le 03/10/2024).
[Thi19]	THINKSTEP, Life Cycle Assessment of Dell R740, Life Cycle Assessment, juin 2019, URL: https://www.delltechnologies.com/asset/en-us/products/servers/technical-support/Full_LCA_Dell_R740.pdf (vu le 16/03/2023).
[ADE21]	ADEME, La Face Cachée Du Numérique, rapp. tech., jan. 2021.
[SPB22]	David SÁNCHEZ, Marina PROSKE et Sarah-Jane BAUR, Life Cycle Assessment of the Fairphone 4, rapp. tech., Berlin: Fraunhofer IZM, mars 2022.
[Odo23]	Loraine Odot, La méthode des scénarios : un outil d'aide à la planification stratégique, oct. 2023, URL : https://www.polytechnique-insights.com/tribunes/societe/la-methode-des-scenarios-un-outil-daide-a-la-planification-strategique/ (vu le 16/10/2024).
[ADE24]	ADEME, Transition(s) 2050, rapp. tech., 2024, URL: https://www.ademe.fr/les-futurs-en-transition/les-scenarios/?tabname=climat.
[Ekc+24]	David Ekchalzer et al., « Decision-Making under Environmental Complexity : The Need for Moving from Avoided Impacts of ICT Solutions to Systems Thinking Approaches », À : ICT4S (2024).
[24a]	<pre>« Préfixes du Système international d'unités », À : Wikipédia (août 2024), URL : https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Pr%C3%A9fixes_du_Syst%C3%A8me_international_d%27unit%C3%A9s&amp;oldid=218117800 (vu le 15/10/2024).</pre>
[24b]	« Proportional-Integral-Derivative Controller », À: Wikipedia (oct. 2024), URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Proportional%E2%80%93integral%E2%80%93derivative_controller&oldid=1250109285 (vu le 15/10/2024).