

Futurs du calcul numérique

Pierre Marchand
Victor Réville

Les simulations en France

Centres de calcul

Centres nationaux :

- CINES (Adastra)
 - IDRIS (Jean Zay)
 - TGCC (Joliot-Curie/Irene)
- + > 40 mésocentres

Total des installations

- Cœurs de calcul : ~ 800 k
 - GPU : ~ 5500
 - Puissance : ~ 830 PFlop
 - Stockage : ~ 250 Po
 - Heures.cpu : ~ 2 Md
- Mésocentres ~ 20%

Astrophysique @GENCI (2019) : ~14% du total → **280 M heures.cpu**

Sources :

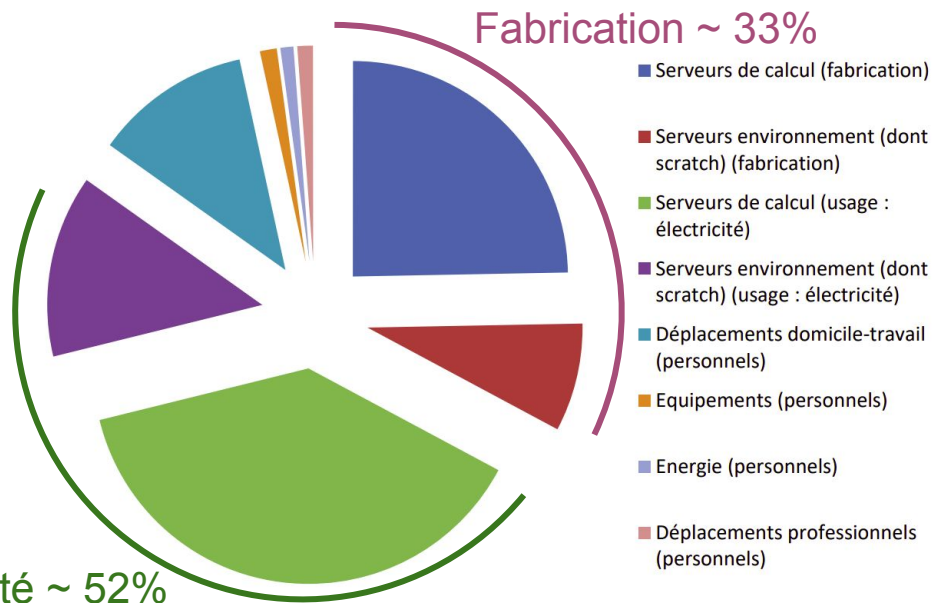
GENCI (<https://www.genci.fr/fr/content/calculateurs-et-centres-de-calcul>, <https://www.genci.fr/fr/content/bilan-des-campagnes>)

Groupe Calcul CNRS (https://calcul.math.cnrs.fr/pages/mesocentres_en_france.html#groupe-calcul-et-les-mesocentres)

L'impact carbone des simulations

Le calcul

Analyse cycle de vie mésocentre GRICAD (Grenoble)



Électricité : 108 gCO₂ / kWh

Taux d'utilisation : 72 %

Efficacité énergétique (PUE) : 1.4

**Sur cycle de vie
1 heure.cpu ~ 5 gCO₂**

200 000 heures.cpu

~ 1 tCO₂

~ 1 A/R Paris-New York

Sources :

Berthoud et al. (2020) (<https://hal.science/hal-02549565v4>)

L'impact carbone des simulations

Le stockage et le transfert

Transfert de données

Réseau RENATER

Orsay - Jussieu : 0.5 gCO₂ / Go

Orsay - Montpellier : 1.4 gCO₂ / Go

Domestique : ~ 10 gCO₂ / Go

A/R Paris - Montpellier TGV

~ 6.8 kgCO₂ → ~ 5 To

Stockage de données

Stockage "Chaud"

100 - 1000 gCO₂ / Go / an

GENCI : ~ 13 To / Mh

Exemple

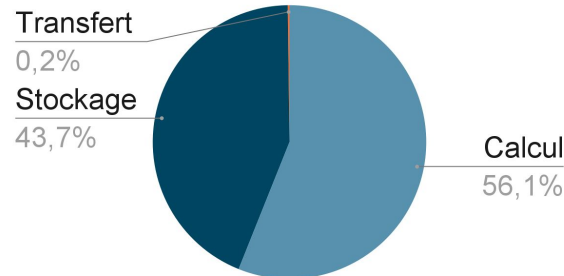
Allocation GENCI :

1 Mh.cpu

13 To transférés

1 an de stockage

Empreinte carbone simulation hpc



Sources :

Renater (https://www.renater.fr/wp-content/uploads/2022/01/empreinte_carbone_transport_donnees_renater_comprese.pdf)

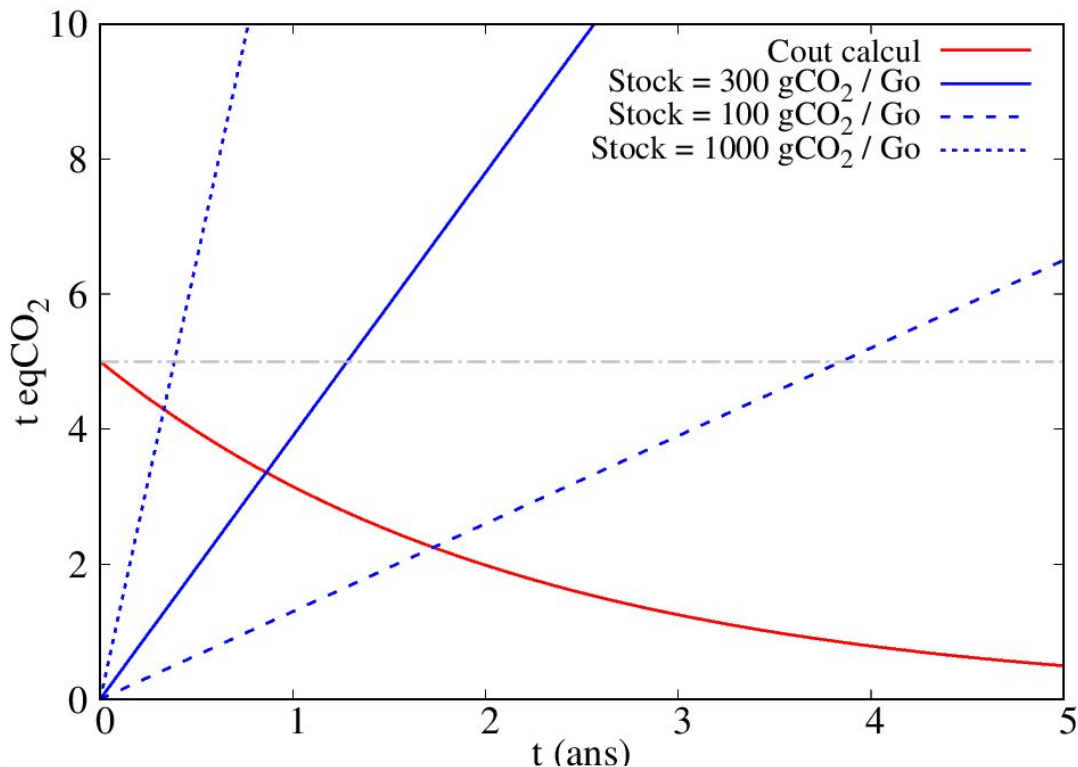
Obringer et al. 2021 (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344920307072?via%3Dihub>)

Stanford university (<https://stanfordmag.org/contents/carbon-and-the-cloud>)

Stocker vs Refaire

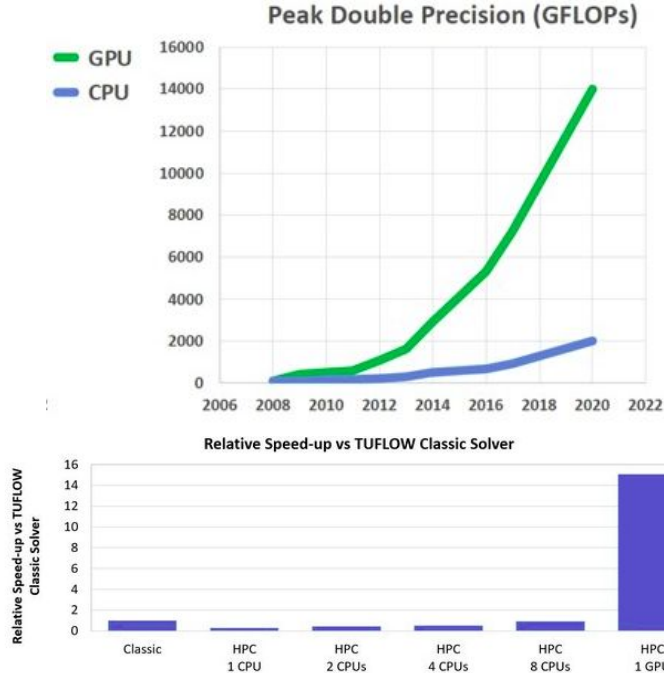
Hypothèses

- Coût CO_2 / 2 tous les 18 mois (“Loi de Moore”)
- 1 Million h.cpu
- 13 To de stockage



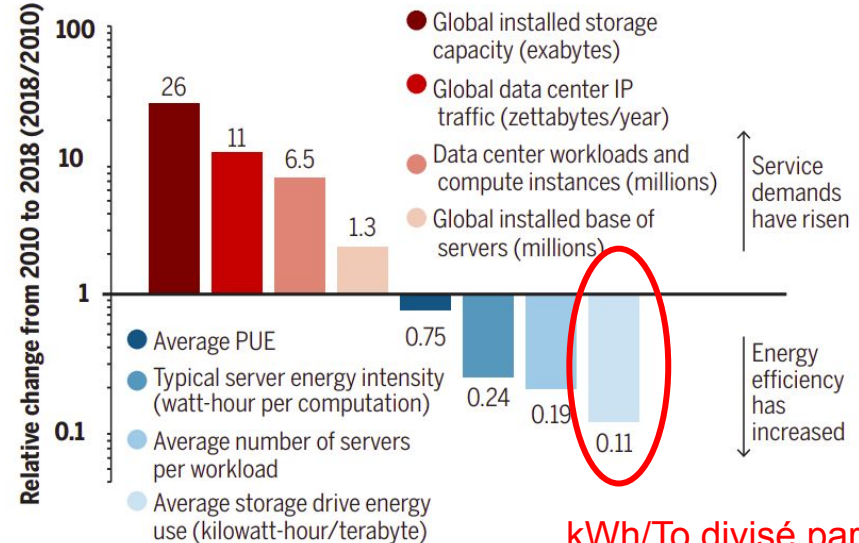
Perspectives

CPU vs GPU



Efficacité énergétique croissante

Trends in global data center energy-use drivers



kWh/To divisé par 9
(2010-2018)

Sources :

Vincent Natoli (<https://www.nextplatform.com/2019/07/10/a-decade-of-accelerated-computing-augurs-well-for-gpus/>)

TUFLOW benchmark (https://wiki.tuflow.com/index.php?title=Hardware_Benchmarking_Topic_HPC_on_CPU_vs_GPU)

Masanet et al. (2020) (https://datacenters.lbl.gov/sites/default/files/Masanet_et_al_Science_2020.full_.pdf)

Bonnes pratiques / pistes

Efficacité

- Électricité française
- Scalabilité du code
- Optimisation (ex : langage compilé)
- Tests unitaires
- Stockage le + froid possible
- Stocker vs refaire
- GPU

Sobriété

- Simulations plus “simples”
- Dimension réduite
- Modèles analytiques
- Non-utilisation des heures
- Effet rebond !!