

# Rex ANF Ecoinfo 2019

**Impact environnemental du Numérique : comprendre et agir**  
**Focus TP Ecoconception**

K. Dassas (IAS/INSU/CNRS)

*LoOPS est le réseau des développeurs de logiciels scientifiques dans les établissements de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche au sud-ouest de Paris.*

<http://reseau-loops.github.io/>



LoOPS s'inscrit dans la perspective du réseau DevLog.

<http://devlog.cnrs.fr>



Net -> join(members);

Pour souscrire à la liste:

<https://groupes.renater.fr/sympa/info/loops/>

- Présentation du GDS Ecoinfo
- ANF Ecoinfo Impact environnemental du numérique
- Rex TP écoconception
- Conclusion



*Le GDS Ecoinfo, ce sont des ingénieurs, des chercheurs, des étudiants des secteurs de la recherche et de l'enseignement supérieur en France autour d'un objectif commun :*

**Agir pour réduire les impacts (négatifs) environnementaux et sociétaux des TICs (Technologies de l'Information et de la communication)**

INS2I (Informatique) et l'INEE (écologie et de environnement) du CNRS

<https://ecoinfo.cnrs.fr/2019/04/11/formation-impact-environnemental-du-numerique-comprendre-et-agir/>

## Enjeux environnementaux globaux

( PY Longaretti équipe STEEP, INRIA Grenoble)

## Le Numérique dans tout ça ?

(A. Monnin ESC Clermont Ferrand)

## Volume, extraction métaux, recyclage DEEE

(F. Berthoud, GRICAD, Grenoble )

## Focus sur les effets indirects et les effets rebond

( Jacques Combaz CNRS, Verimag, Grenoble)

## Normes et standards du numérique

(G. Feltin GRICAD, Grenoble)

## Introduction à l'analyse du cycle de vie (ACV)

(Guillaume Mandil GSCOP équipe STEEP, INRIA Grenoble)

## Focus sur les consommations d'usage

(L. Lefevre, Inria, LIP, Lyon)

## Pourquoi n'agit-on pas (suffisamment) ?

(Peter Sturm équipe STEEP, INRIA Grenoble)

## TP Ecoconception autour du calcul

## TP Datacenter : mutualisation ou rester en local



**CO<sub>2</sub>eq** : désigne le potentiel de réchauffement global d'un gaz à effet de serre, calculé par équivalence avec une quantité de CO<sub>2</sub> qui aurait le même potentiel de réchauffement global

	g eq CO2
1 vol Paris-Nice[1]	170 000
1 vol Paris – New York[1]	1 000 000
1 TGV Grenoble-Paris[2]	1 538
1 km en voiture pour 1 passager, s'il est seul dans sa voiture / si 4 passagers[3]	140 / 35
1 repas classique avec boeuf / végétarien [4]	6 890 / 510
1 feuille A4[5]	10

	g eq CO2
Fabrication / transport d'un laptop (latitude 5490)[6]	200 000 / 11 000
Fabrication / transport d'un écran (24'')[6]	350 000 / 25 000
Usage pendant 1 an laptop+écran (France, hors internet)[7]	10 000
1h.cœur de calcul (mésocentre, hors fabrication des serveurs) [7]	2,8
Fabrication / transport d'un serveur (R740)[6]	1 060 000 / 200 000

Ref F.Berthoud

1 <https://eco-calculateur.dta.aviation-civile.gouv.fr/>

2 <https://eco-calculateur.dta.aviation-civile.gouv.fr/>

3 Basé sur un véhicule émettant 140gCO2/km

4 [http://www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD\\_DOC\\_FR/index.htm?repas.htm](http://www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?repas.htm)

5 \*3,28 geCO2/g papier imprimé : Source base ACV Ecoinvest (“printed paper, offset” - offset printing - per kg) soit 10,22 geCO2 par feuille (A4 grammage 50g/m<sup>2</sup>)

6 [https://www.dell.com/learn/us/en/uscorp1/corp-comm/environment\\_carbon\\_footprint\\_products](https://www.dell.com/learn/us/en/uscorp1/corp-comm/environment_carbon_footprint_products)

7 Estimation EcoInfo (prise en compte climatisation et nombre d'heures de calcul effectif dans l'année, facteur d'impact : 0,119 kgCO2e/kwh)

<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-05/datalab-46-chiffres-cles-du-climat-edition-2019-novembre2018.pdf>

### Transports

- Avion (voyageurs) - 180-250 sièges, trajet de 0-1 000 km :  
293 g CO<sub>2</sub>éq/passager.km
- Voiture particulière - puissance fiscale moyenne, motorisation essence :  
259 g CO<sub>2</sub>éq/km
- TGV, Train Grande Vitesse (France) :  
3,69 g CO<sub>2</sub>éq/passager.km
- Métro (Paris) :  
5,70 g CO<sub>2</sub>éq/passager.km

### Alimentation

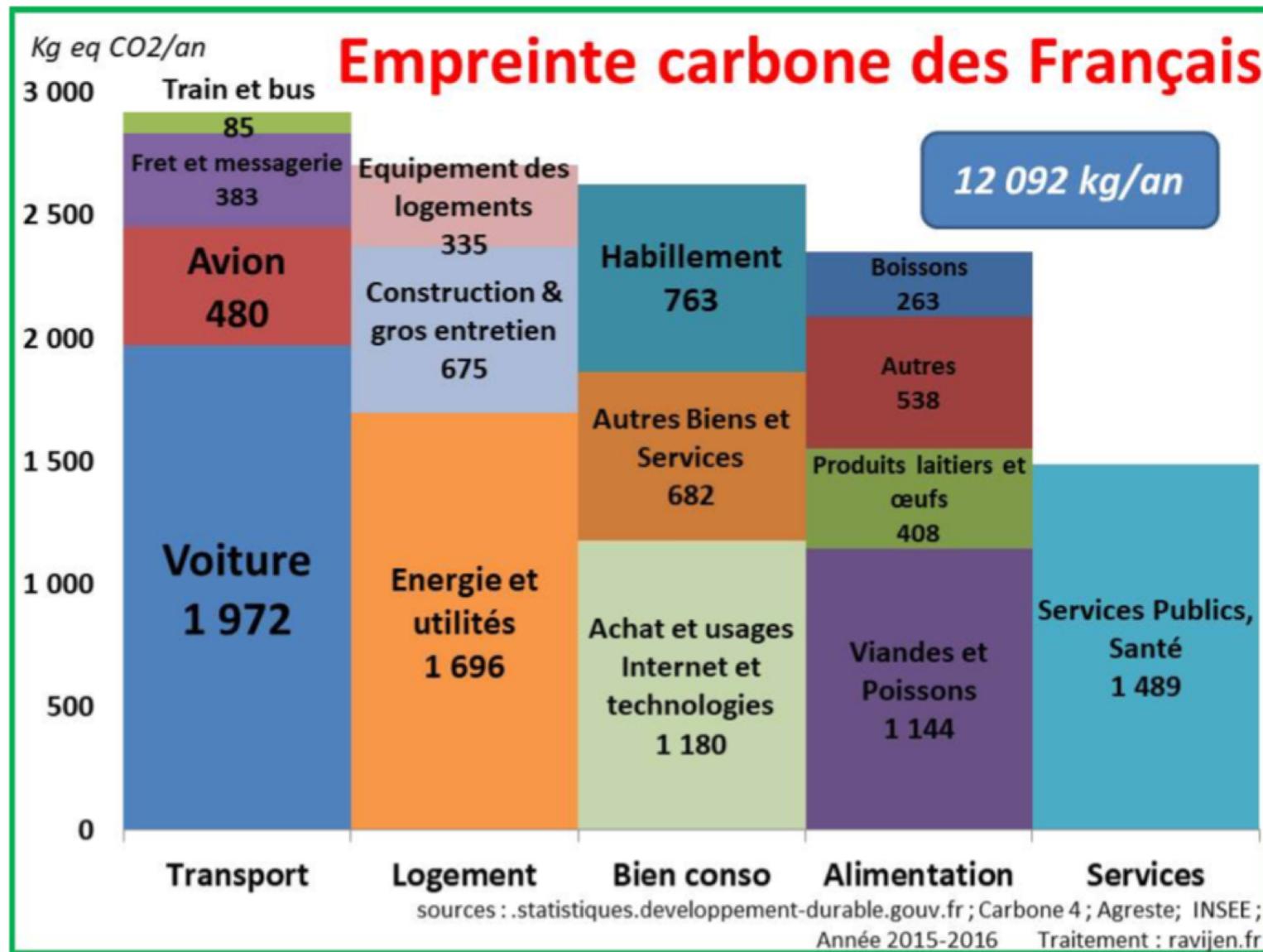
- Repas - classique (avec bœuf) :  
4,52 kg CO<sub>2</sub>éq/repas
- Repas - classique (avec poulet) :  
1,11 kg CO<sub>2</sub>éq/repas
- Repas - végétarien :  
0,45 kg CO<sub>2</sub>éq/repas

### Électronique

- Ordinateur fixe - avec écran plat :  
1 280 kg CO<sub>2</sub>éq/appareil
- Ordinateur portable - de 14,1 pouces :  
202 kg CO<sub>2</sub>éq/appareil
- Smartphone :  
30 kg CO<sub>2</sub>éq/appareil

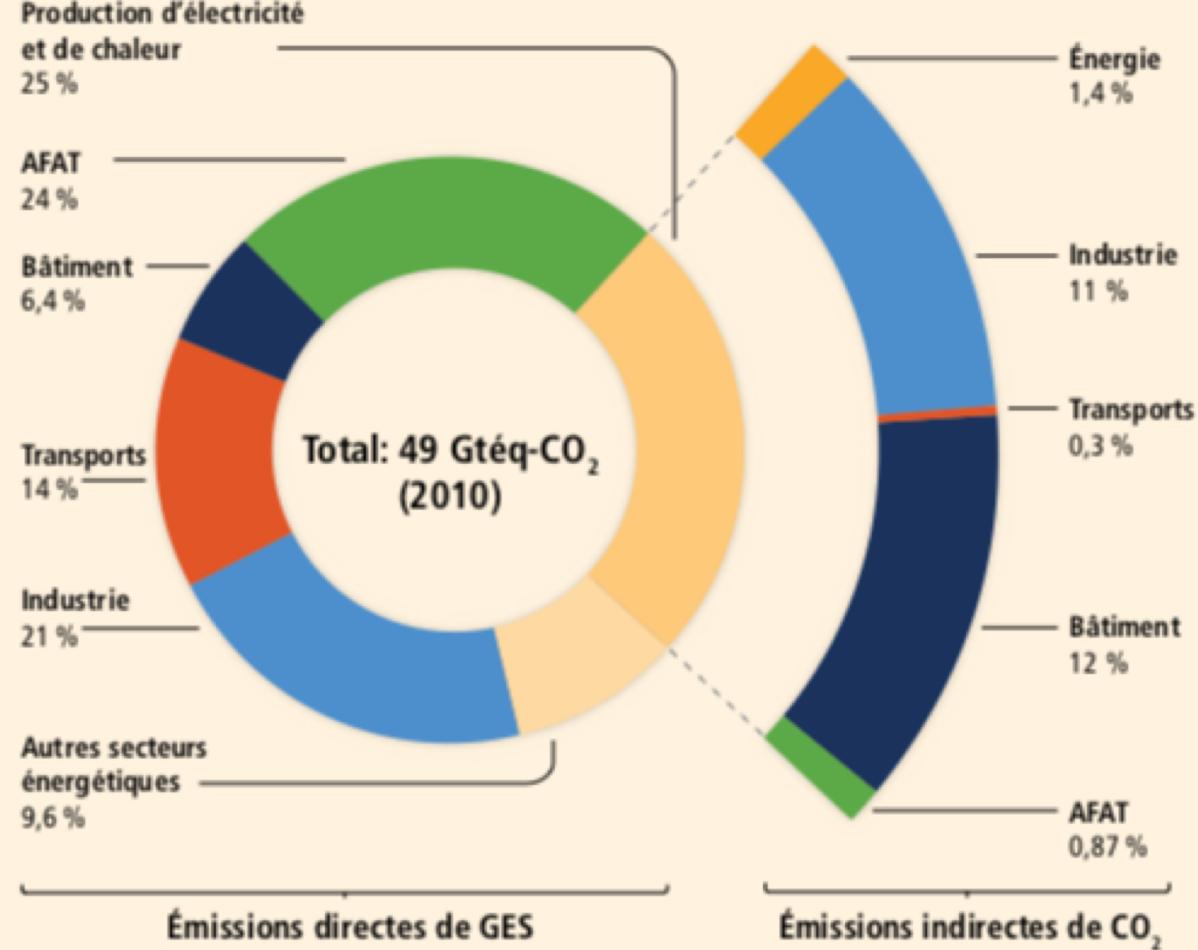
### Communication

- 1 mail avec pièce jointe :  
35 g CO<sub>2</sub>éq/unité
- 1 requête internet :  
6,65 g CO<sub>2</sub>éq/unité
- 1 mail :  
4 g CO<sub>2</sub>éq/unité
- 1 tweet :  
0,02 g CO<sub>2</sub>éq/unité



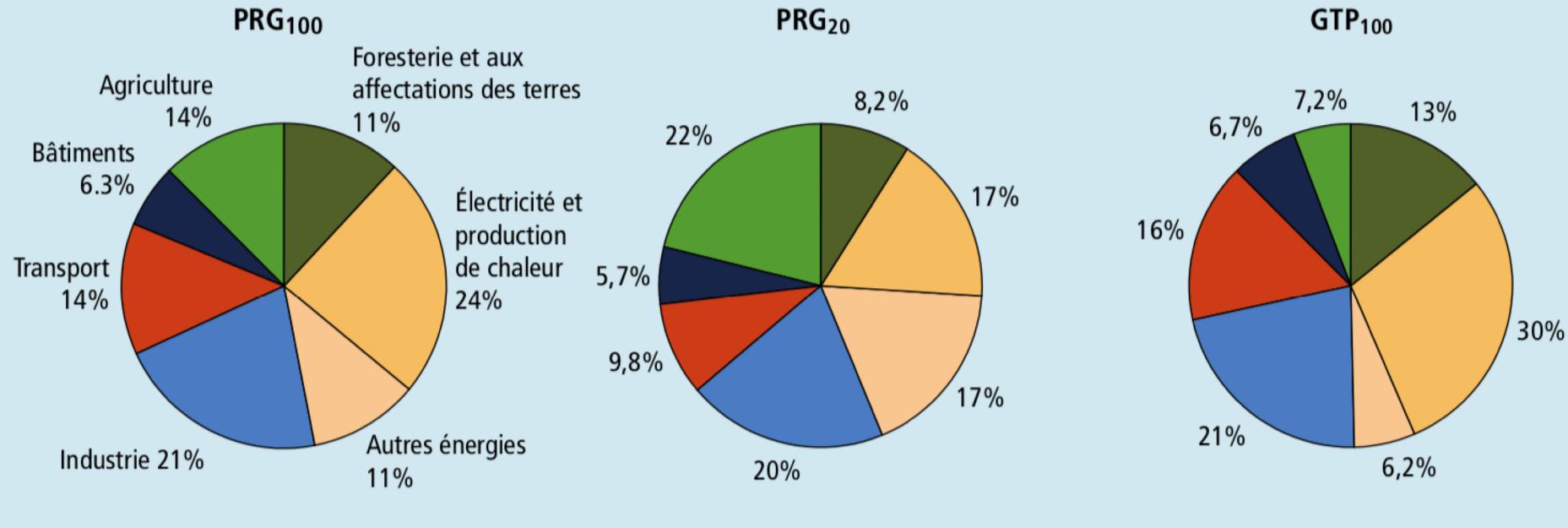
AFAT (agriculture, foresterie et autres affectations des terres)

### Répartition des émissions de GES entre les secteurs économiques



Répartition des émissions anthropiques totales de GES (gigatonnes d'équivalent-CO<sub>2</sub> par an, Gtéq CO<sub>2</sub>/an) :  
source rapport GIEC 2014 [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_fr.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf) Figure 1.6

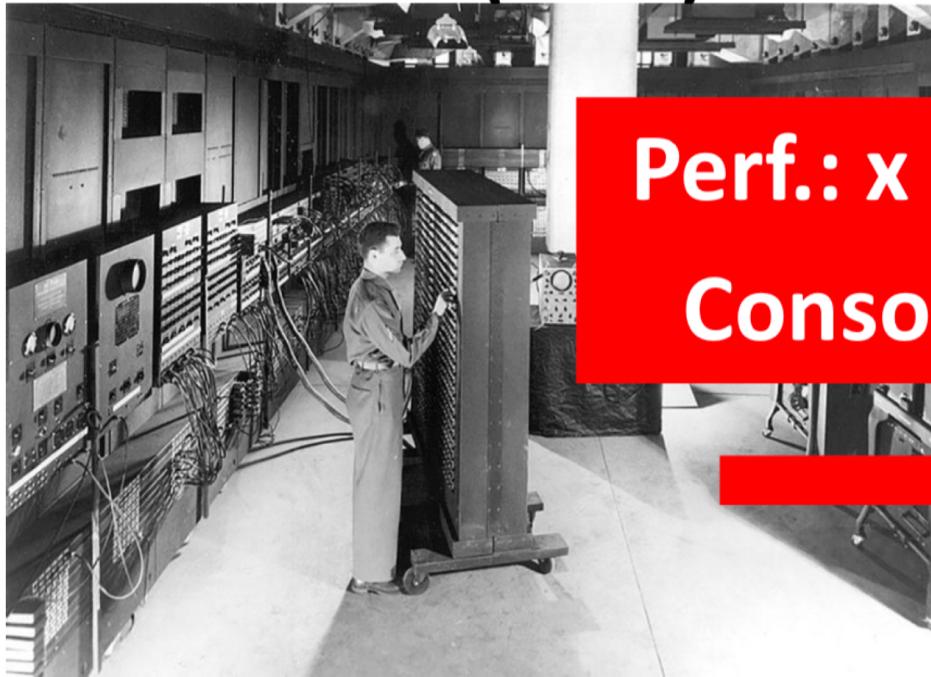
## Contributions par secteur aux émissions totales de GES selon différentes métriques



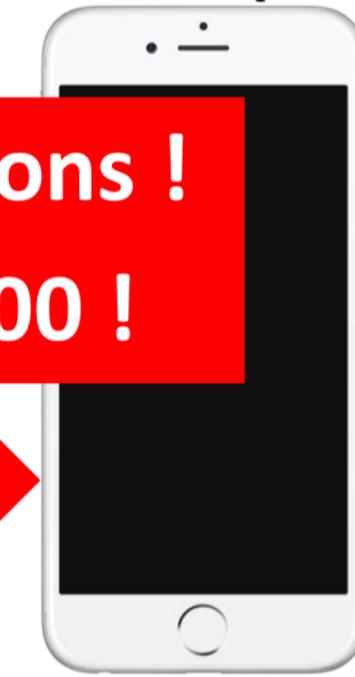
Le forçage radiatif intégré est employé pour calculer les potentiels de réchauffement global (PRG), tandis que le réchauffement à un point donné de l'avenir sert à calculer les potentiels d'évolution de la température planétaire (GTP).

source rapport GIEC 2014 [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_fr.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf) encadré 3.2

## ENIAC (1945)



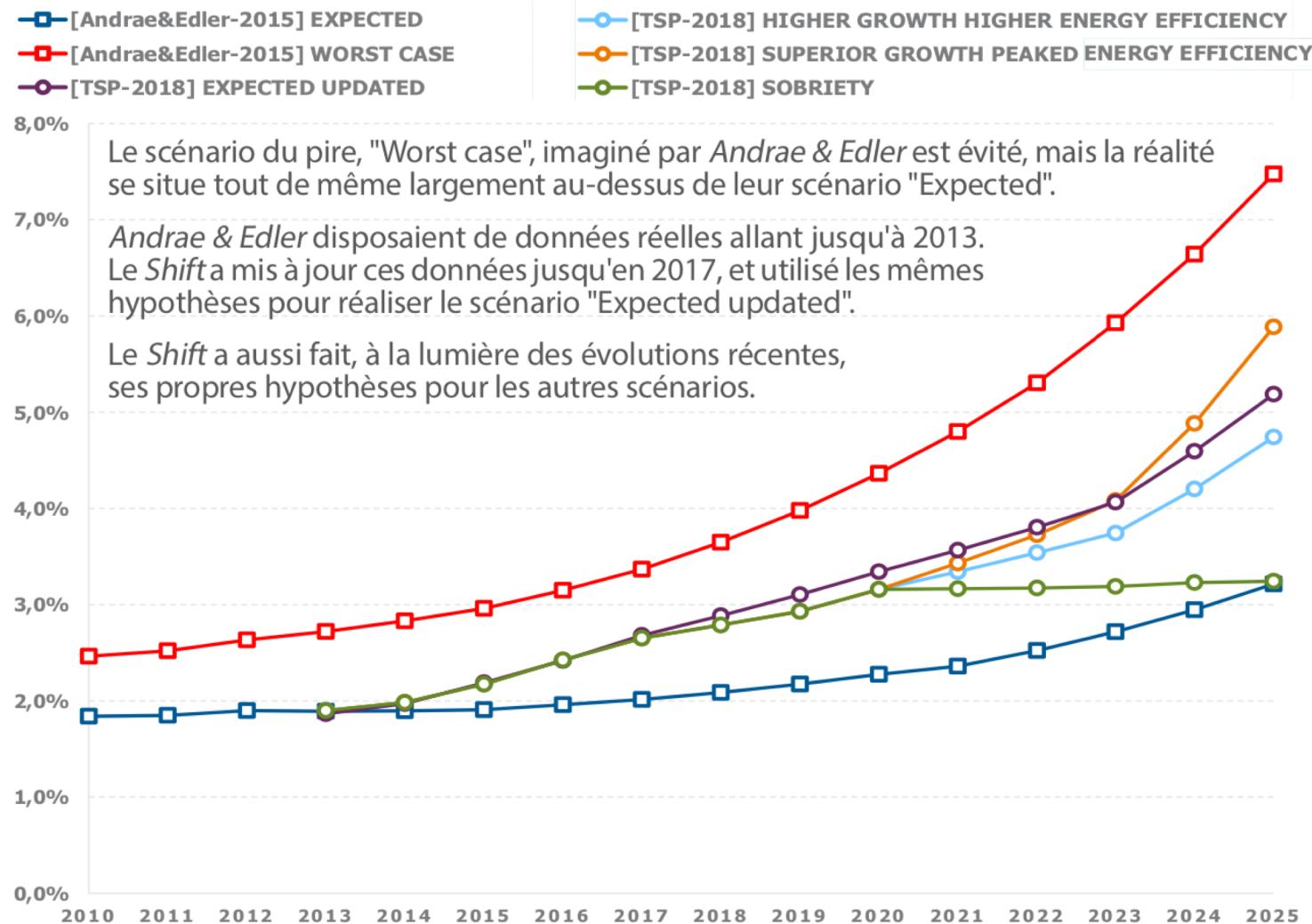
## iPhone 6 (2014)



Perf.:  $\times 260$  millions !  
Conso. :  $\div 75\,000$  !

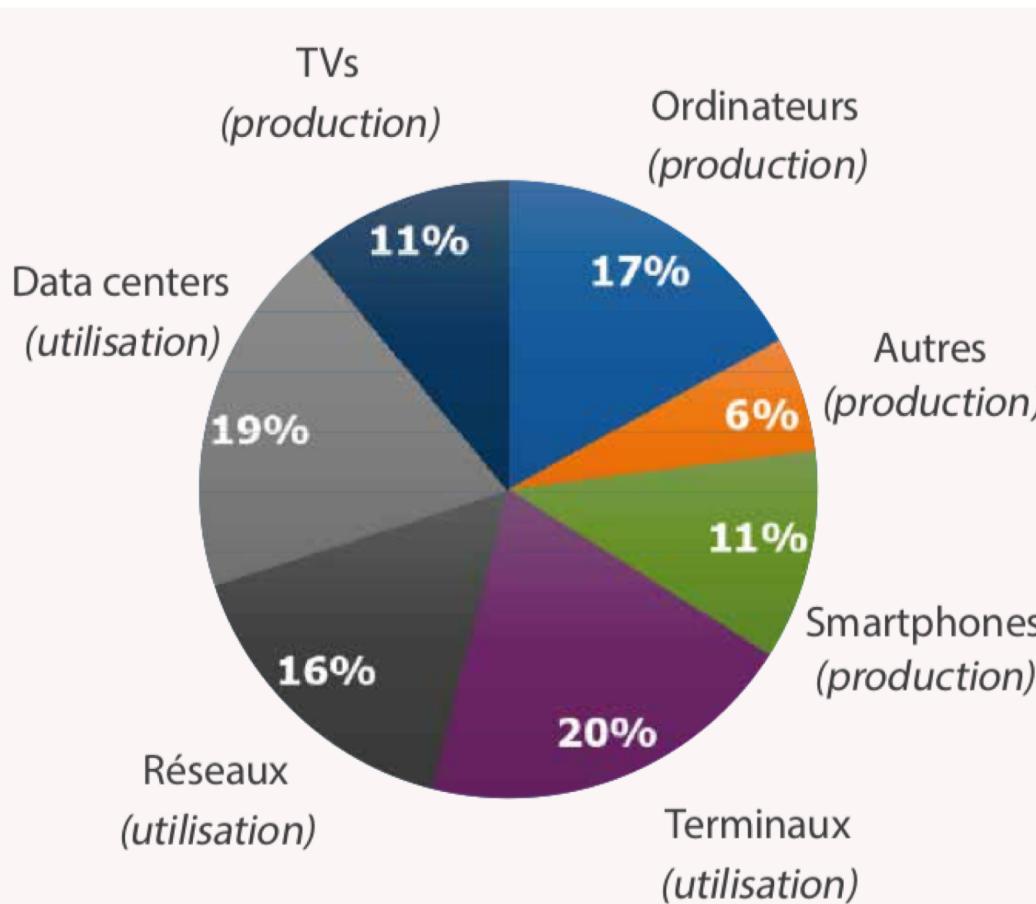
- Poids : 30 t
- Dim. :  $30,5 \text{ m} \times 2,4 \times 0,9$  ( $167 \text{ m}^2$ )
- Conso. : 150 kW
- Perf. :  $\sim 500$  FLOPS

- Poids : 130 g
- Dim. :  $158,1 \times 77,8 \text{ mm} \times 7,1 \text{ mm}$
- Conso. :  $\sim 2$  W
- Perf. :  $\sim 130$  GFLOPS



**Évolution de la consommation énergétique mondiale du numérique entre 2010 et 2025, rapportée à la consommation énergétique mondiale totale**

[Source : scénarios et calculs The Shift Project 2018, à partir de Andrae & Edler 2015]



**Distribution de la consommation énergétique  
du numérique par poste pour la production  
et l'utilisation en 2017.**

[Source : *The Shift Project* 2018,  
à partir de Andrae & Edler 2015]

Le facteur d'émission traduit l'intensité carbone de la production d'électricité, au vu du mix électrique en vigueur dans la zone géographique

- **Union Européenne** : 0,276 kgCO<sub>2</sub>e/kWh
- **France** : 0,035 kgCO<sub>2</sub>e/kWh
- **Etats-Unis** : 0,493 kgCO<sub>2</sub>e/kWh
- **Chine** : 0,681 kgCO<sub>2</sub>e/kWh
- **Autres (facteur moyen mondial)** : 0,519 kgCO<sub>2</sub>e/kWh

Source : The shift project

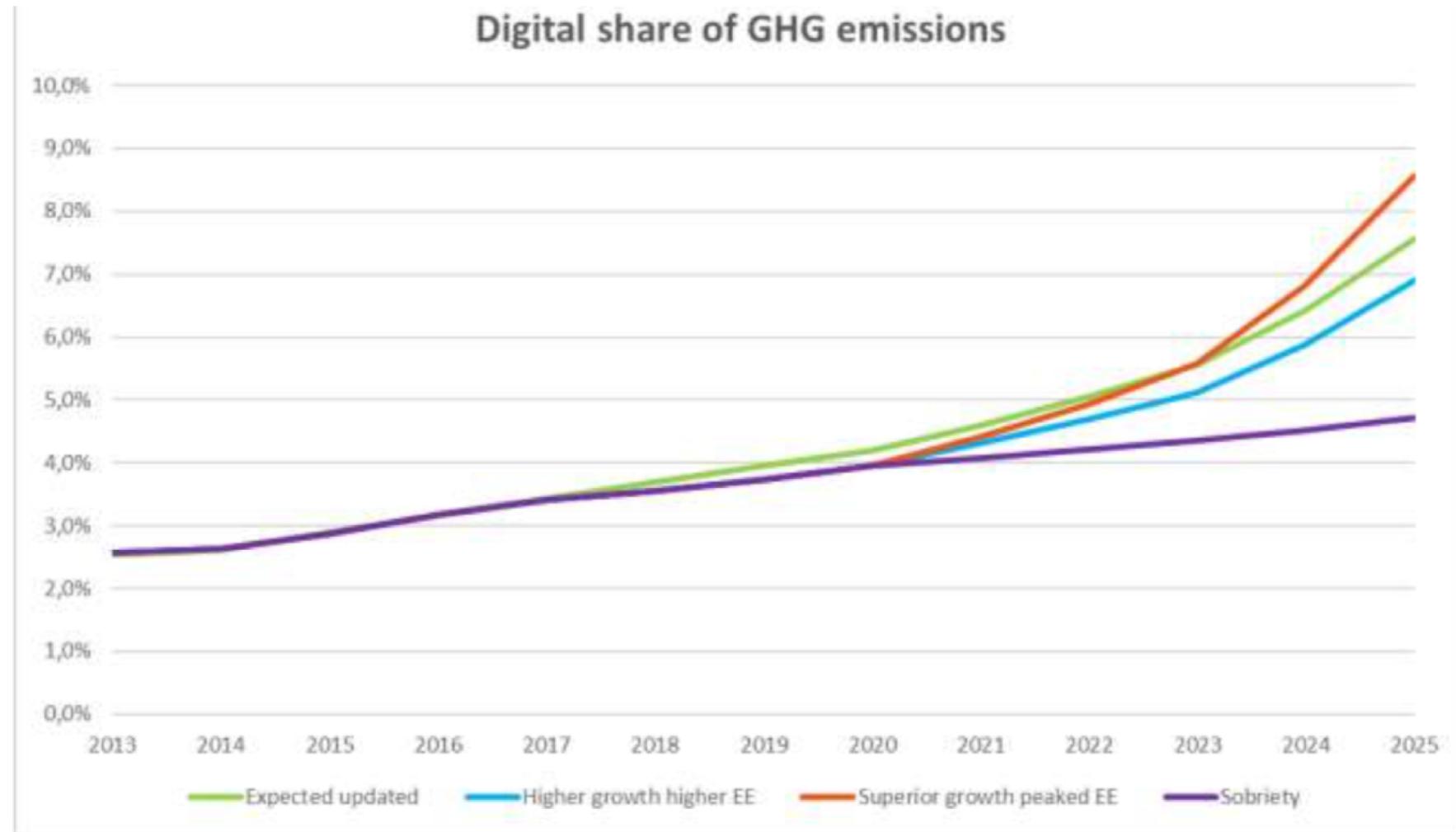


Figure 3 : Évolution 2013-2025 de la part du Numérique dans les émissions de GES

[Source : [Lean ICT Materials] Forecast Model. Produit par The Shift Project à partir des données publiées par (Andrae & Edler, 2015)

La part du numérique dans les émissions de gaz à effet de serre a augmenté de moitié depuis 2013, passant de 2,5 % à 3,7 % du total des émissions mondiales.



TIC

2025 (projections)

8%

des GES mondiaux

automobile

2017

8% des GES mondiaux

Ref : J. Combaz [https://ecoinfo.cnrs.fr/wp-content/uploads/2019/07/2019-07-04\\_AmiQual4Home\\_nobackup.pdf](https://ecoinfo.cnrs.fr/wp-content/uploads/2019/07/2019-07-04_AmiQual4Home_nobackup.pdf)

# Focus REX TP Ecocoception

TPs proposés par Cyrille Bonnamy, Laurent Bourges et Laurent Lefèvre

[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/)



Ecoinfo 1: Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2609 v3 @ 1.90GHz  
Ubuntu 18.04.2 LTS (GNU/Linux 4.15.0-60-generic x86\_64)

Ecoinfo 2 : Intel® Xeon® Processor E5 v3 Family E5-  
2609V3 6 coeurs 1.90 GHz TDP 85 W

EcoInfo 3: Intel(R) Xeon(R) CPU E5620 @ 2.40GHz 4  
coeurs 8HT 2,40 GHz TDP 80 W

+ Voltmètre pour mesurer la consommation énergétique

stdbuf -oL ./wattsup.bin -t -c 10000 ttyUSBO watts > conso.txt



[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/blob/master/tp/2.2\\_langages\\_et\\_algos/TP\\_ANF2019.pdf](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/blob/master/tp/2.2_langages_et_algos/TP_ANF2019.pdf)

[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/tree/master/ecoconception\\_logicielle](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/tree/master/ecoconception_logicielle)

Comparaison python (4 versions du programme) , Julia (4 versions) et Fortran pour 1 algo en mécanique des fluides (*ref cours Julien Chauchat*)

Voir ecoconception\_logicielle/jlfiles/

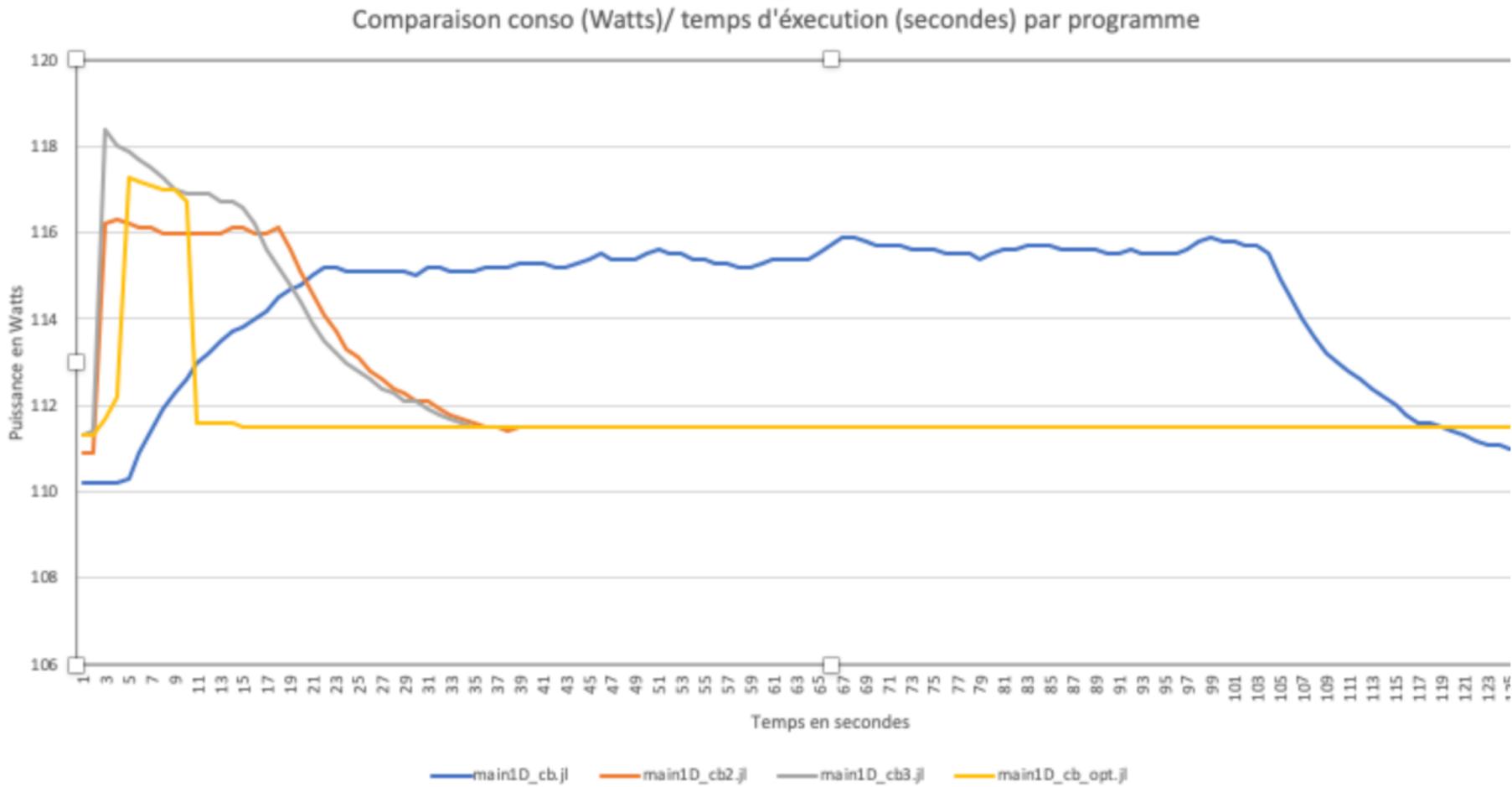
main1D_cb.jl	algo inversion matrice optimisée (portage basique) (4M pt)
main1D_cbv2.jl	algo inversion matrice optimisée (optimisation 1) (4M pt)
main1D_cbv3.jl	algo inversion matrice optimisée (optimisation: copies) (4M pt)
main1D_opt.jl	algo inversion matrice optimisée (optimisation: no alloc) (4M pt)

Voir ecoconception\_logicielle/pyfiles/

main1D.py	version Julien Chauchat d'origine (approche matricielle) + plots (2048pt)
main1D_cbv1.py	algo inversion matrice optimisée (4M pt)
main1D_cbv2.py	pure Python (numpy only) (4M pt)
main1D_cbv3.py	Python + transonic / pythran (4M pt)
main1D_cbv4.py	Python + numba (4M pt)

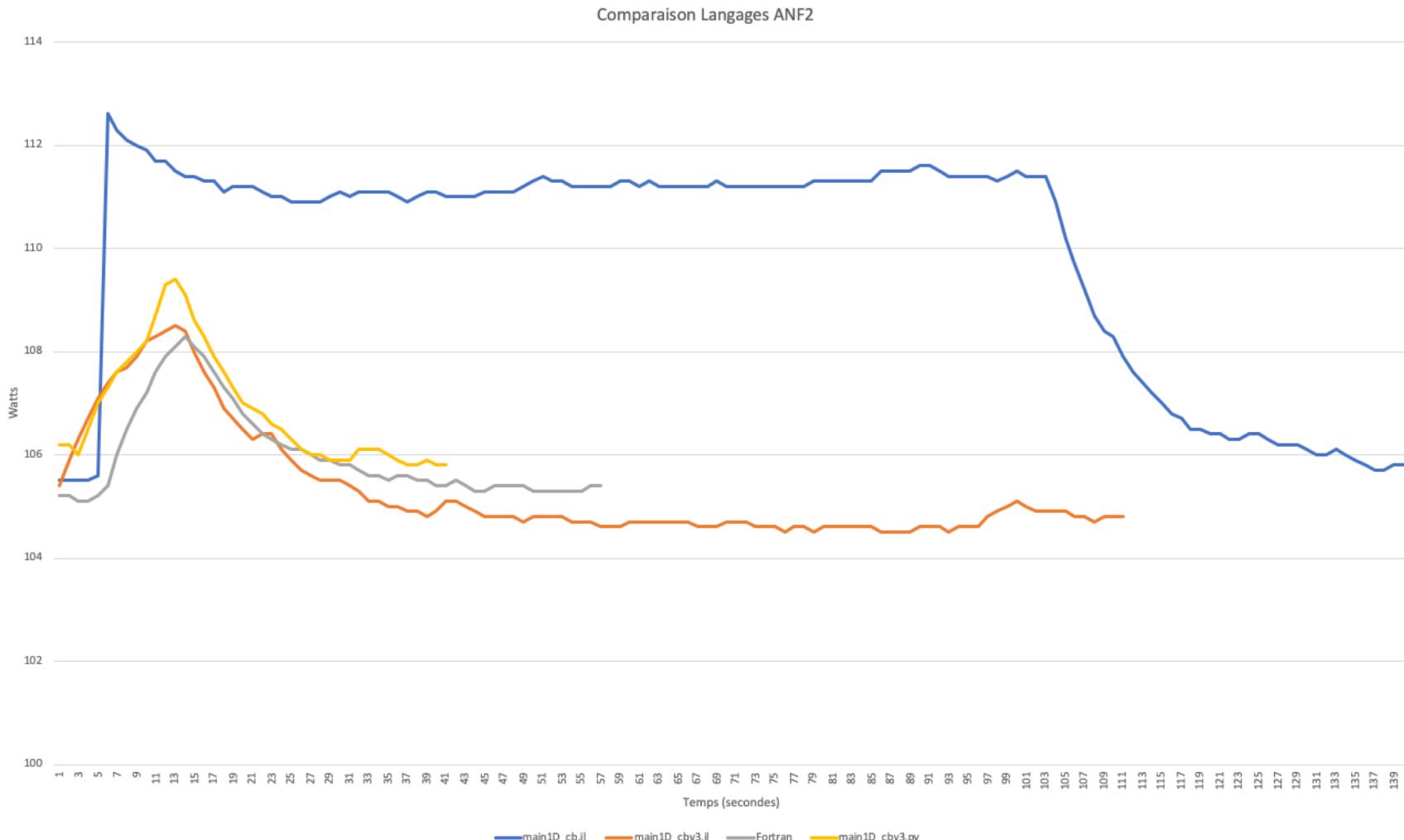
[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/blob/master/tp/2.2\\_langages\\_et\\_algos/TP\\_ANF2019.pdf](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/blob/master/tp/2.2_langages_et_algos/TP_ANF2019.pdf)

[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/tree/master/ecoconception\\_logicielle](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/tree/master/ecoconception_logicielle)



[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/blob/master/tp/2.2\\_langages\\_et\\_algo/TP\\_ANF2019.pdf](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/blob/master/tp/2.2_langages_et_algo/TP_ANF2019.pdf)

[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/tree/master/ecoconception\\_logicielle](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/tree/master/ecoconception_logicielle)



[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/blob/master/tp/2.2\\_langages\\_et\\_algo/TP\\_ANF2019.pdf](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/blob/master/tp/2.2_langages_et_algo/TP_ANF2019.pdf)

[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/tree/master/ecoconception\\_logicielle/jlfiles](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/tree/master/ecoconception_logicielle/jlfiles)

Sur ANF1

Langage	Programme	Temps CPU (s)	Consommation (W)
python	main1D_cbv2.py	457,2	114
python	main1D_cbv3.py	27,5	114
python	main1D_cbv4.py	8,6	118
Fortran	main1D_cb.f90	8,3	114
julia	main1D_cbv1.jl	97,6	115
julia	main1D_cbv2.jl	15,40	117
julia	main1D_cbv3.jl	12,99	118
julia	main1D_opt.jl	6,79	117

[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/blob/master/tp/1.2\\_vert\\_ds\\_applications/TP\\_ANF2019.pdf](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/blob/master/tp/1.2_vert_ds_applications/TP_ANF2019.pdf)

[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/blob/master/tp/1.2\\_vert\\_ds\\_applications/scripts/cpuburn.sh](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/blob/master/tp/1.2_vert_ds_applications/scripts/cpuburn.sh)

- impact du multiprocessing, du nombre de lectures, du traffic réseau sur la consommation énergétique

cpuburn.sh 238 Bytes 

---

```
1 #!/bin/bash
2 # test stress
3
4 date=`date +%s`
5 echo "date = $date --> stress for $1 seconds" >> logs
6 time=$((($1 - 3))
7 (stress -t $time -c 10 -i 10 -m 10 -d 10 | cat ) >> logs &
8 sleep $1
9 (killall -q stress | cat ) > /dev/null
10 date=`date +%s`
```

---

[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/blob/master/tp/1.2\\_vert\\_ds\\_applications/TP\\_ANF2019.pdf](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/blob/master/tp/1.2_vert_ds_applications/TP_ANF2019.pdf)

[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/blob/master/tp/1.2\\_vert\\_ds\\_applications/scripts/cpuburn.sh](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/blob/master/tp/1.2_vert_ds_applications/scripts/cpuburn.sh)

<http://manpages.ubuntu.com/manpages/bionic/man1/stress.1.html>

stress -c 2 / stress -i 2 / stress -d 2 / stress -m 2

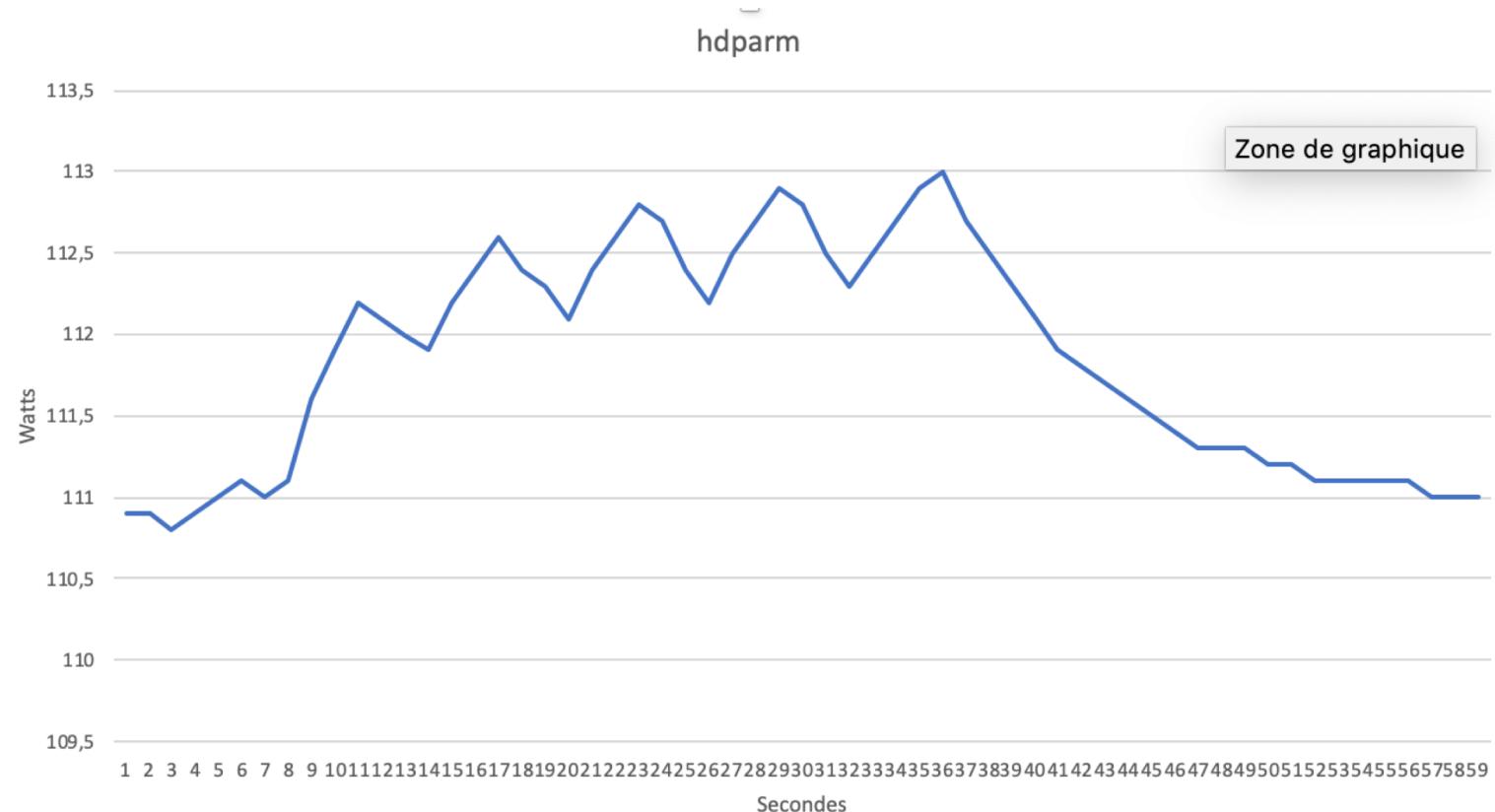
Paramètre	Consommation (Watts)
c2 calcule racine carrée nombres aléatoires	117,7
i2 (I/O vide mémoire sur disque, data en cache)	117,3
d2 (écritures disk unlink)	119,1
m2 (malloc / free)	118,4
c4	124,4
c8	144
c10	157

[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/blob/master/tp/1.2\\_vert\\_ds\\_applications/TP\\_ANF2019.pdf](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/blob/master/tp/1.2_vert_ds_applications/TP_ANF2019.pdf)

### 2.3 Applications intensives en utilisation disque

On utilise la commande hdparm qui utilise les disques. Regardez l'utilité de hdparm (man hdparm).

Lancer hdparm.sh 30



[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/blob/master/tp/1.2\\_vert\\_ds\\_applications/TP\\_ANF2019.pdf](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/blob/master/tp/1.2_vert_ds_applications/TP_ANF2019.pdf)

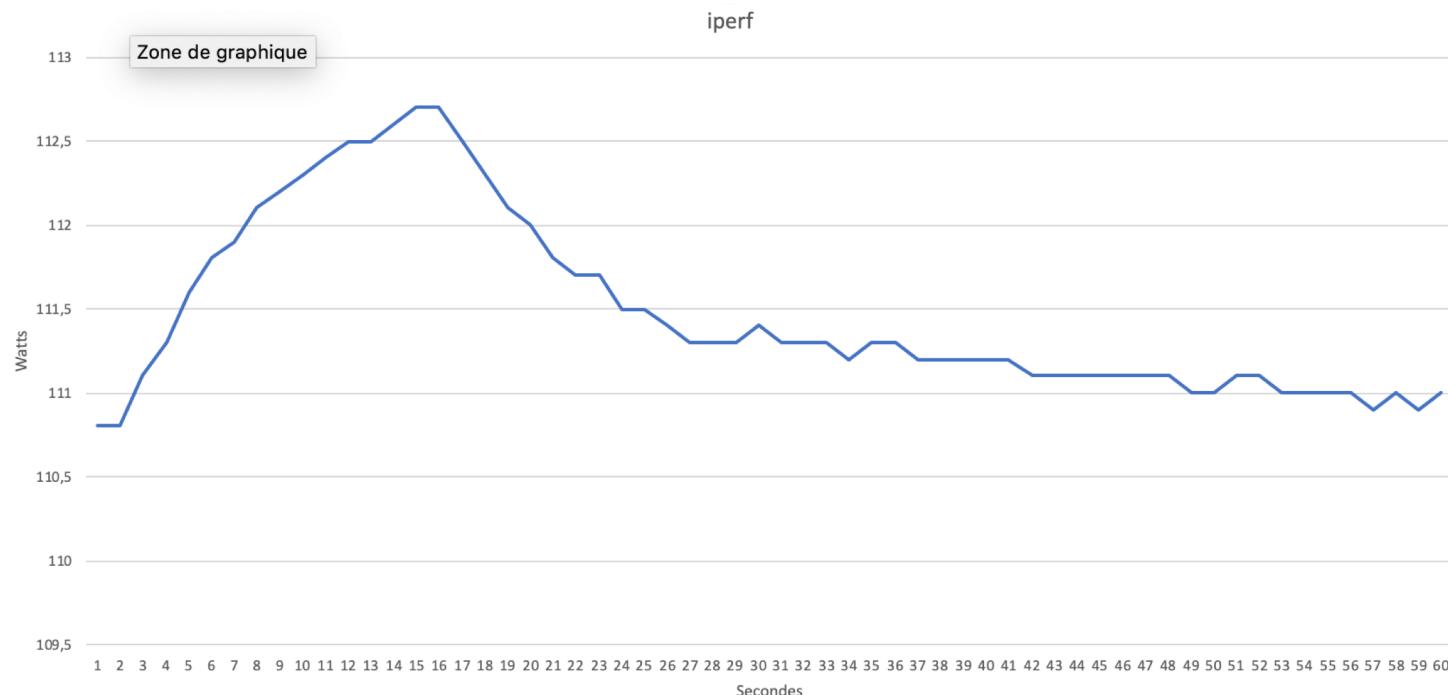
## 2.4 Applications intensives en utilisation réseau

On va déployer une application intensive en utilisation réseau qui va communiquer entre 2 serveurs ou entre le serveur et votre machine :

`iperf-server.sh 120 &`

et rapidement on lance une application cliente :

`iperf-client.sh 30 machine &`



[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/blob/master/tp/2.2\\_langages\\_et\\_algos/TP\\_ANF2019.pdf](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/blob/master/tp/2.2_langages_et_algos/TP_ANF2019.pdf)

#### 4 Impact de la volumétrie & Scalabilité du programme (20')

Editer le fichier Python (v2) pour faire varier la taille du problème (M):

```
cd ecoinfo_anf/ecoconception_logicielle/pyfiles/  
vi main1D_cbv2.py  
  
# mesh cells in x-direction
```

M	Précision	Temps CPU (secondes)
1000	2,22E-05	0.062
10000	7,07E-07	0,9
100000	2,24E-08	7,53
1000000	1,068E-09	97

[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/blob/master/tp/2.2\\_langages\\_et\\_algos/TP\\_ANF2019.pdf](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/blob/master/tp/2.2_langages_et_algos/TP_ANF2019.pdf)

## 5 Impact de Docker et Intégration continue (EXTRA)

L'utilisation des technologies de container (Docker) et de l'intégration continue sont très 'à la mode' ...

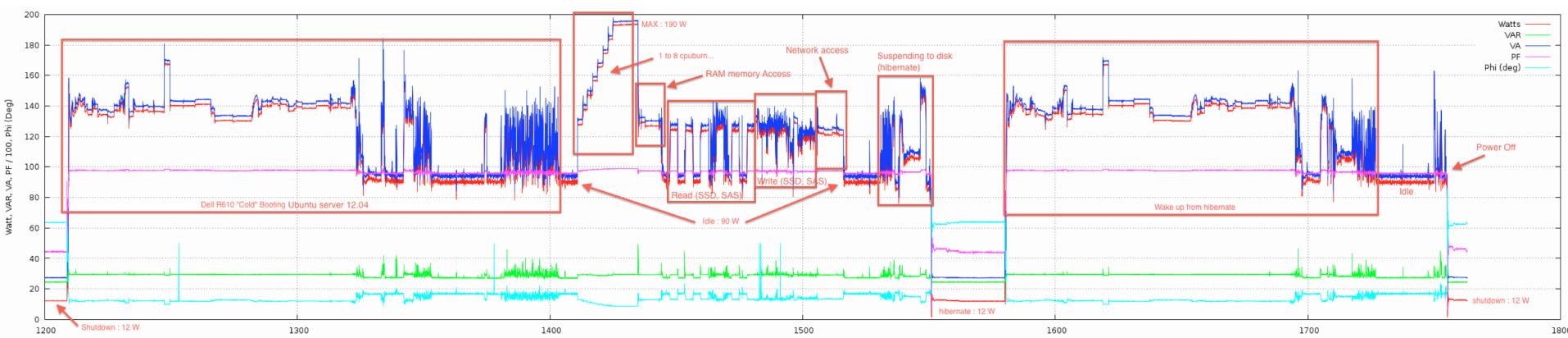
Tous les codes des TPs EcoConception logicielle sont gérés dans un dépôt gitlab sur la forge GRICAD (U.G.A).

Ces codes ont été préparés pour fonctionner sur un serveur Ubuntu 18.04 et Docker a été utilisé pour valider le bon fonctionnement (tests d'intégration).

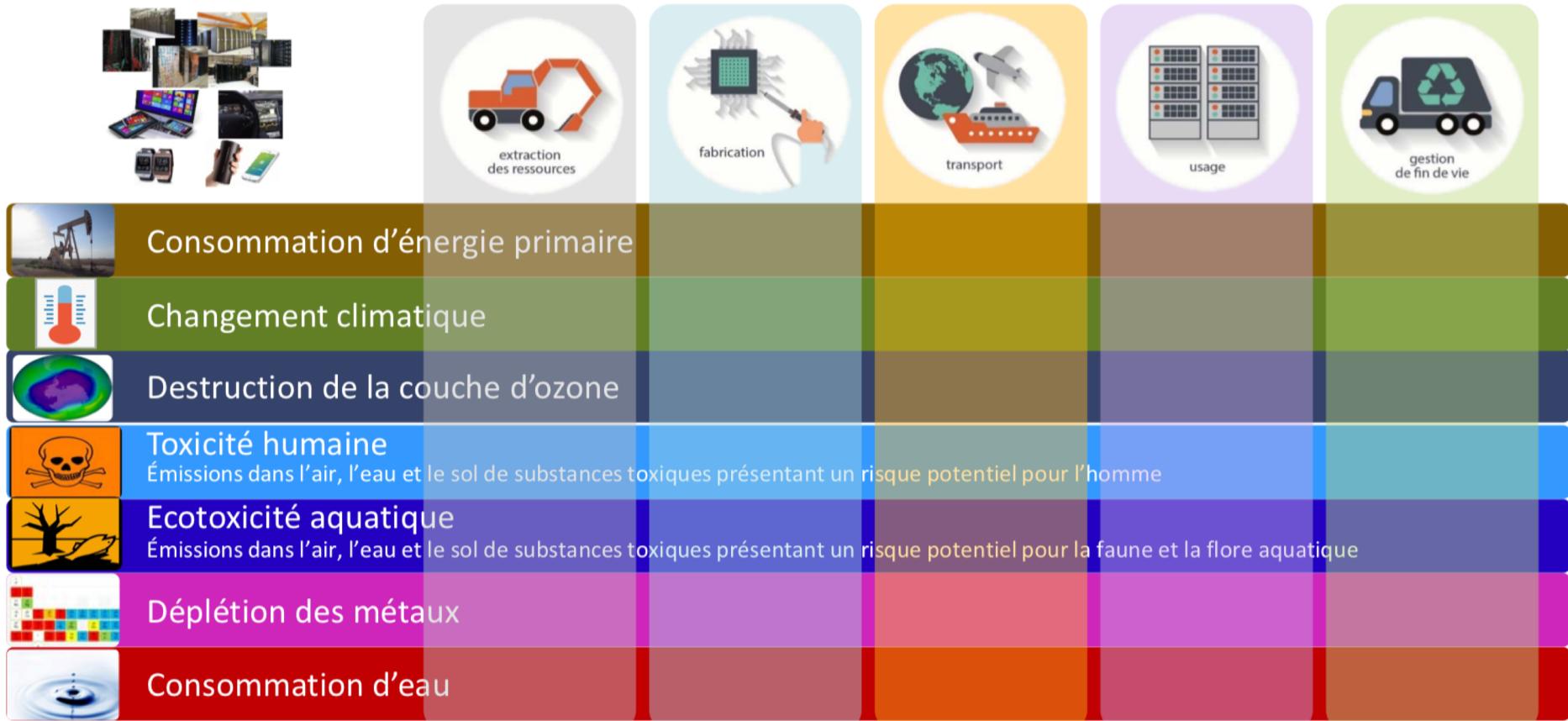
A vous d'essayer : pas testés lors du TP !

Extrait de

[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/blob/master/slides/ANF\\_2019\\_Autrans\\_EcoInfo\\_Laurent\\_Lefevre.pdf](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/blob/master/slides/ANF_2019_Autrans_EcoInfo_Laurent_Lefevre.pdf)



Dell R610 - Zimmer LMG450



Ref : J. Combaz [https://ecoinfo.cnrs.fr/wp-content/uploads/2019/07/2019-07-04\\_AmiQual4Home\\_nobackup.pdf](https://ecoinfo.cnrs.fr/wp-content/uploads/2019/07/2019-07-04_AmiQual4Home_nobackup.pdf)

C'est bien le temps CPU qui consomme le plus d'énergie,  
MAIS : conso idle très importante

Optimisation pour lancer plus de jobs ou bien pour réduire la consommation ?

Eteignez vos machines (ou mode hibernate) quand vous ne les utilisez pas !



Avis aux amateurs : ANF Ecoinfo l'année prochaine

[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/  
blob/master/slides/ANF\\_2019\\_Autrans\\_EcoInfo\\_Laurent\\_Lefevre.pdf](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/blob/master/slides/ANF_2019_Autrans_EcoInfo_Laurent_Lefevre.pdf)

[https://www.editions-eyrolles.com/Livre/9782212678062/ecoconception-  
web-les-115-bonnes-pratiques](https://www.editions-eyrolles.com/Livre/9782212678062/ecoconception-web-les-115-bonnes-pratiques)

<https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2018/11/Rapport-final-v8-WEB.pdf>

<https://ecoinfo.cnrs.fr/2015/01/22/communications/>

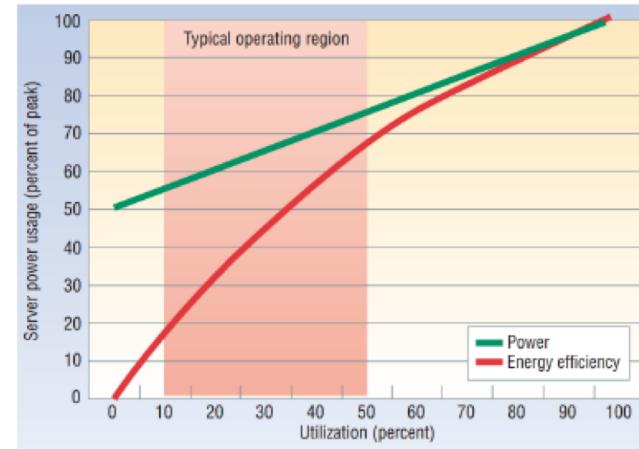
<https://www.greenit.fr>

<https://labos1point5.org>

## Pas/Peu de Proportionalité Energétique

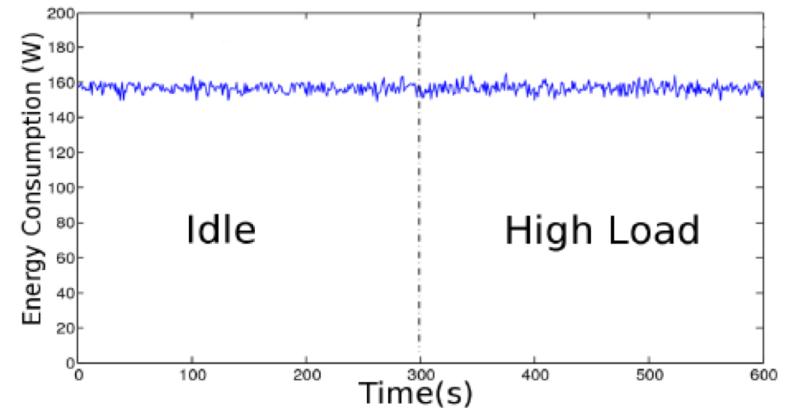
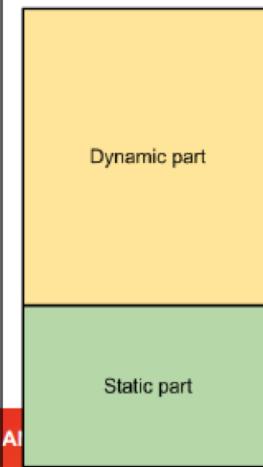
*Luiz André Barroso and Urs Hözle, « The case for Energy-Proportional Computing », IEEE Computer, 2007*

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



Réseau : consommation constante insensible à

l'usage



- 15

Extrait de

[https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo\\_anf/blob/master/slides/ANF\\_2019\\_Autrans\\_EcoInfo\\_Laurent\\_Lefevre.pdf](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/bonamyc/ecoinfo_anf/blob/master/slides/ANF_2019_Autrans_EcoInfo_Laurent_Lefevre.pdf)