

GRICAD, UNE APPROCHE INTÉGRÉE DE L'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE

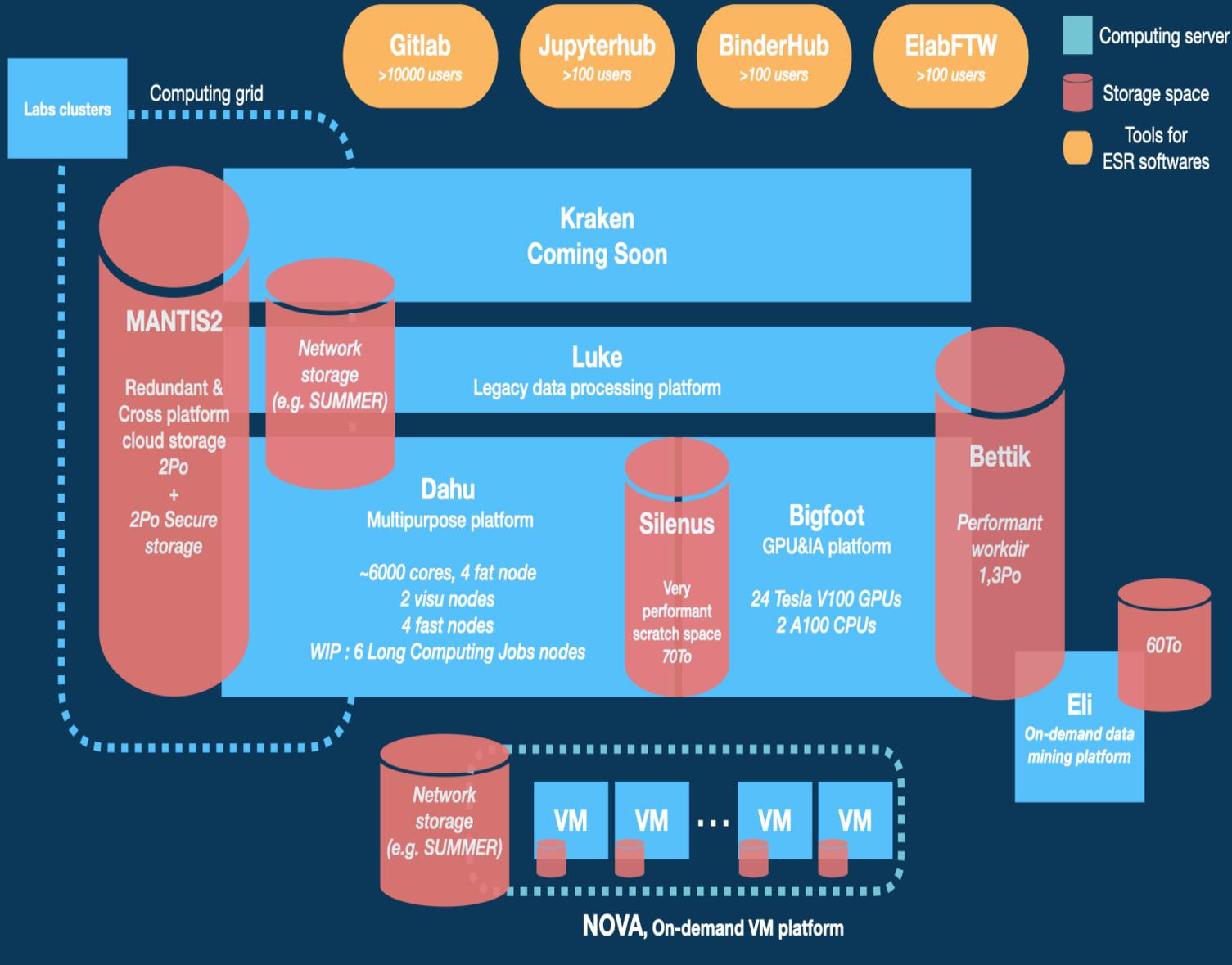
Bruno Bzeznik - GRICAD

2025-03-17

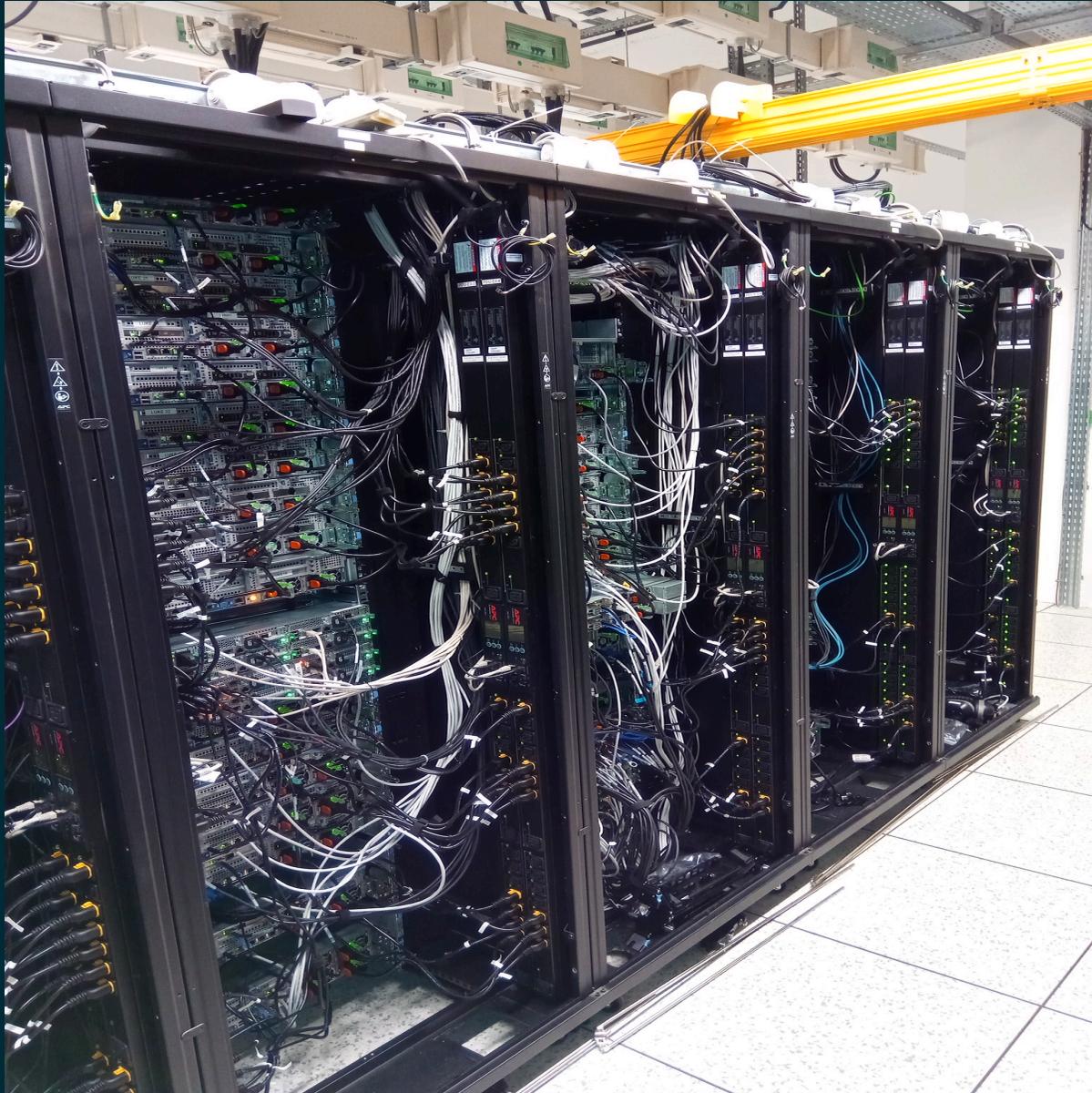
Journée Énergie, infrastructure et calcul, quel
équilibre? (CINES)

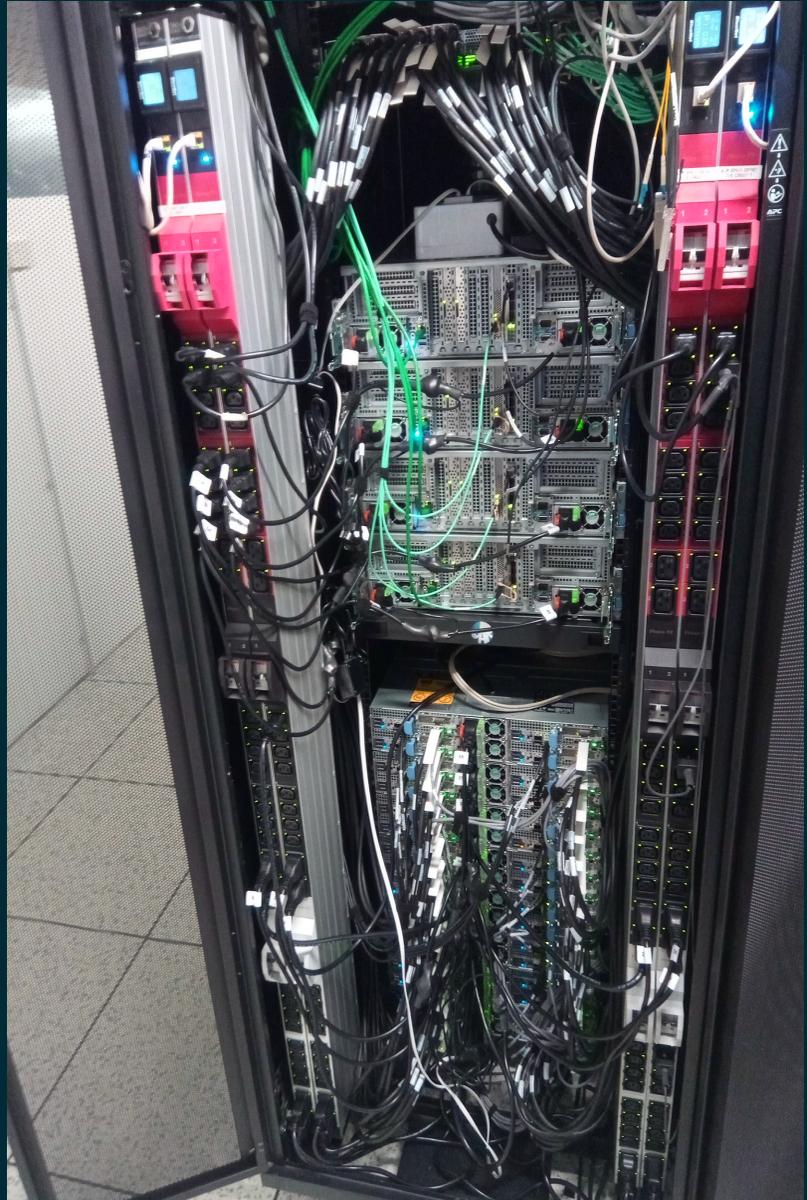
GRICAD

MESOCENTRE DE CALCUL DE GRENOBLE



- ~8000 cores + 11000 cores en juin 2025)
- 46 GPUS (V100 et A100) + 28 H100 en juin 2025
- 3.5 Po de stockage à haute performance
- ~ 600 utilisateurs actifs





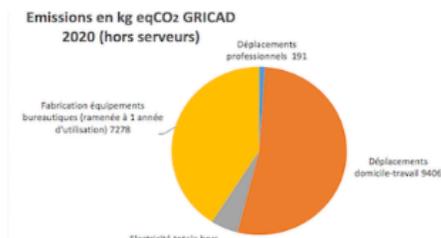
Vers une unité durable

GRICAD s'engage dans une démarche de réduction de son impact environnemental.

Alors que la demande en services augmente, tant du côté du calcul que du traitement des données, les contraintes environnementales se resserrent.

GRICAD s'engage dans une démarche de réduction de son propre impact environnemental à travers sa [charte éco-responsable](#), et s'engage également à réduire les impacts environnementaux des services numériques de calcul, de stockage etc.

Nous avons décidé d'informer les utilisateurs sur le bilan CO2 des services que nous rendons.

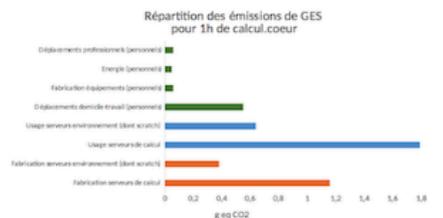


Bilan CO2

128371

kg éq. CO₂

le [bilan CO2 2020](#) de l'unité selon la méthodologie proposée par le [collectif Labo1.5](#) et notre propre méthodologie

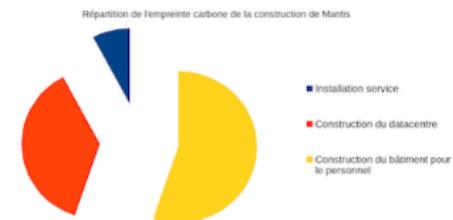


Empreinte carbone calcul

≈ 5

g CO₂e

l'estimation de l'empreinte carbone d'une heure.coeur de calcul, [article disponible sur HAL](#)



Empreinte carbone stockage

> 11

g CO₂e

l'estimation de l'empreinte carbone du stockage de 1Go de données par an, [article disponible sur HAL](#)

HISTOIRE DES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE DANS LE CALCUL À GRENOBLE

Economies d'énergie, mais pas que...

1998

Creation de CIMENT: un effort de mutualisation au sein de l'Université Joseph Fourier pour mettre en commun des moyens de calcul. La problématique de l'énergie commence déjà à apparaître, avec le besoin de raccorder électriquement des équipements puissants.

2000 - 2006

Mise en place de critères d'éco-responsabilité dans les appels d'offre de CIMENT

2006

Création d'EcoInfo (devenu GDS en 2012)

2008

Développement du standby des noeuds de calcul dans
OAR (notre batch-scheduler)

2009

JRES - "OAR" mentionne la gestion de l'énergie
(extinction auto des noeuds de calcul)

2011

JRES - Poster "Frigid'R : une salle machine sans clim,
Freecooling extrême"

JRES - "Des hommes, des serveurs, une planète : vers
une infrastructure mutualisée éco-responsable"

2013

JRES - "EcoClim - Refroidir sans gaspiller" (B.
Boutherin - LPSC)



Froggy: un supercalculateur refroidi avec de l'eau tiède (Université de Grenoble)

10
SEP
2014

Bruno
Bzeznek

Datacentres



Le calcul intensif à l'Université Joseph Fourier

L'université Joseph Fourier, à Grenoble, fournit à ses chercheurs des outils pour le calcul à haute performance (HPC) via le mésocentre de calcul **CIMENT (Calcul Intensif Modélisation, Expérimentation Numérique et Technologique)** et MaiMoSINE (Maison de la Modélisation et de la Simulation, Nanosciences et Environnement)

Le calcul intensif nécessite de mettre en place des ordinateurs ultra puissants qui ont

l'inconvénient de consommer beaucoup d'énergie et par conséquent de chauffer énormément. L'efficacité énergétique est donc un aspect important

2013

Mise en production d'une des premières machines françaises (Froggy) à refroidissement liquide direct à eau chaude (30/35 degrés) affichant un PUE de 1.08 sur la partie compute.

<https://ecoinfo.cnrs.fr/2014/09/10/froggy-un-supercalculateur-refroidi-avec-de-leau-tiede-universite-de-grenoble>

2014

Démarrage du projet "Luke": un cluster de calcul / traitement de données, *hétérogène* pour **mutualiser** des ressources des laboratoires

2016

Ouverture du datacentre "DC-IMAG": un PUE ~ 1.4
avec une part de freecooling Air et géothermie
exploitant l'eau de nappe.

Création de GRICAD pour aller plus loin dans la
mutualisation en reprenant le modèle CIMENT

2018

Lancement du cluster "Dahu": un cluster de calcul / traitement de données, *homogène co-financé* par les laboratoires et l'UGA



GRENOBLE ALPES
RECHERCHE

INFRASTRUCTURE DE
CALCUL INTENSIF
ET DE DONNÉES

<https://gricad.univ-grenoble-alpes.fr>

Empreinte environnementale du numérique Estimation d'une heure.coeur de calcul

Étude disponible sur HAL

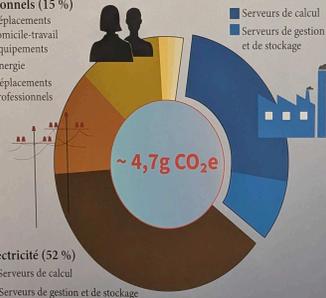
Contact : gricad-contact@univ-grenoble-alpes.fr

Coût global 1 heure.coeur : cas de Dahu

Usages (67 %)

Personnels (15 %)

- Déplacements domicile-travail
- Équipements
- Énergie
- Déplacements professionnels



Électricité (52 %)

- Serveurs de calcul
- Serveurs de gestion et de stockage

Fabrication (33 %) et transport

- Serveurs de calcul
- Serveurs de gestion et de stockage

Données d'entrée

- * Durée de vie des équipements : 7 ans
- * Facteur d'émission électricité : 0,108 kg CO₂e/kWh
- * Taux d'utilisation moyen cluster : 72%
- * PUE¹ = 1,4

Coût global 1 heure.coeur

4,7 g CO₂e

Gricad (2019) - Dahu

8 millions heures.coeur

~ 40 tonnes CO₂e

Leviers de réduction des GES²

- * Réduction du PUE¹
- * Adéquation du dimensionnement infrastructure/calculs
- * Augmentation de la durée de vie des équipements
- * Électricité faiblement émettrice en GES³

1 tonne CO₂e

- ✈ 1 aller-retour Paris/New-York
ou
- 🐄 200 g/jour de viande bovine française pendant un an
ou
- 👤 Quantité maximale qu'un Terrien doit émettre durant 4 à 6 mois pour respecter les accords de Paris

1. PUE : Power Usage Effectiveness, indicateur d'efficacité énergétique

2. GES : Gaz à effet de serre



2020

"Estimation de l'empreinte carbone d'une heure.coeur de calcul"

Mise en place des dashboards de suivi de l'empreinte carbone des jobs de calcul

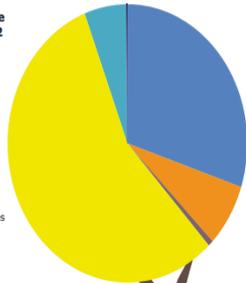


Charte éco-responsable

GRICAD propose des services numériques à la communauté scientifique grenobloise.
Dans le contexte de la crise environnementale et de la nécessité de réduire de moitié nos émissions de gaz à effet de serre (GES) à l'échéance de 2030,
nous nous engageons à :

Émission de gaz à effet de serre de GRICAD 2020 en Kg éq. CO2
Total = 128 371⁽¹⁾

- Électricité serveurs
- Électricité équipements bureautiques
- Déplacements domicile-travail
- Fabrication serveurs (ramenée à 1 année d'utilisation)
- Déplacements professionnels
- Fabrication équipements bureautiques (ramenée à 1 année d'utilisation)



Impact carbone calculé en gCO2 :
 1 repas à base de bœuf = 12,5 repas végétarien⁽²⁾



Moments conviviaux

- Adopter des buffets végétariens à l'occasion des événements ouverts à l'extérieur de l'unité
- Pour les achats alimentaires, choisir des filières locales et/ou biologiques

Communication

- Communiquer une fois tous les 3 ans sur les émissions de gaz à effet de serre de l'unité
- Informers les utilisateurs des services sur leur bilan annuel de gaz à effet de serre
- Former et sensibiliser les utilisateurs pour une utilisation rationnelle des services en fonction de leurs besoins

Équipements informatiques

Sobriété

- Limiter le nombre d'équipements par personne : un portable ou un PC fixe, un écran au bureau et à domicile (en cas de besoins spécifiques, un deuxième écran pour le bureau)
- Limiter la taille des écrans à 27" ou équivalent en surface

Acquisition de matériels

- Acquérir des équipements soit dans le cadre de MatInfo5, soit en respectant les contraintes environnementales imposées dans le cadre du marché MatInfo5 (cf. annexe)
- Choisir les garanties maximales proposées par le constructeur
- Choisir des alimentations 80+ titanium

Utilisation des équipements

- Mettre en œuvre tout dispositif (matériel, logiciel) visant à éteindre les équipements non utilisés
- Prolonger autant que possible la durée de vie des équipements
- Mettre en œuvre une politique de réduction des données obsolètes ou orphelines

Gestion des déchets

- Trier nos déchets
- Se conformer à la politique du campus pour la gestion des équipements informatiques en fin de vie
- Chercher par tous les moyens à donner une seconde vie aux serveurs

Missions

- Recourir à la visio lorsque cela est compatible avec l'objet de la mission
- Recourir à des moyens de transport faiblement impactants

Impact carbone calculé en Kg éq. CO2



1 trajet Lyon-Nantes en avion
 =
 22 trajets Lyon-Nantes en train⁽³⁾

Fournitures

- Faire preuve de sobriété (fournitures, mobilier)
- Ne plus proposer de goodies
- Choisir des fournitures bureautiques de préférence avec des matériaux écologiques et durables
- Refuser les dépenses de confort, notamment sur les fins de crédit



2021

Mise en place de la charte éco-responsable validée par le personnel de GRICAD

2022

"Estimation de l'empreinte carbone du stockage de données"

GRICAD GRENOBLE ALPES RECHERCHE

INFRASTRUCTURE DE CALCUL INTENSIF ET DE DONNÉES

<https://gricad.univ-grenoble-alpes.fr>

Empreinte environnementale du numérique

Estimation d'un Go.an de stockage

Etude disponible sur HAL

Contact : gricad-contact@univ-grenoble-alpes.fr

Coût global 1 Go.an : cas de Bettik

Usages (60%)

- Maintenance (11%)
 - Déplacements domicile-travail
 - Construction bâtiment
 - Dépannage matériel
 - Équipements bureautique
 - Consommation électrique
- Électricité (49%)
 - Serveurs et switchs

Fabrication (40%) et transport

- Serveurs et switchs
- Construction et mise en service du datacenter

~ 12,3 g CO₂e

Données d'entrée

- * Durée de vie des équipements : 7 ans
- * Facteur d'émission électricité : 0,108 kg CO₂e/kWh
- * Taux d'utilisation moyen du serveur de stockage : 57%
- * PUE* = 1,4

Coût global 1 Go.an

~ 12,3 g CO₂e

Gricad 2019 - Bettik

1,4 millions Go.an

~ 17 tonnes CO₂e

Coût global 1 Go.an : cas de Summer

Taux d'utilisation 2019 : 26%

~ 38 g CO₂e

Influence du Taux d'utilisation

- 26% → 38 g CO₂e
- 57% → 18 g CO₂e

1 tonne CO₂e

- 1 aller-retour Paris/New-York
- OU
- 200 g/jour de viande bovine française pendant un an
- OU
- Quantité maximale qu'un Terrien doit émettre durant 4 à 6 mois pour respecter les accords de Paris

* PUE : Power Usage Effectiveness, indicateur d'efficacité énergétique

UGA Université Grenoble Alpes | CNRS | Grenoble Alpes | UGA | Inria

2023

Prix du Code of Conduct Datacentres 2023 remis à l'UGA pour son DC-IMAG (le datacentre exploité par GRICAD)





2025

Mise en production d'un datacentre "Container" spécifique pour machines de calcul DLC de GRICAD (nouveau supercalculateur Kraken et partition cloud de Mesonet)

PUE espéré < 1.2 et WUE < ?

BONNES PRATIQUES

MUTUALISATION

La mutualisation et le co-financement des infrastructures sont des moyens très efficaces pour optimiser les impacts:

- Rassembler les serveurs dans des datacentres efficaces
- Partager des infrastructures
- Eviter la sous-utilisation

ALIMENTATION ELECTRIQUE

- Contraintes:
 - Un serveur comprenant 4 GPU modernes dans 1U consomme plus de 4000 watts!
 - Jusqu'à 150 kW dans un seul rack!

- Conséquence:

- On évite en général d'onduler la totalité de l'infra -> seulement les frontales et noeuds de stockage (moins de batteries, moins de surconsommation)
 - Impact sur le "walltime" (temps maximum des jobs autorisé)
- Limiter *l'effet rebond*... A puissance électrique égale, on peut avoir de plus en plus de machines pour de plus en plus de puissance... donc de plus en plus d'impact

REFROIDISSEMENT

- Les systèmes à haute performance sont souvent à traiter à part des systèmes plus classiques: zone de datacentre dédiée, plus chaude, puissance électrique plus importante, débit d'air ou eau plus important, cloisonnement plus exigeant, etc...
- Refroidissement liquide à eau tiède:
 - Efficacité énergétique du refroidissement ($PUE < 1.1$)
 - Refroidissement liquide devenu indispensable avec les processeurs et GPU récentes
- Freecooling "Air" pour les machines de service quand c'est possible

L'IA ET L'ENVIRONNEMENT

- L'IA a un impact fort sur l'environnement: fabrication des serveurs qui ont un cycle de vie très court et consommation excessive d'électricité et d'eau
- Contribue à accélérer la production (impacts indirects)
- Cout énergétique et bonnes pratiques:
 - <https://ecoinfo.cnrs.fr/2021/06/12/consommation-energetique-de-lutilisation-de-lia/>
 - <https://hal.science/hal-03853135>
 - JRAF: Recherche en apprentissage frugal <https://jraf-2023.sciencesconf.org/>



ACHATS

- L'impact environnemental n'est pas juste liée à la phase d'usage: la fabrication du matériel
 - Nécessite aussi beaucoup d'énergie, parfois plus que ce que le serveur va consommer pendant sa durée de vie
 - Nécessite l'utilisation de nombreuses matières premières
 - Génère et entretient des conflits (extraction de terres rares, exploitation d'enfants dans des mines, viol comme arme de guerre [1], etc...

[1] Discours du Dr Denis Mukwege, prix nobel de la paix 2018

ACHATS (SUITE)

Exiger, lors des négociations / appels d'offre:

- Alimentations 80+ Titanium mini
- T° de fonctionnement élevées (derniers standards ASHRAE)
- standards à exiger: TCO, EPEAT
- Demander l'empreinte carbone (extraction des matières premières + fabrication + transports)
- Demander une estimation du PUE de la solution + son infra
- Exiger des garanties 7 ans ou plus, et une réparabilité au delà la garantie

ou acheter dans Matinfo ou à défaut suivre les mêmes critères

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

- Construire l'infra de refroidissement la plus adaptée et la plus économe possible:
 - Au fonctionnement (PUE optimisé, viser < 1.1)
 - A la fabrication: attention aux groupes froids classiques qui utilisent des gaz dont l'impact environnemental est élevé
 - En eau: attention aux groupes froid qui utilisent de l'eau
- Viser des solutions de Free-Cooling direct (à air) ou indirect (à eau tiède, avec tours "Adiabatiques")
- N'utiliser le refroidissement adiabatique que pour refroidir des systèmes DLC à eau tiède (pour éviter une surconsommation d'eau)

IMPORTANCE DE L'ACCOUNTING ET DE L'INVENTAIRE

L'accounting de toutes les métriques de consommation d'énergie des *matériels informatiques ET des infrastructures non informatiques* (systèmes de refroidissement, PDU intelligentes, onduleurs, etc...) va vous permettre de suivre les évolutions de vos impacts environnementaux en fonction du temps.

L'inventaire précis de vos équipements va vous permettre de faire le bilan de l'impact de la fabrication de vos équipements.

IMPLIQUER L'HUMAIN

Un exemple simple: en 2011, lorsque nous avons créé "Frigid'r", nous avons discuté avec les utilisateurs de la plateforme concernée (Observatoire de Grenoble) pour leur demander de bien vouloir agir pour l'environnement en acceptant que la machine de calcul puisse être "éteinte" durant certaines périodes de la journée en plein été lorsque le refroidissement à air direct n'était plus possible.

C'est grâce à ce compromis qu'on a pu faire un système sans climatisation et sans eau.

Les choix dans le design et la construction des plateformes orientent directement les impacts obtenus, ce n'est pas qu'au "consommateur / usager" d'agir.

QUESTIONS ?

- Bruno.Bzeznik@univ-grenoble-alpes.fr