



Intel RAPL - Ses impacts sur l'infrastructure et son utilisation comme levier énergétique

Thomas Stavis, Laurent Lefèvre, Anne-Cécile Orgerie

► To cite this version:

Thomas Stavis, Laurent Lefèvre, Anne-Cécile Orgerie. Intel RAPL - Ses impacts sur l'infrastructure et son utilisation comme levier énergétique. GreenDays 2026, Mar 2026, Sophia Antipolis, France. hal-05548910

HAL Id: hal-05548910

<https://hal.science/hal-05548910v1>

Submitted on 12 Mar 2026

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License

Intel RAPL - Ses impacts sur l'infrastructure et son utilisation comme levier énergétique

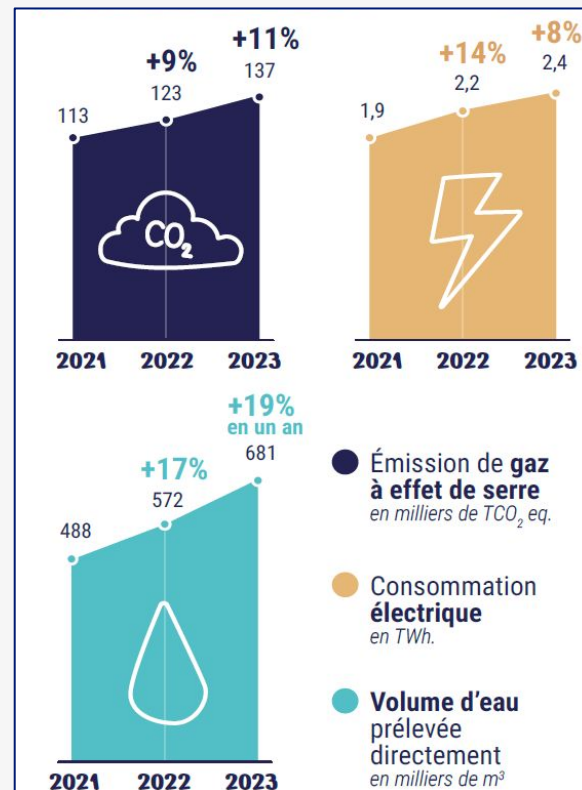
Greendays 2026



◆ Thomas Stavis
• Encadré par Laurent Lefèvre
• Anne-Cécile Orgerie

Contexte

- **Forte augmentation de l'utilisation d'outils numériques depuis des décennies**
 - Sur-consommation énergétique / électrique
 - Pollution eau et air
 - Épuisement des ressources
 - Création de déchets
 - Participation au réchauffement climatique
- **Les centres de données au centre du problème**
 - Socle de la plupart des infrastructures et services numérique
 - Consommation de 3-4 % de l'électricité mondiale en 2030 (IEA 2025)
 - Forte augmentation de la consommation en eau, en électricité et des émissions CO2 (ARCEP 2025)



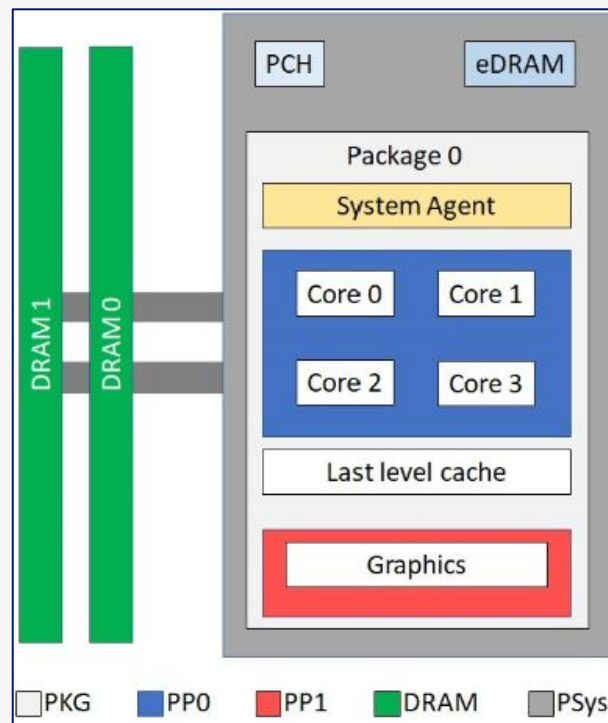
Empreinte des centres de données en France

Contexte

- **Gestion de la consommation électrique de centres de données**
 - Du point de vue du fournisseur
 - Modification du comportement de l'infrastructure
- **Leviers de gestion électrique**
 - Politique d'extinction
 - Sleep states
 - Dynamic Voltage and Frequency Scaling (DVFS)
 - **Intel Running Average Power Limit (RAPL)**
- **Problématiques**
 - *Fonctionnement et validation : Ostapenko et al. 2025*
 - Quels sont ses impacts sur l'infrastructure ?
 - Quid de son utilisation comme levier électrique dans les centres de données

Fonctionnement

- Créé à l'origine pour la mesure électrique
- Outil de limitation de la puissance électrique
 - Limite la quantité d'électricité consommée...
 - ... pour une fenêtre de temps donnée...
 - ... suivant différents domaine de puissance (*Scaphandre 2023*)
- Utilisation de
 - DVFS (*Zhang 2015*)
 - Uncore Frequency Scaling (*Říha 2020*)
 - Sleep / idle states (*Haidar 2019*)



Domaines de puissance d'Intel RAP

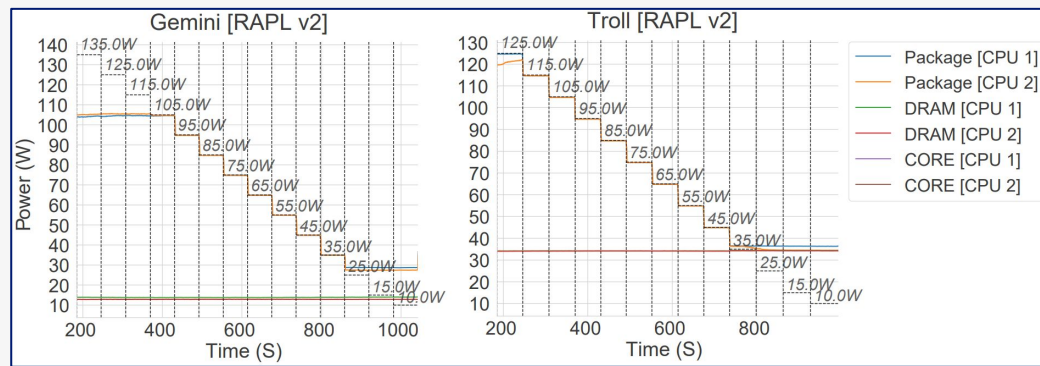
Expérience

- **Infrastructure (Grid'5000 / SLICES-FR)**

- Gemini (Broadwell)
2 x Intel E5-2698 v4, 512 GiB RAM
- Troll (Cascade Lake-SP)
2 x Intel Gold 5218, 1,92 TiB RAM

- **Benchmarks**

- CPU-intensive : NAS EP
- Memory-intensive : STREAM, NAS LU
- Les deux : NAS MG
- NAS LU et NAS MG : comportements égaux mais plus variables



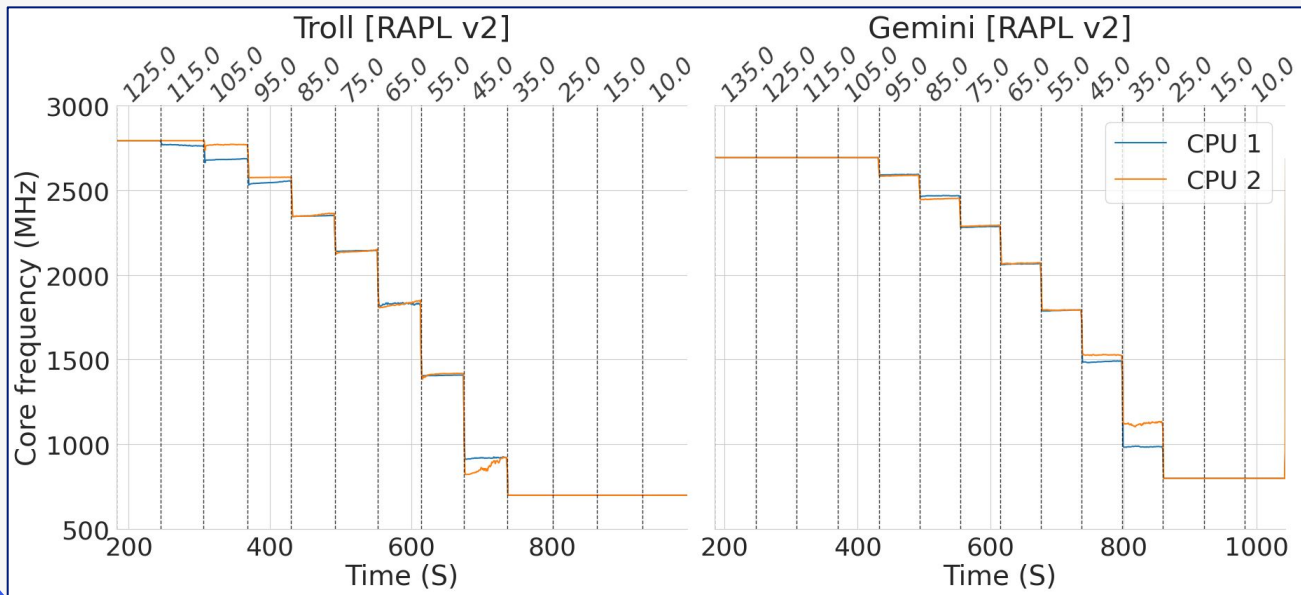
Puissance pour NAS EP (Ostapenko 2025)

- **Mesure**

- Puissance électrique : wattmètre Omegawatt (50 Hz)
- Métriques CPU / mémoire : Likwid-perfctr (1 Hz)



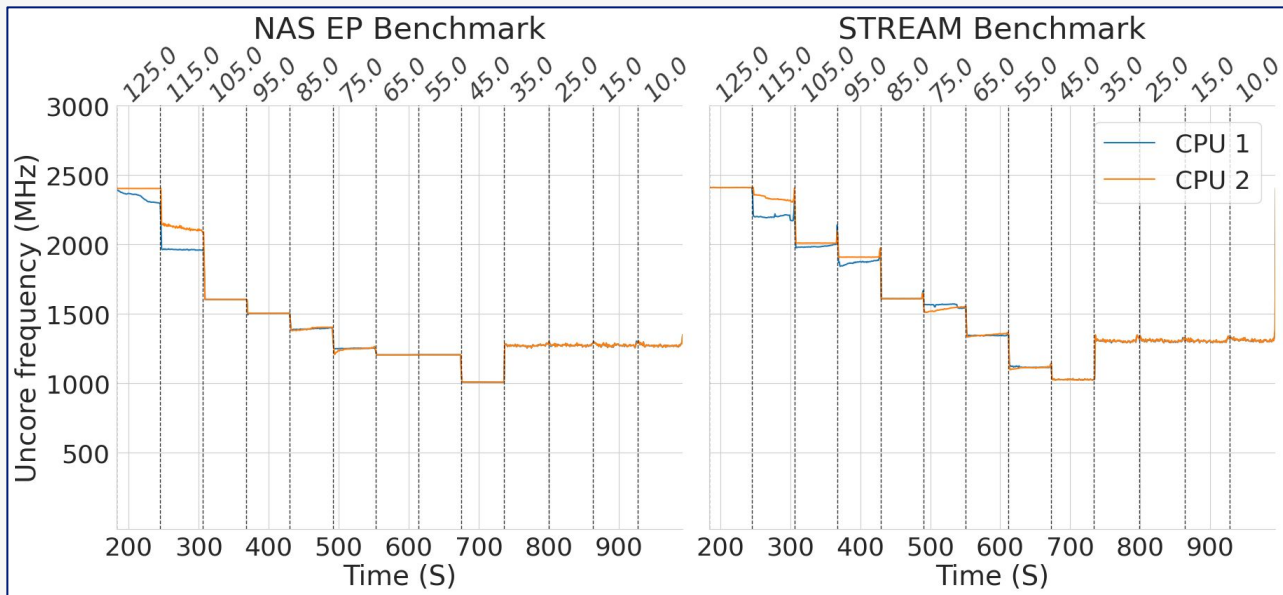
Fréquence Core



Fréquence Core pour NAS EP

- Suit la tendance de la puissance...
- ... mais non linéaire
- Gestion différenciée des 2 CPUs
- Plateaux “hauts” et “bas”
- Memory-intensive : même comportement mais beaucoup plus variable

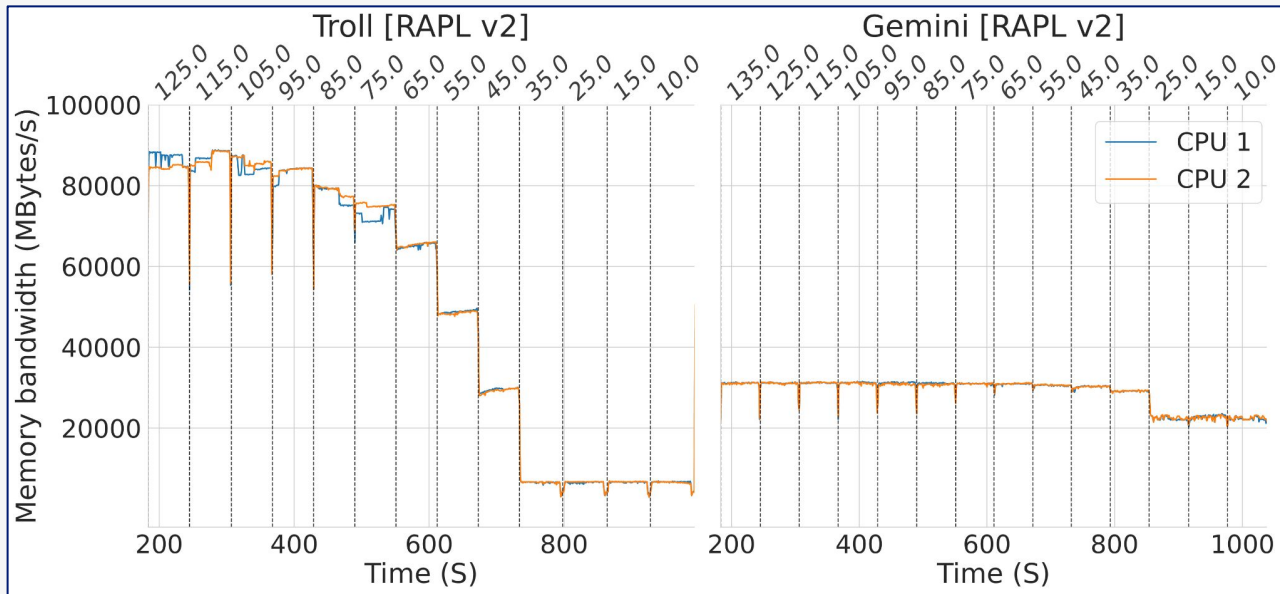
Fréquence Uncore



Fréquence Uncore pour cluster Troll

- Décroît dans les fréquences hautes, ...
- ... stagne, voire croît, dans les fréquences basses...
- ... où cela coïncide avec des réductions plus forte dans la fréquence Core
- Gestion différenciée des 2 CPUs
- Gemini : même comportement

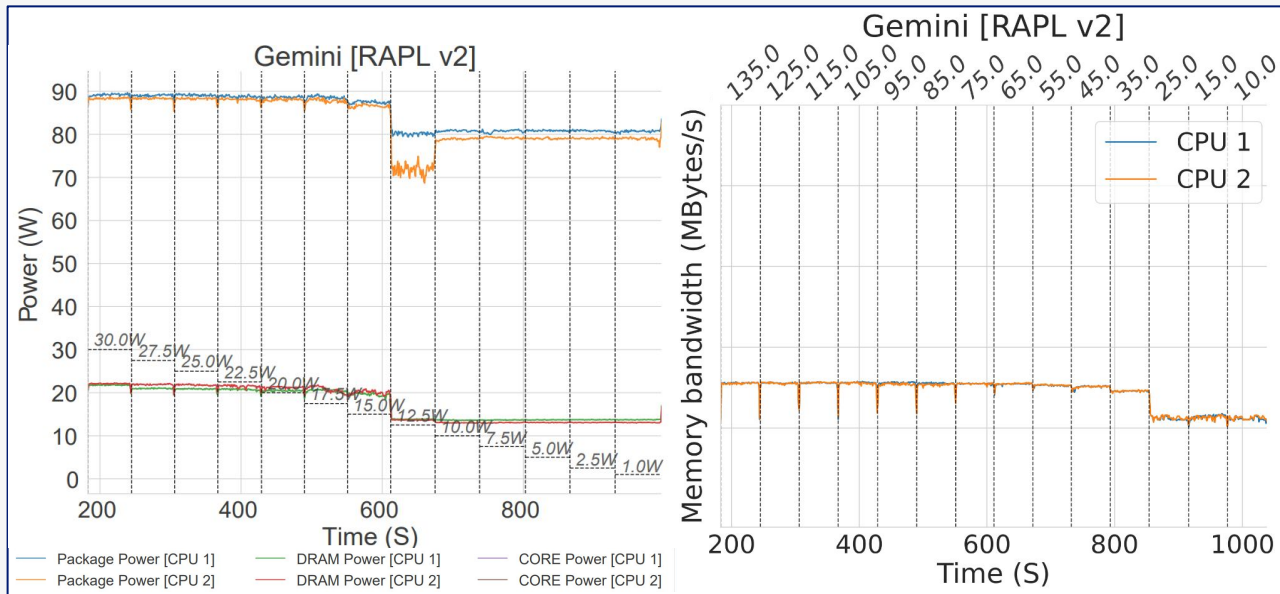
Bande passante



Bande passante pour STREAM

- Troll
 - Suit la fréquence Core
 - Variabilité dans les fréquences hautes

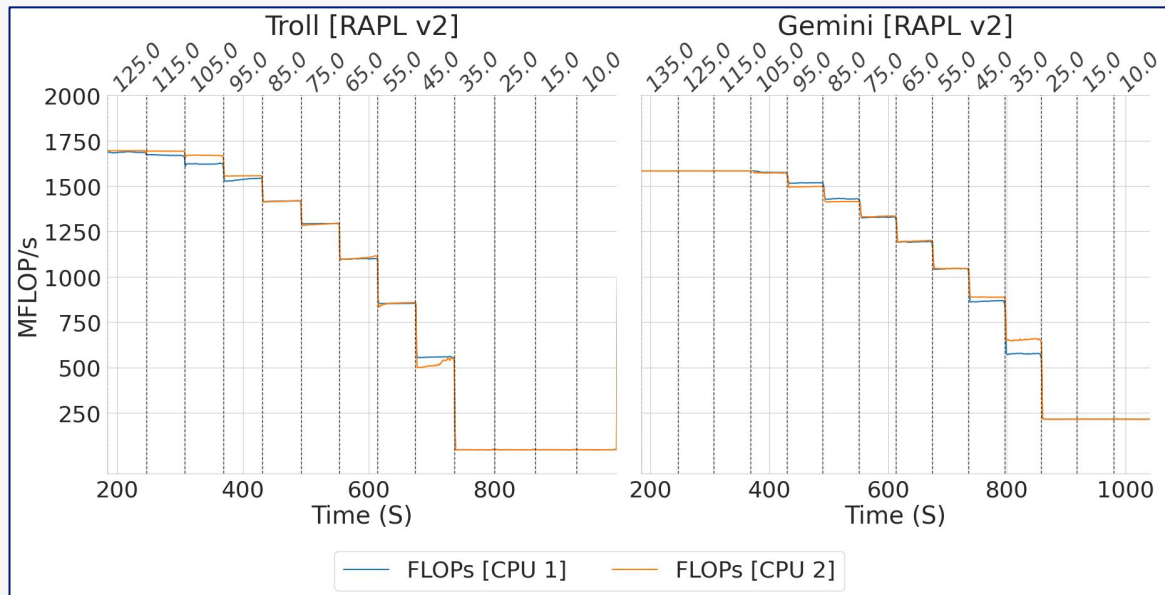
Bande passante



Bande passante et puissance DRAM pour STREAM

- Troll
 - Suit la fréquence Core
 - Variabilité dans les fréquences hautes
- Gemini
 - Deux plateaux
135 W à 25 W (2 x 12,5 W)
25 W à 10 W
 - Similaire à la puissance du package DRAM (non dispo pour Troll)
- Constante pour CPU-intensive

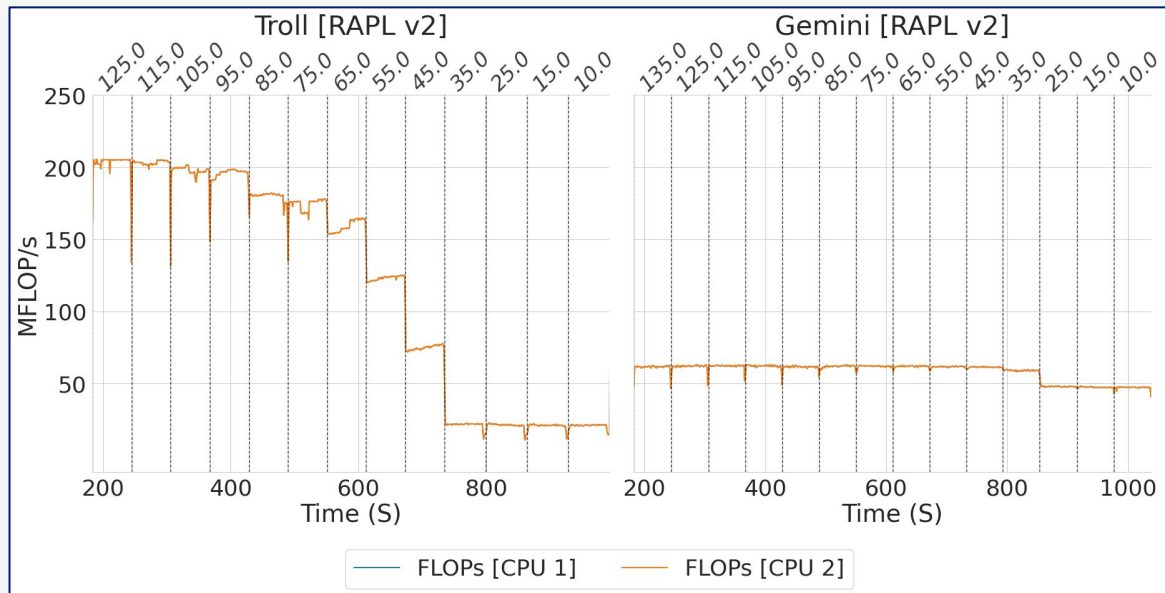
FLOPs



FLOPs pour NAS EP

- Suit la fréquence Core pour CPU-intensive

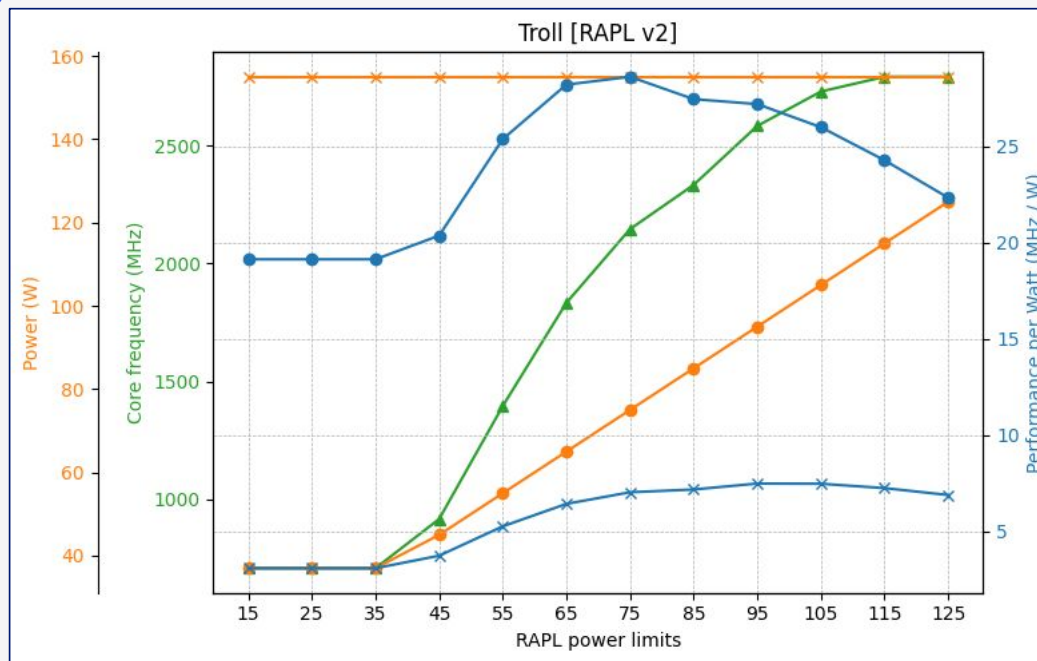
FLOPs



FLOPs pour STREAM

- Suit la fréquence Core pour CPU-intensive
- Suit la bande passante pour memory-intensive

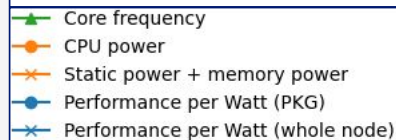
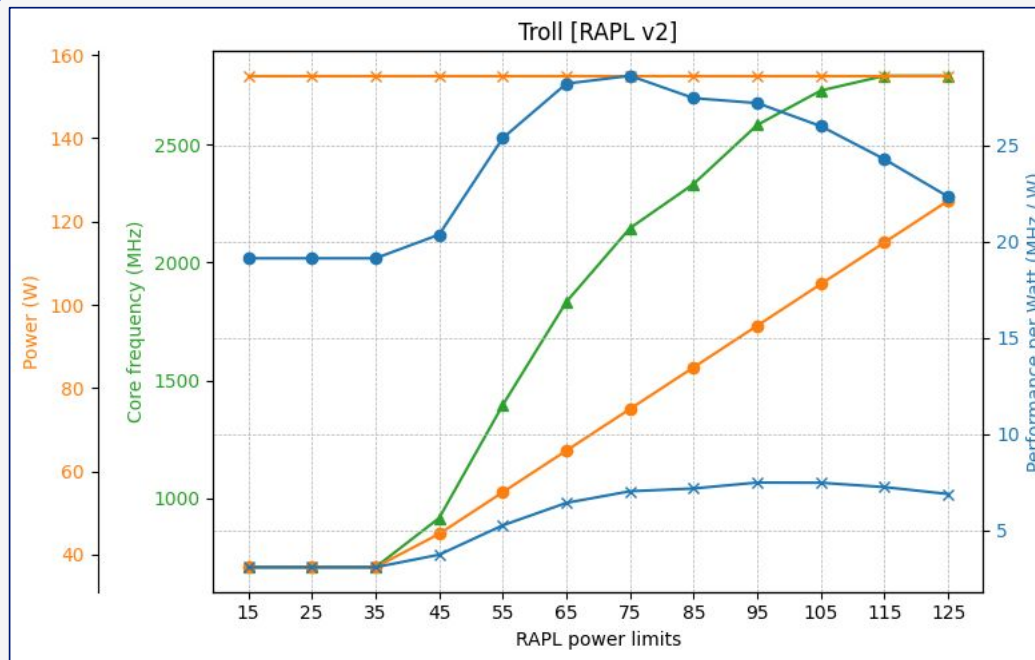
Performance / énergie



- Core frequency
- CPU power
- Static power + memory power
- Performance per Watt (PKG)
- Performance per Watt (whole node)

Performance de NAS EP pour Troll

Performance / énergie



Performance de NAS EP pour Troll

- Pic de performance à 95 W
- Réduction de la puissance de 26%
- Augmentation de la durée du benchmark de 8,5%
- Réduit l'énergie nécessaire au benchmark de 8%
- 95 Watts **moyennement** validé avec l'énergie mesurée



Intel RAPL comme levier énergétique ?

Avantages

Capacité de réduction de la consommation d'énergie totale d'un job

- Pour CPU- comme memory-intensive
- Pour différents clusters
- Réduit aussi la puissance électrique

Inconvénients





Intel RAPL comme levier énergétique ?

Avantages

Capacité de réduction de la consommation d'énergie totale d'un job

- Pour CPU- comme memory-intensive
- Pour différents clusters
- Réduit aussi la puissance électrique

Inconvénients

Demande d'étudier en profondeur la charge de travail dans le cluster

- Des mécanismes complexes et inconnus entrent en jeu
- Algorithme non divulgué

Pour certains cas, Intel RAPL ne réduit pas l'énergie totale

- Contre-exemple de NAS EP pour Gemini





Intel RAPL comme levier énergétique ?

Avantages

Capacité de réduction de la consommation d'énergie totale d'un job

- Pour CPU- comme memory-intensive
- Pour différents clusters
- Réduit aussi la puissance électrique

Inconvénients

Demande d'étudier en profondeur la charge de travail dans le cluster

- Des mécanismes complexes et inconnus entrent en jeu
- Algorithme non divulgué

Pour certains cas, Intel RAPL ne réduit pas l'énergie totale

- Contre-exemple de NAS EP pour Gemini

Augmente la durée des jobs proportionnellement aux FLOPs

- Pénalise les jobs qui consomment le plus d'énergie



Intel RAPL comme levier énergétique ?

Avantages

Capacité de réduction de la consommation d'énergie totale d'un job

- Pour CPU- comme memory-intensive
- Pour différents clusters
- Réduit aussi la puissance électrique

Fonctionne bien pour des charges de travail memory-intensive

- Utilisation privilégiée pour des services à grande échelle dans Cloud (streaming, BDD...) ?

Inconvénients

Demande d'étudier en profondeur la charge de travail dans le cluster

- Des mécanismes complexes et inconnus entrent en jeu
- Algorithme non divulgué

Pour certains cas, Intel RAPL ne réduit pas l'énergie totale

- Contre-exemple de NAS EP pour Gemini

Augmente la durée des jobs proportionnellement aux FLOPs

- Pénalise les jobs qui consomment le plus d'énergie



Intel RAPL comme levier énergétique ?

Avantages

Capacité de réduction de la consommation d'énergie totale d'un job

- Pour CPU- comme memory-intensive
- Pour différents clusters
- Réduit aussi la puissance électrique

Fonctionne bien pour des charges de travail memory-intensive

- Utilisation privilégiée pour des services à grande échelle dans Cloud (streaming, BDD...) ?

Inconvénients

Demande d'étudier en profondeur la charge de travail dans le cluster

- Des mécanismes complexes et inconnus entrent en jeu
- Algorithme non divulgué

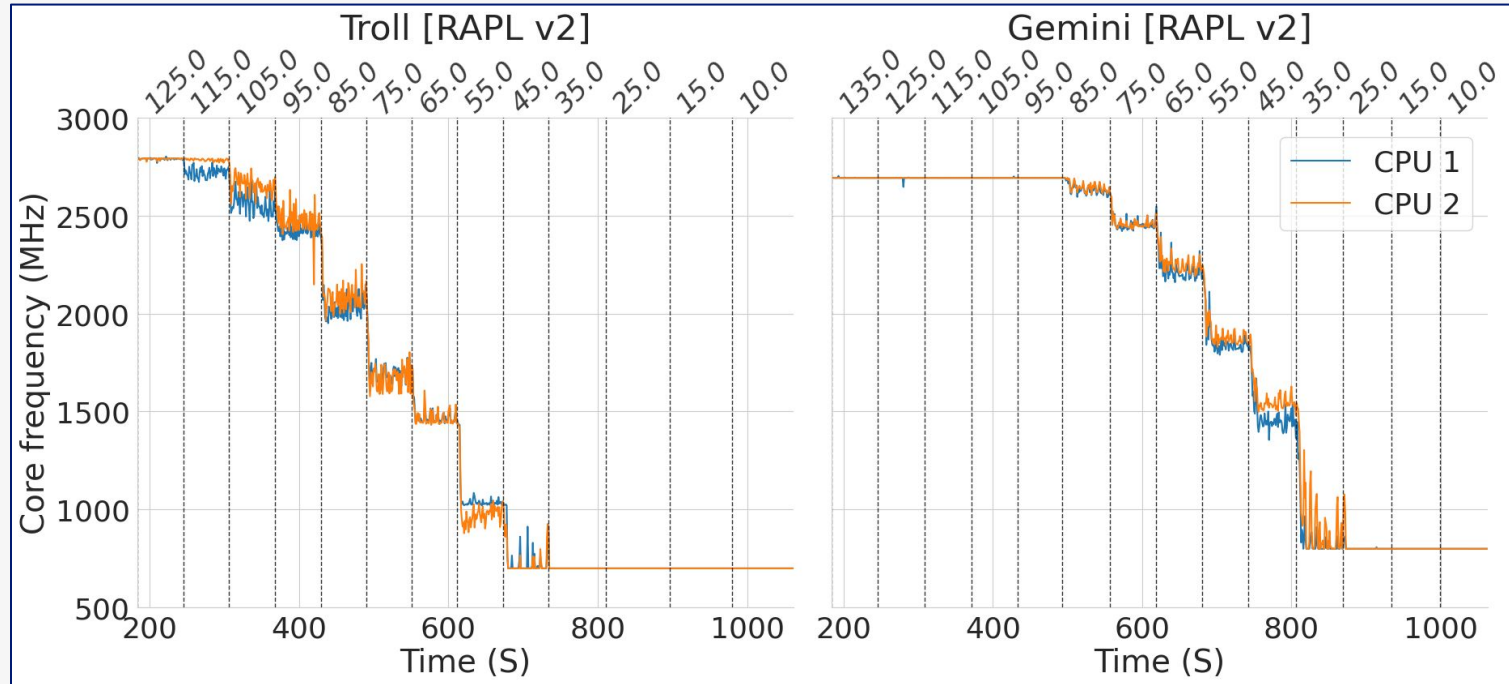
Pour certains cas, Intel RAPL ne réduit pas l'énergie totale

- Contre-exemple de NAS EP pour Gemini

Augmente la durée des jobs proportionnellement aux FLOPs

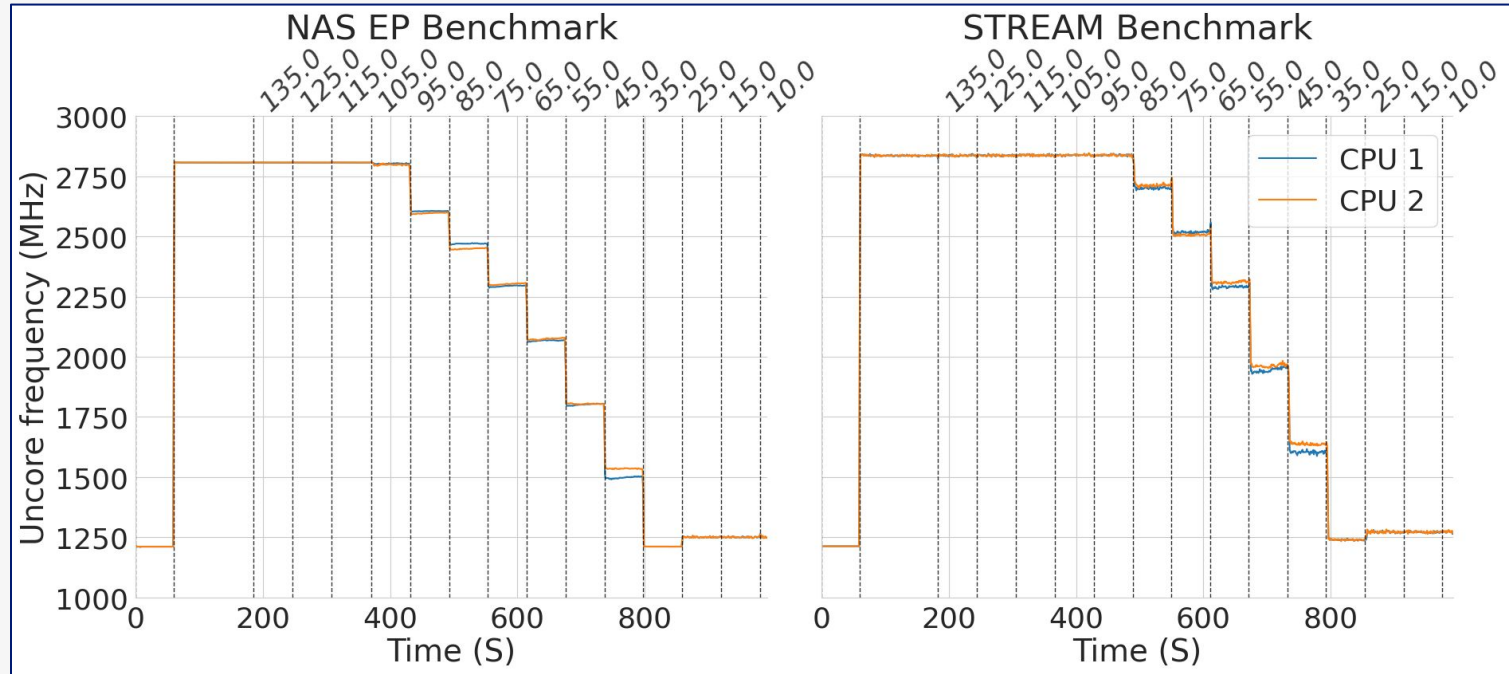
- Pénalise les jobs qui consomment le plus d'énergie

Les expériences présentées dans ces travaux ont été réalisées à l'aide du banc d'essai Grid5000, soutenu par un groupe d'intérêt scientifique hébergé par Inria et comprenant le CNRS, RENATER et plusieurs universités ainsi que d'autres organisations (voir <https://www.grid5000.fr>)



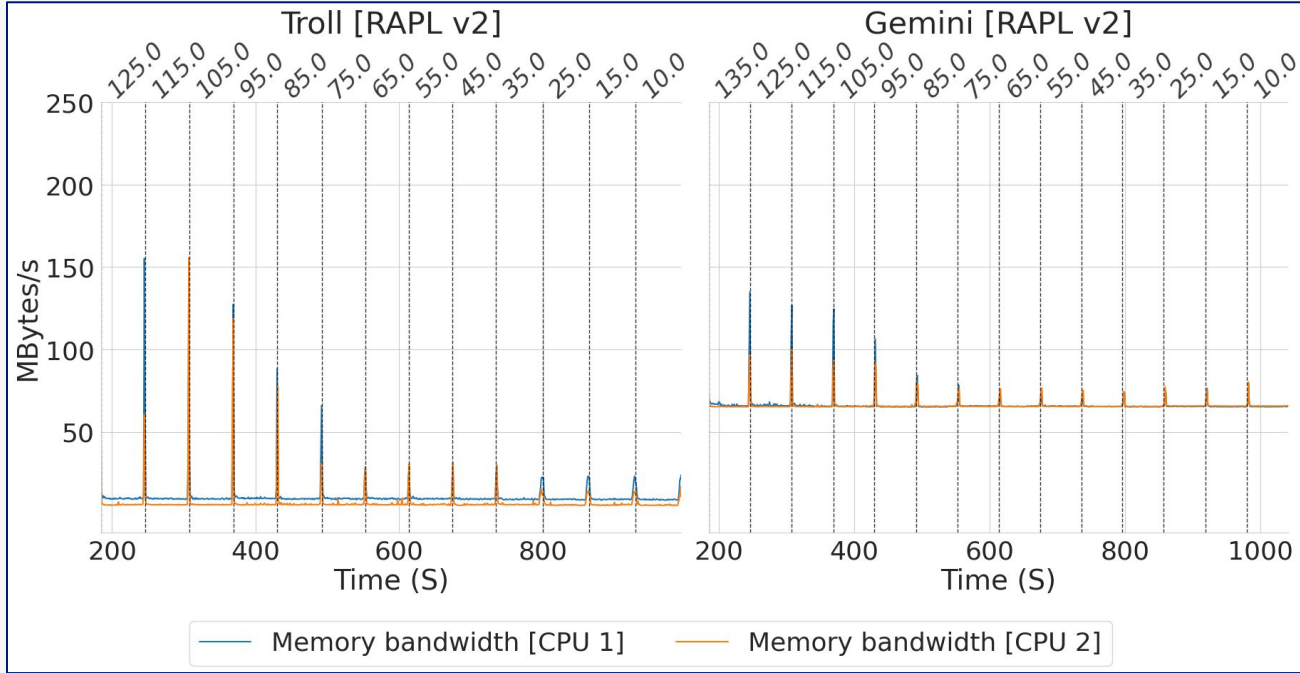
Frequence Core pour MG





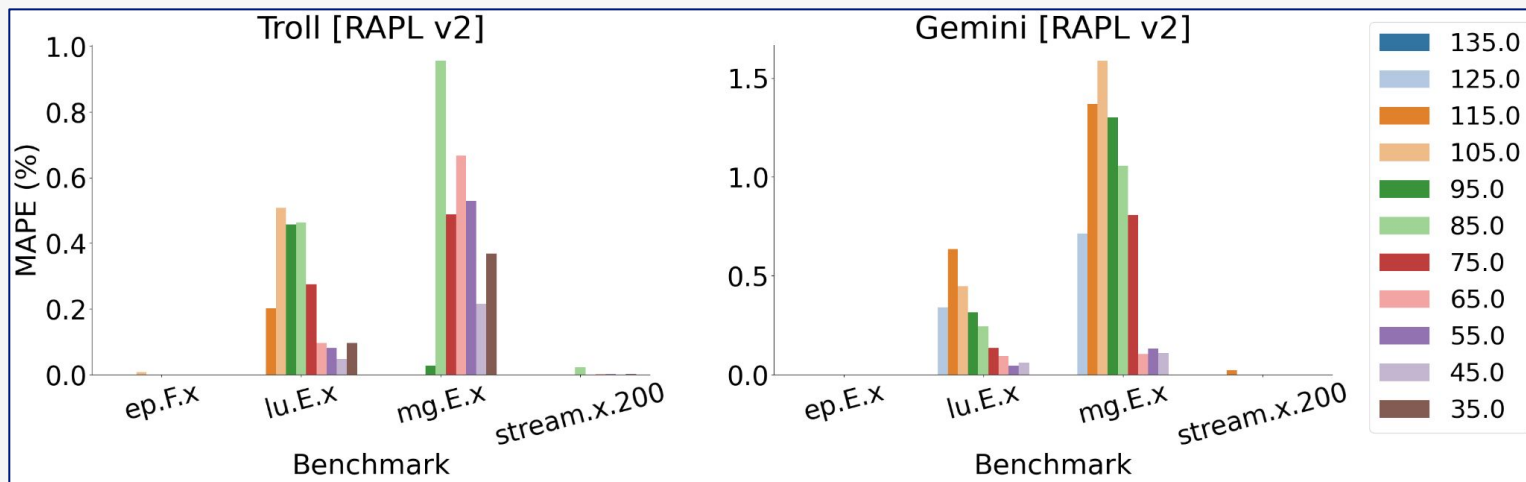
Frequence Uncore pour Gemini





Bande passante pour NAS EP

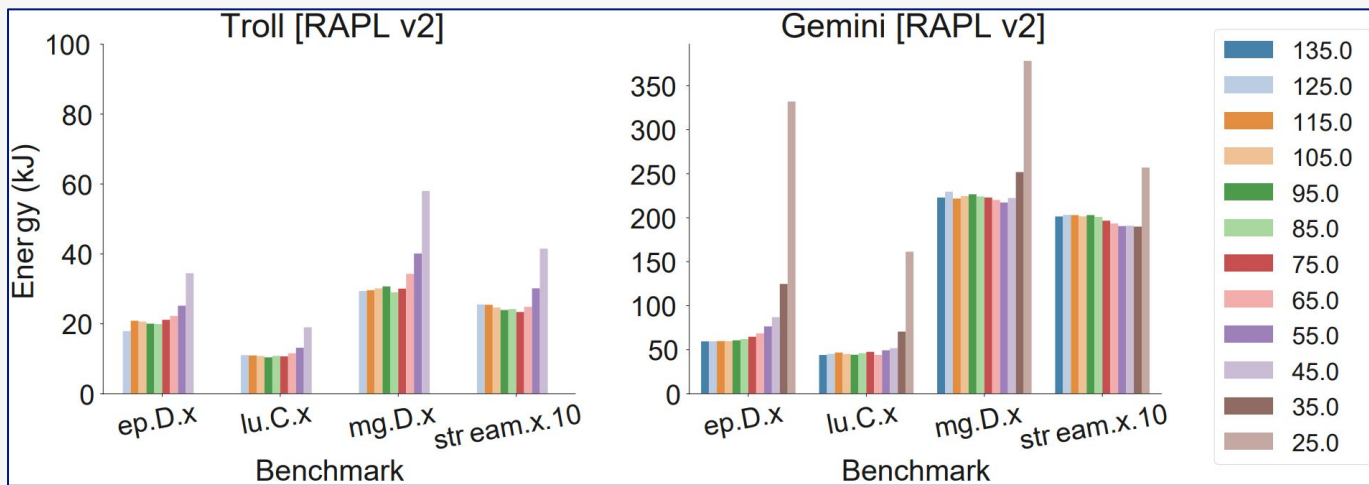




Précision (Ostapenco et al.)

- Tous les benchmarks : erreur relative de maximum 1%
- NAS EP et STREAM : erreur relative de maximum 0,03%





Énergie totale (Ostapenco et al.)

