

# Monitoring énergétique dans Slices-FR/Grid'5000 et le logiciel Kwollect

Simon Delamare

LIP / CNRS

# Section 1

## Introduction

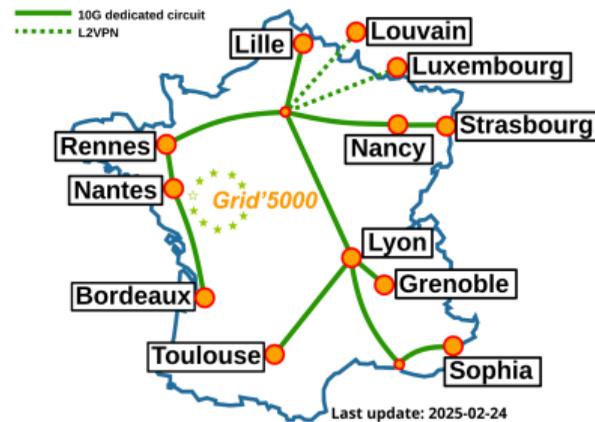
# Introduction

- Présentation
- Retour d'expérience sur le monitoring énergétique dans la plateforme Slices-FR/Grid'5000 et sur le logiciel Kwollect
  - ▶ Historique du monitoring sur Slices-FR/Grid'5000
  - ▶ Exemples de travaux de recherche
  - ▶ Présentation de Kwollect
  - ▶ Illustration de l'utilisation de Kwollect
- Remerciements

# L'infrastructure de recherche Slices-FR/Grid'5000

Réalisation d'expériences dans tous les domaines de l'informatique distribuée :  
*calcul HPC/IA, virtualisation, réseau, etc.*

- ~500 nœuds réservables
  - ▶ entièrement reconfigurables (*root*, déploiement d'OS, ...)
  - ▶ 10000 cores / 200 GPUs
  - ▶ Majoritairement de type HPC, beaucoup de diversité matérielle
  - ▶ Répartie sur 10 sites géographiques



## L'infrastructure de recherche Slices-FR/Grid'5000 (2)

- Pour la communauté de la recherche en informatique
  - ▶ 500+ utilisateurs actifs et 100-150 publications / an
  - ▶ Soutenu par les principaux instituts de l'ESR
  - ▶ Organisé en GIS, labellisé IR
  - ▶ Existe depuis plus de 20 ans !



## L'infrastructure de recherche Slices-FR/Grid'5000 (2)

- Pour la communauté de la recherche en informatique
  - ▶ 500+ utilisateurs actifs et 100-150 publications / an
  - ▶ Soutenu par les principaux instituts de l'ESR
  - ▶ Organisé en GIS, labellisé IR
  - ▶ Existe depuis plus de 20 ans !



## L'infrastructure de recherche Slices-FR/Grid'5000 (2)

- Pour la communauté de la recherche en informatique
  - ▶ 500+ utilisateurs actifs et 100-150 publications / an
  - ▶ Soutenu par les principaux instituts de l'ESR
  - ▶ Organisé en GIS, labellisé IR
  - ▶ Existe depuis plus de 20 ans !



**Permet d'étudier l'énergie des infra informatiques depuis de nombreuses années.**

- Possibilité d'être *root* → Modification des paramètres d'économie d'énergie, etc.
- Mesure des consommations à la prise + Mise à disposition des données aux utilisateurs

## Section 2

### Historique du monitoring énergétique dans Grid'5000

## 2007: Les débuts

- Premières discussions sur l'efficacité énergétique
- Démarrage des activités :
  - ▶ Projet Inria ARC Green-Net « Power aware software frameworks for high performance data transport and computing in large scale distributed systems » à Lyon, Toulouse, Grenoble et Virginia Tech
  - ▶ 1er challenge : comment monitorer ??

## 2007: Les débuts

- Premières discussions sur l'efficacité énergétique
- Démarrage des activités :
  - ▶ Projet Inria ARC Green-Net « Power aware software frameworks for high performance data transport and computing in large scale distributed systems » à Lyon, Toulouse, Grenoble et Virginia Tech
  - ▶ 1er challenge : comment monitorer ??

Wattmetre (version 0) par l'entreprise  
Omegawatt (aujourd'hui *ADECWatts*)



## 2008: Déploiement et premiers prototypes

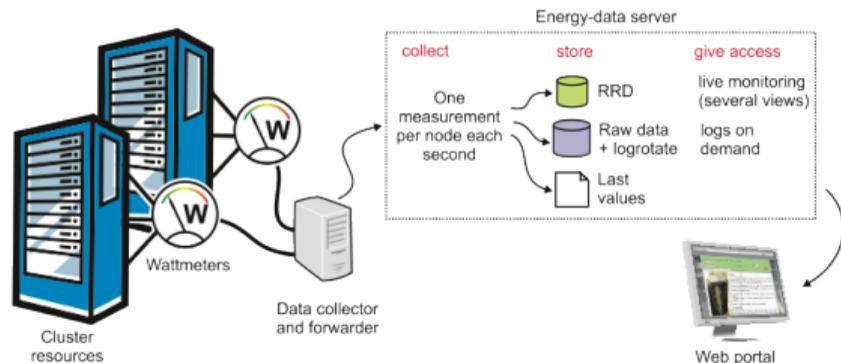
- Déploiement de wattmetres à Grid'5000 Lyon, Toulouse, Grenoble
- Prototype « Green Grid5000 » et démonstration au Inria Booth à SuperComputing 2008

## 2008: Déploiement et premiers prototypes

- Déploiement de wattmetres à Grid'5000 Lyon, Toulouse, Grenoble
- Prototype « Green Grid5000 » et démonstration au Inria Booth à SuperComputing 2008

### Outil Grid'5000 : *Green Grid'5000*

- Stockage long terme RRD
- Pas d'API mais téléchargement des valeurs brutes via page PHP



## 2010: Large échelle

- Le site de Grid5000 Lyon complètement monitoré
  - ▶ Wattmetres version 1 : 150+ prises mesurées, 1 mesure par seconde
- Projet Inria Hemera pour l'expérimentation large échelle

## 2010: Large échelle

- Le site de Grid5000 Lyon complètement monitoré
  - ▶ Wattmetres version 1 : 150+ prises mesurées, 1 mesure par seconde
- Projet Inria Hemera pour l'expérimentation large échelle

### Outil Grid'5000 : *Kwapi*

- API et interface graphique
- Support initial des métriques réseau
- Stockage HDF5



## 2010s : Démocratisation du monitoring

- Installation de PDUs monitorables par prise
- Consommations remontées par les interfaces d'administration (BMC)
- Monitoring logiciel avec RAPL

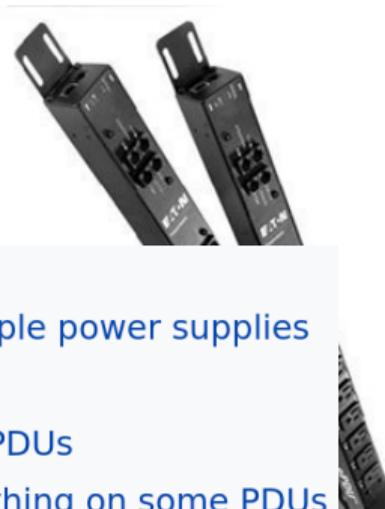


## 2010s : Démocratisation du monitoring

- Installation de PDUs monitorables par prise
- Consommations remontées par les interfaces d'administration (BMC)
- Monitoring logiciel

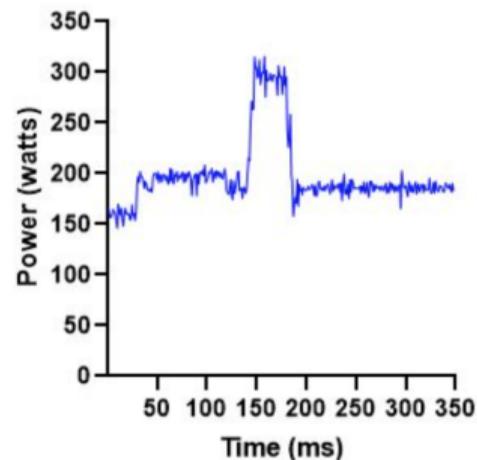
### measurement artifacts and pitfalls

- 3.1 Kwapi handling of nodes with multiple power supplies
- 3.2 Measurement thresholds on PDUs
- 3.3 Noise measurement on some APC PDUs
- 3.4 Measurement resolution and smoothing on some PDUs
- 3.5 checking and calibration of the measurements
  - 3.5.1 First experiment (Zimmer at 20Hz)
  - 3.5.2 Second experiment (Zimmer at 10Hz)



## 2020s : Monitoring avancé

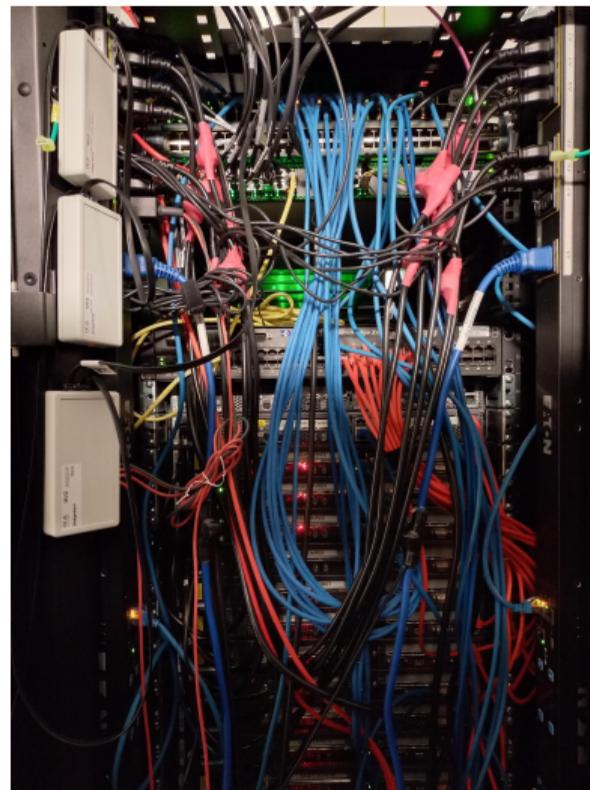
- 2020: wattmetres version 2 :
  - ▶ 50 mesures par seconde
  - ▶ déployés sur Grid'5000 Lyon, Grenoble, Nancy



DAURES (univ. de Lille)

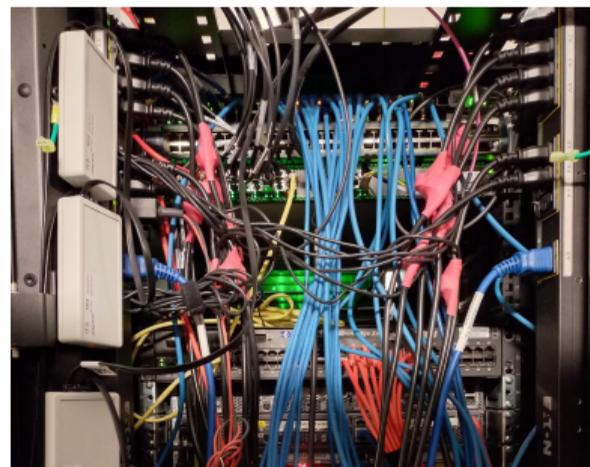
## 2020s : Monitoring avancé

- 2020: wattmetres version 2 :
  - ▶ 50 mesures par seconde
  - ▶ déployés sur Grid'5000 Lyon, Grenoble, Nancy
- 2022: wattmetres version 3 :
  - ▶ déploiement (en cours) : Lyon, Rennes, Lille, Strasbourg... l'ensemble des noeuds Slices-FR/Grid'5000



## 2020s : Monitoring avancé

- 2020: wattmetres version 2 :
  - ▶ 50 mesures par seconde
  - ▶ déployés sur Grid'5000 Lyon, Grenoble, Nancy
- 2022: wattmetres version 3 :
  - ▶ déploiement (en cours) : Lyon, Rennes, Lille, Strasbourg... l'ensemble des noeuds Slices-FR/Grid'5000



### Outil Grid'5000 : Kwapi → *Kwollect*

- Support de diverses sources (pas que énergie)
- Amélioration de l'API
- Meilleur passage à l'échelle
- Nombreuses nouvelles fonctionnalités : Intégration avec le job scheduler, métriques utilisateurs, etc.

## Section 3

### Exemples de travaux de recherche

# Exemples de travaux de recherche

Efficacité de l'utilisation des leviers (DVFS, Extinction, Power capping, ...)

- *Even On/Off is much more complex than expected !*
- *GreenFactory an orchestration framework  
Combination: CVV + #MPI/#OpenMP Leverages*
- *Energy-efficient Resource Provisioning for Cloud Databases*
- *Going slower to go faster !*
- *Study the impact of CPU-Frequencies Scaling in Data-intensive clusters*

Nouvelles architectures

- *Energy proportionality on hybrid architectures*
- *Thermal and Power monitoring: The SeDuCe testbed*

Modélisation de la consommation

- *Understanding the energy consumption of blockchains: a focus on smart contracts*
- *Simulating Energy Consumption of MPI applications*
- *Monitoring energy consumption during training*
- *From hardware sensors to software energy sensors*

Consommation des datacenter / Cloud

- *Including IaaS users with an energy/performance VM lever*
- *Evaluating edge clouds' energy consumption*
- *Scheduling live-migration for fast and energy-efficient reconfiguration*

# Even On/Off is much more complex than expected !

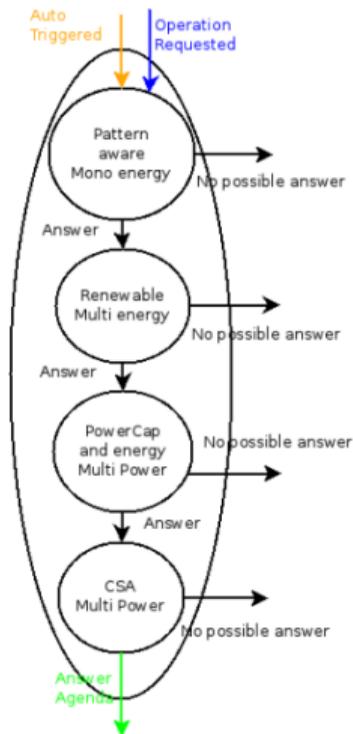
G5K@Lyon&Rennes

Pattern, power capping and energy aware : iif the overall nodes under supervision are respecting the fixed constraints

Electric Provider aware : iif the modular constraints imposed by the electric provider are respected

Cooling aware : iif the recommended thermal envelop is respected

Switching On & Off resources at ultra lage scale can take a loooooong time : minutes, hours,.....



# Understanding the energy consumption of blockchains: a focus on smart contracts

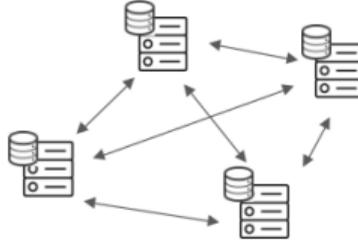
## Expérimentations *in situ*

Analyses de performances de réseaux privés Ethereum & Hyperledger  
 -Déploiements sur G5K de 2 à ~40 noeuds  
 -Montée en charge  
 -Déploiement et exécution de smart contracts



### Contributions clés

- Développement d'un framework pour le benchmark de blockchains
- Modélisation du coût d'exécution de smart contracts sur Ethereum
- Illustration de l'impact négatif de la taille grandissante sur leurs performances



Mieux comprendre le coût énergétique des *blockchains* et de leurs *smart contracts*

## Analyse du trafic existant

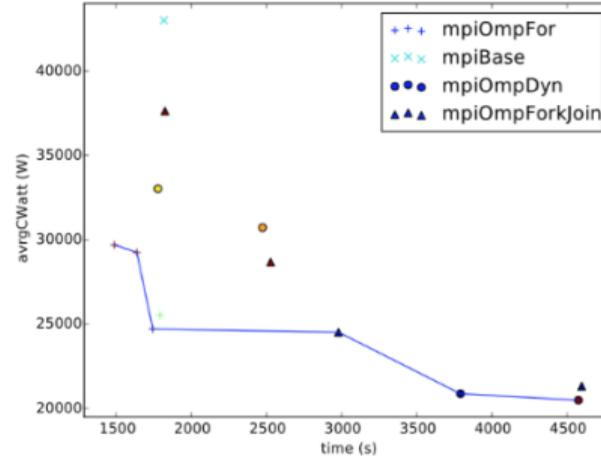
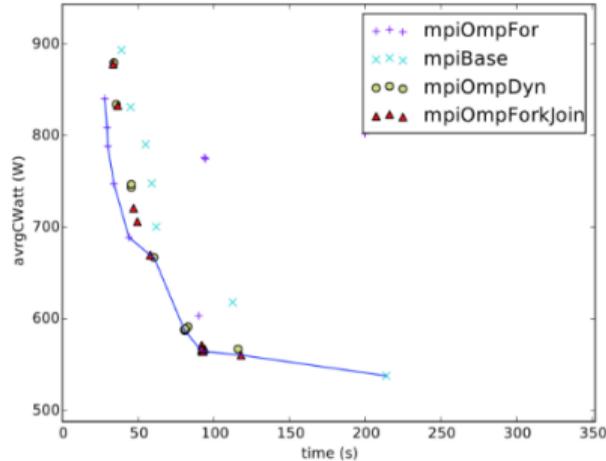
Déploiement & synchronisation d'un noeud sur le réseau public Ethereum sur G5K  
 -Analyse des données publiques Ethereum



### Contributions clés

- Estimation du nombre de contrats déployés mais non utilisés
- Modélisation de l'impact de ces contrats non utilisés sur les performances des blockchains
- Proposition d'un protocole de suppression des contrats non utilisés

# GreenFactory an orchestration framework Combination: CVV + #MPI/#OpenMP Leverages



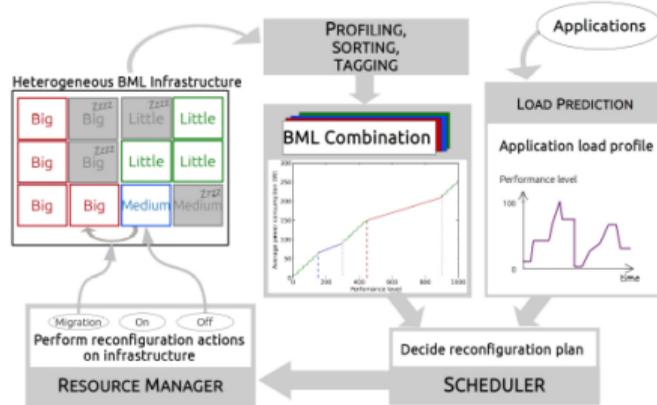
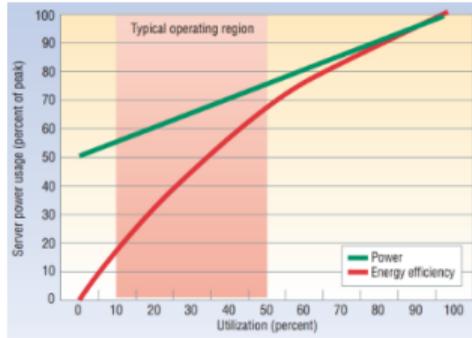
(K. A) Grid5000 (4 nodes – 48 cores) - (K. B) CURIE machine (128 nodes- 2048 cores)

How to orchestrate the usage of energy leverages available through time on moduable IT resources to answer fixed constraints ?

# Energy proportionality on hybrid architectures

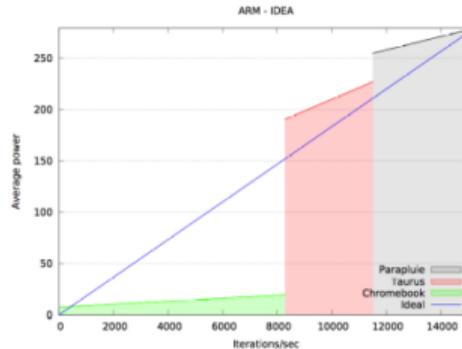
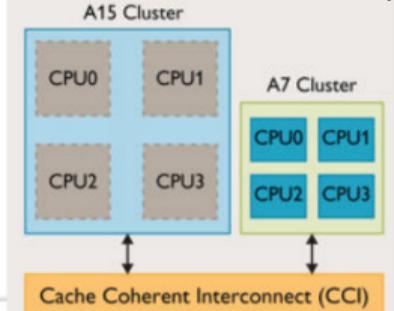


- Hybrid computing architectures : low power processors, co processors, GPUs...
- Supporting a "Big, Medium, Little" approach : the right processor at the right time



## « The case for Energy-Proportional Computing »

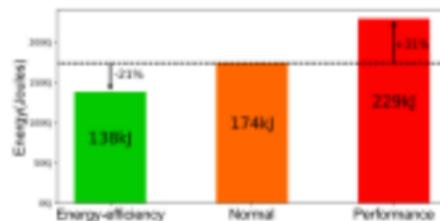
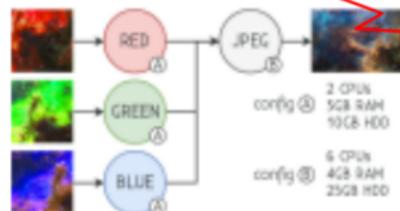
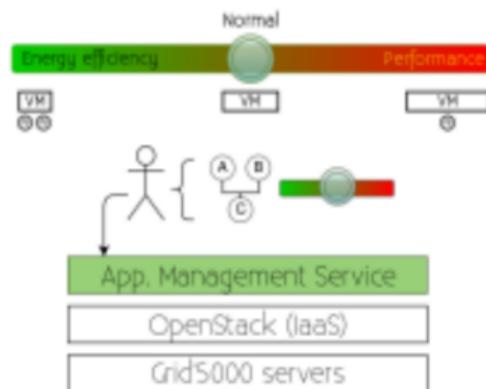
L. A. Barroso and U. Hölzle, *IEEE Computer*, 2007



Violaine Villebonnet,  
Georges Da Costa,  
Laurent Lefevre,  
Jean-Marc Pierson  
and Patricia Stolf.  
"Big, Medium, Little" :  
Reaching Energy  
Proportionality with  
Heterogeneous  
Computing  
Scheduler", *Parallel  
Processing Letters*,  
September 2015

# Including IaaS users with an energy/performance VM lever

David Guyon, Anne-Cécile Orgerie and Christine Morin



- ▶ users select an execution mode
- ▶ impact on size of VMs
- ▶ bin packing algo places the VMs
- ▶ multiple deployment of *Montage* on Grid'5000

- ▶ loss in performance helps to consolidate the resources
- ▶ up to 21% energy saving in comparison with normal mode

# Monitoring energy consumption during training



**Goal:** Compare energy consumption at training on different sites

- Get an incentive (not perfect estimate)
- Simple process (using CodeCarbon)

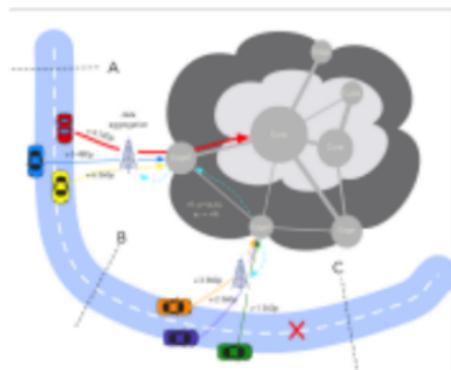
**How:** Benchmark the training of a small network (~1M parameters) on G5k

Large Impact	Minor impact
GPU used	GPU load (tested through batch size)
Additional take-away	
50%+ energy used to achieve the last 5 % increase in performance...	

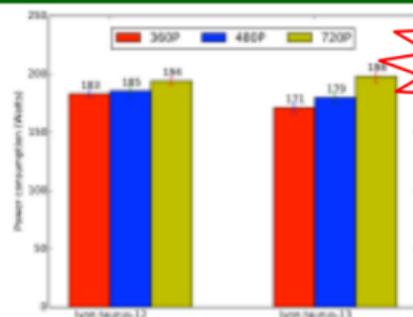
# Evaluating edge clouds' energy consumption

Yunbo Li, Anne-Cécile Orgerie, Ivan Rodero, Manish Parashar and Jean-Marc Menaud

- ▶ Data stream analysis from cameras embedded on vehicles



- ▶ How to decide to compute at the edge or offload at the edge depending on QoS and energy-efficiency for a given IoT application?



Power consumption for 4 small VMs Taurus-12 and 1 large VM on Taurus-13 for same amount of computation

- ▶ Higher power consumption with one large VM, but more energy-efficient
- ▶ Depends on the applications' resource requirements

## « Scheduling live-migrations for fast and energy-efficient reconfiguration »

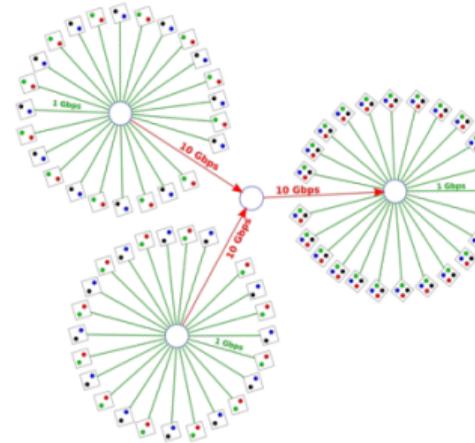


Modeling the VM migration protocol wrt. the network and the memory activity to wiser migration plans.

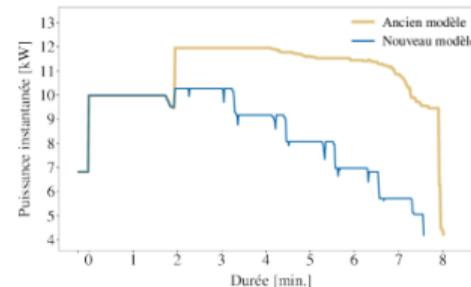
32.45 yrs/CPU of experiments to understand the problem and evaluate the solutions.

Biggest experiment: decommissioning 48 servers to 24 new ones.

21.5% less energy than state-of-the-art approaches



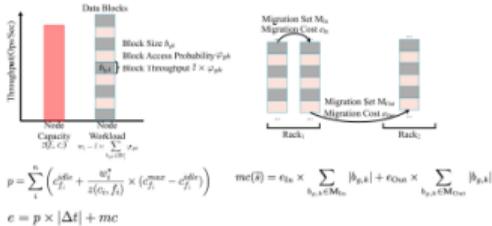
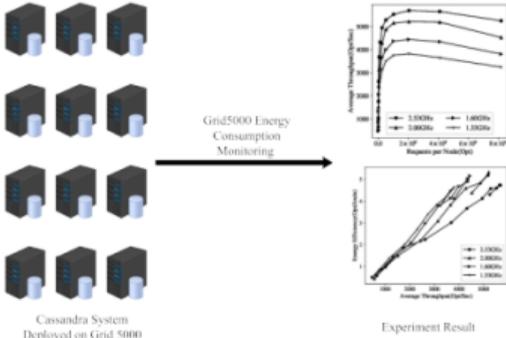
Vincent Kherbache, Eric Madelaine, Fabien Hermenier. Scheduling Live Migration of Virtual Ma-chines. IEEE transactions on cloud computing, 2017,





# Energy-efficient Resource Provisioning for Cloud Databases

- Research Achievements
  - Energy efficiency of cloud databases under DVFS technique is analyzed.
  - A generic model is proposed for cloud systems. Then the model is specialized to improve resource provisioning within cloud database systems.
  - A frequency selection bounded problem is solved by nonlinear programming approach and multi-phases algorithm.
  - A frequency selection optimization problem is solved by genetic algorithm and monte carlo tree search algorithm.
  - A migration approach is proposed to further improve the energy efficiency of the system.
- Experiment with Grid5000
  - Cassandra. 10 nodes from Nancy Site;
  - YCSB benchmark;
  - DVFS technique: 8 frequency options;
  - Energy Consumption Monitoring with Kwapi;
  - 12 query workloads.

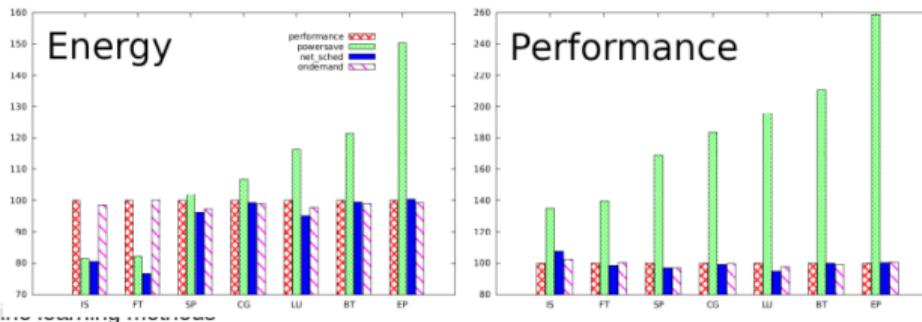


# Going slower to go faster !



## DVFS for HPC

- Difficult as processors are fully loaded
- Our proposal **net\_sched** reduces frequency when not cpu-bound
- Decisions every 100ms
- Previously based on thresholds, now investigation on Machine Learning methods



## Examples:

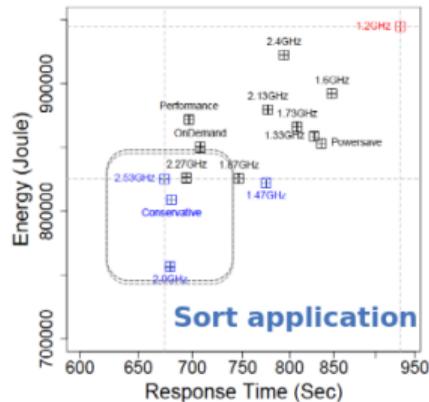
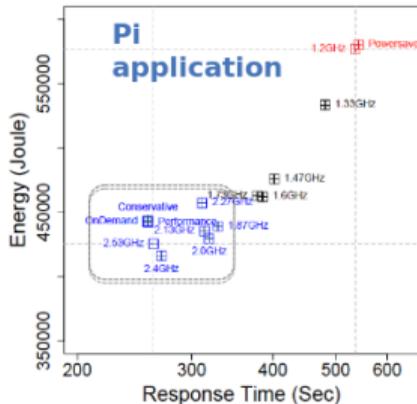
- FT bench: 23% less energy, 2% faster
- LU bench: 5% less energy, 5% faster

Going slower reduces the temperature  
More available thermal capacity when it matters !

# Study the impact of CPU-Frequencies Scaling in Data-intensive clusters

MapReduce applications show significant variation in CPU load during their running time

➤ Potential for saving energy by using **DVFS**



Different DVFS settings are not only sub-optimal for different MapReduce applications but also sub-optimal for different stages of the MapReduce application

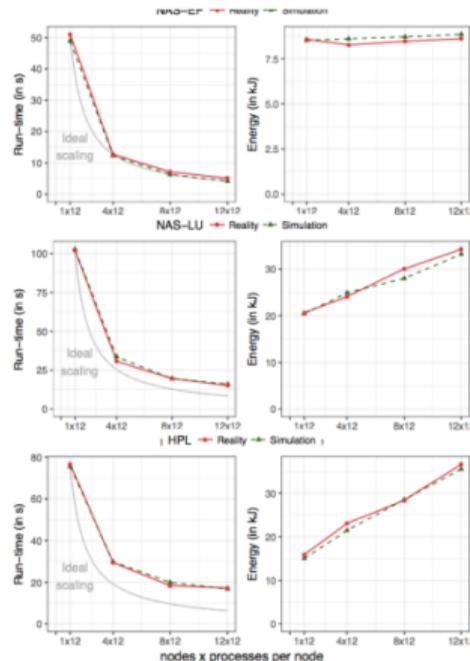
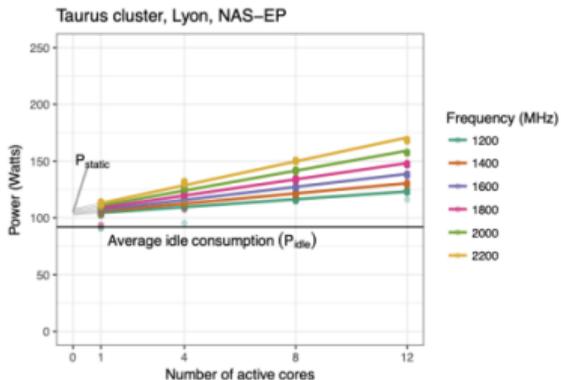
**Governing energy consumption in Hadoop through CPU frequency scaling: An analysis**

Shadi Ibrahim, Tien-Dat Phan, Alexandra Carpen-Amarie, Houssemeddine Chihoub, Diana Moise, Gabriel Antoniu *FGCS Journal 2016*

# Simulating Energy Consumption of MPI applications

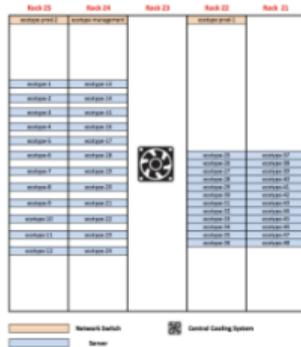
University of  
Grenoble

- ▶ Hac Specis project
- ▶ Energy models of multicore CPUs in SimGrid
- ▶ Validated against real measurements

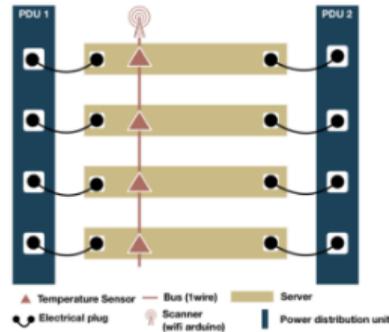


F. C. Heinrich *et al.*, "Predicting the Energy-Consumption of MPI Applications at Scale Using Only a Single Node," *2017 IEEE International Conference on Cluster Computing (CLUSTER)*, 2017,

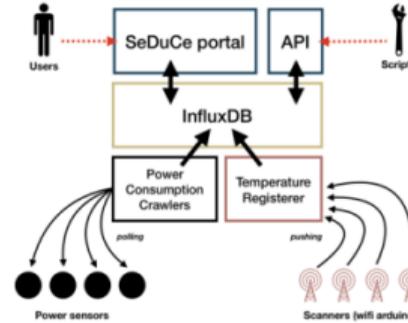
# Thermal and Power monitoring: The SeDuCe testbed



Near 1000 Threads,  
6To of RAM,  
20To of SSD

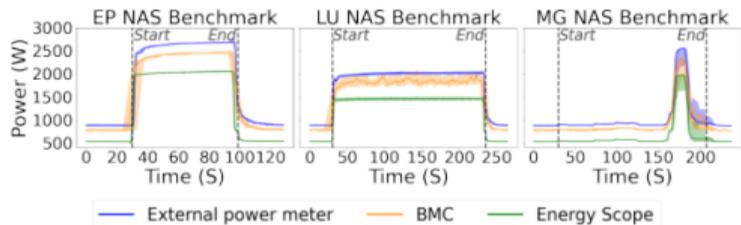
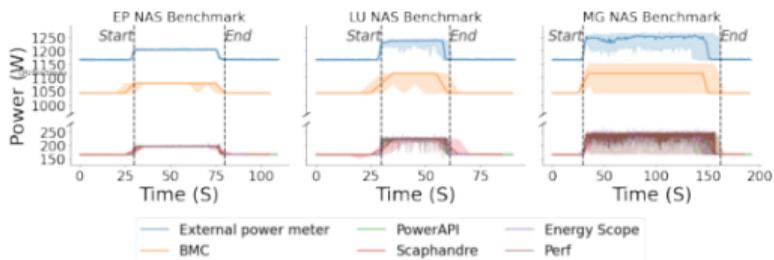


Power (PDU) and  
thermal (specific)  
monitoring,  
every seconds



Data available through  
an open portal and API

# From hardware sensors to software energy sensors



Breakend/experiment-impact-tracker

ML CO2 Impact



24

Energy scope

« FrugalCloud » Inria&OVHcloud

Mathilde Jay, Vladimir Ostapenco, Laurent Lefevre, Denis Trystram, Anne-Cécile Orgerie and Benjamin Fichel. "An experimental comparison of software-based power meters: focus on CPU and GPU", *CCGrid 2023 - 23rd IEEE/ACM international symposium on cluster, cloud and internet computing*, Bangalore, India, May 1-4, 2023

## Section 4

### Le logiciel Kwollect

## Motivation

- Monitoring d'infrastructure, focus sur l'environnemental :
  - ▶ Consommation électrique à la prise
  - ▶ Température ambiante
  - ▶ Métrique des BMC, des PDUs
  - ▶ ...
- Grand volume, haute fréquence (*Wattmetre* à 50 mesures/s)
- Conservation longue durée et sans perte possible
- Orienté vers les utilisateurs
  - ▶ Pas un outil pour les admin de la plateforme
  - ▶ API pour récupérer les données, intégration avec le job scheduler.
  - ▶ Métriques "custom"



- Impossible de laisser l'utilisateur se débrouiller seul
- Outils de monitoring traditionnels non adaptés (*Munin, Ganglia, Prometheus*)

## Motivation

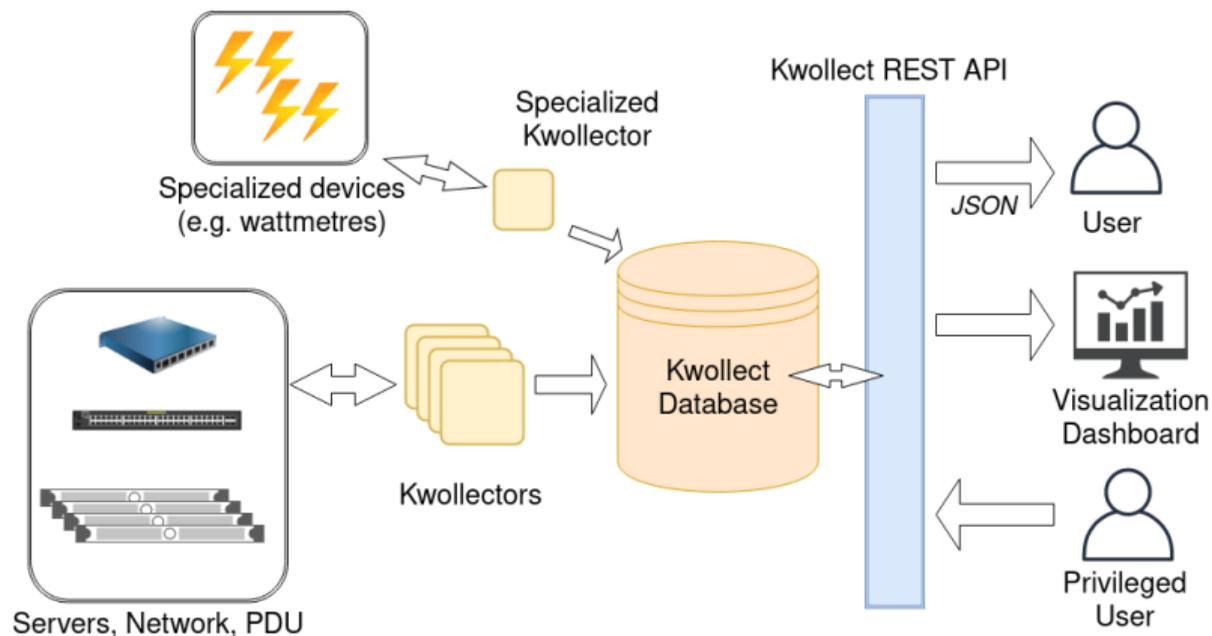
- Monitoring d'infrastructure, focus sur l'environnemental :
  - ▶ Consommation électrique à la prise
  - ▶ Température ambiante
  - ▶ Métrique des BMC, des PDUs
  - ▶ ...
- Grand volume, haute fréquence (*Wattmetre* à 50 mesures/s)
- Conservation longue durée et sans perte possible
- Orienté vers les utilisateurs
  - ▶ Pas un outil pour les admin de la plateforme
  - ▶ API pour récupérer les données, intégration avec le job scheduler.
  - ▶ Métriques "custom"



- Impossible de laisser l'utilisateur se débrouiller seul
- Outils de monitoring traditionnels non adaptés (*Munin, Ganglia, Prometheus*)

→ **Kwollect**

# Architecture de Kwollect



PostgreSQL (stockage, API, logique applicative) + Kwollectors + Grafana

→ <https://gitlab.inria.fr/grid5000/kwollect>

# Stockage des métriques

- Base de donnée PostgreSQL
  - ▶ + Extension TimescaleDB (auto-partitionnement, compression, agrégation, ...)
  - ▶ + API utilisateur via Postgrest
  - ▶ L'ensemble du «backend» est codé dans la base
- Format des métriques (≈ Prometheus)

Column	Type
timestamp	timestamp with time zone
device_id	text
metric_id	text
value	double precision
labels	jsonb

## Dispositifs supportés

Via les *Kwollectors* : programmes autonomes qui récupèrent les métriques et les insèrent dans la base

- Protocoles : SNMP, IPMI, Redfish, Exporteur Prometheus, HTTP / JSON
- Matériel : PDUs, interface d'administration des serveurs, équipements réseau, sondes de température, métrique de l'OS...

+ *Kwollector* spécialisé pour un dispositif donné : *kwollector-wattmetre*

# Interface utilisateur

- API : Permet de récupérer les données des métriques
  - ▶ Par date de début/fin, identifiant de noeud/device et de métrique
  - ▶ ... ou par numéro de job.

```
$ curl 'http://kwollect/api/metrics?devices=node-1,node-2&start_time=2020-01-06T13:35:00&end_time=2020-01-06T14:35:00'
```

```
{ "timestamp": "2020-09-11T20:58:49.40357+02:00", "device_id": "node-1", "metric_id": "bmc_gpu_power_watt", "value": 42, "labels": { "gpu": "0" } },  
{ "timestamp": "2020-09-11T20:58:49.40357+02:00", "device_id": "node-1", "metric_id": "bmc_gpu_power_watt", "value": 44, "labels": { "gpu": "1" } },  
{ "timestamp": "2020-09-11T20:58:49.40357+02:00", "device_id": "node-1", "metric_id": "bmc_node_power_watt", "value": 648, "labels": {} },  
{ "timestamp": "2020-09-11T20:58:49.40357+02:00", "device_id": "node-1", "metric_id": "bmc_temp_ambient_celsius", "value": 21, "labels": {} },  
{ "timestamp": "2020-09-11T20:58:50.08682+02:00", "device_id": "node-1", "metric_id": "network_ifaceout_bytes_total", "value": 2654766193, "labels": {} },  
{ "timestamp": "2020-09-11T20:58:50.08682+02:00", "device_id": "node-1", "metric_id": "network_ifacein_bytes_total", "value": 3883940842, "labels": {} }
```

# Interface utilisateur

- API : Permet de récupérer les données des métriques
  - ▶ Par date de début/fin, identifiant de noeud/device et de métrique
  - ▶ ... ou par numéro de job.
- Grafana

# Interface utilisateur

- API : Permet de récupérer les données des métriques

- Grap



## Quelques chiffres du déploiement Slices-FR/Grid'5000

- Métriques récupérées en continu :
  - ▶ Consommation électrique à la prise, chaque seconde (wattmetre et/ou PDU)
  - ▶ Principales métriques des BMC : température ambiante, consommation à l'alim
  - ▶ Trafic des équipements réseau, chaque seconde
  - ▶ Principales métriques Prometheus (*prometheus-node-exporter* et *dcgm-exporter* pour les GPU Nvidia)
  - ▶ Métriques poussées par les utilisateurs
- À la demande : Mesures de consommation par les wattmetres à 50Hz, toutes les métriques des BMC, toutes les métriques des exporteurs Prometheus, etc.
- Une instance (BDD + Kwolector + ...) déployée sur chacun des 10 sites Grid'5000
  - ▶ Quelques milliers de métriques par seconde sur chacun
  - ▶ Performances :  $\approx 1\text{min}$  pour récupérer  $10^6$  métriques (hébergement sur VMs modestes)

## Section 5

### Exemple d'utilisation

# Exemple d'utilisation dans Slices-FR/Grid'5000

Scénario de l'expérience :

*Etude de la consommation d'un serveur :  
au repos et lors de son démarrage + impact de l'exécution d'un service*

- ➊ Réservation d'un nœud dans Grid'5000
  - ▶ Avec activation du monitoring haute fréquence des wattmetres
- ➋ Attente, puis redémarrage du nœud, puis désactivation du service
- ➌ Fin de la réservation
- ➍ Récupération des métriques
- ➎ Analyse

# Exécution du scénario

## ① Réserveation du nœud

```
$ oarsub \  
-p nova \  
-t monitor=wattmetre \  
... # Node HW specification  
... # Enable high freq. on wattmetre
```

## ② Redémarrage du nœud

```
$ ssh nova-1 "sudo-g5k && sudo reboot"
```

## ③ Désactivation du service

```
$ ssh nova-1 "sudo systemctl stop ..."
```

## ④ Fin de la réserveation

# Récupération des métriques et analyse

## Récupération des métriques via l'API Kwollect

```
$ curl https://api.grid5000.fr/stable/sites/lyon/metrics?job_id=12345 > metrics.json
```

## Analyse des résultats en python / pandas

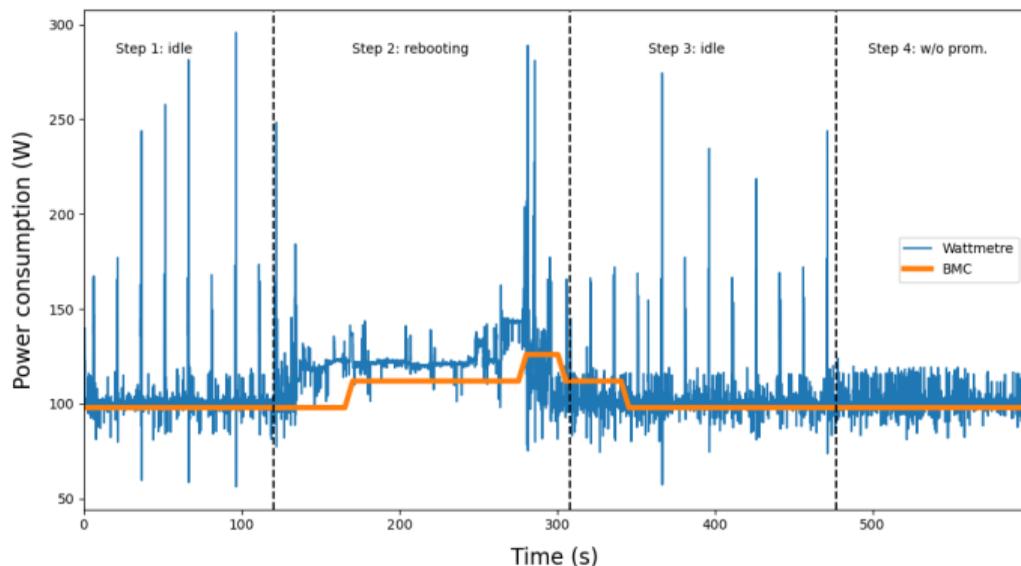
```
import pandas as pd
from matplotlib import pyplot as plt

data = pd.read_json("metrics.json", orient="record")

fig, ax = plt.subplots()
ax.plot(
    data[data["metric_id"] == "wattmetre_power_watt"]["timestamp"],
    data[data["metric_id"] == "wattmetre_power_watt"]["value"],
    label="Wattmetre"
)
ax.plot(
    data[data["metric_id"] == "bmc_node_power_watt"]["timestamp"],
    data[data["metric_id"] == "bmc_node_power_watt"]["value"],
    label="BMC"
)
# ...
plt.savefig("metrics.pdf")
```

# Résultats

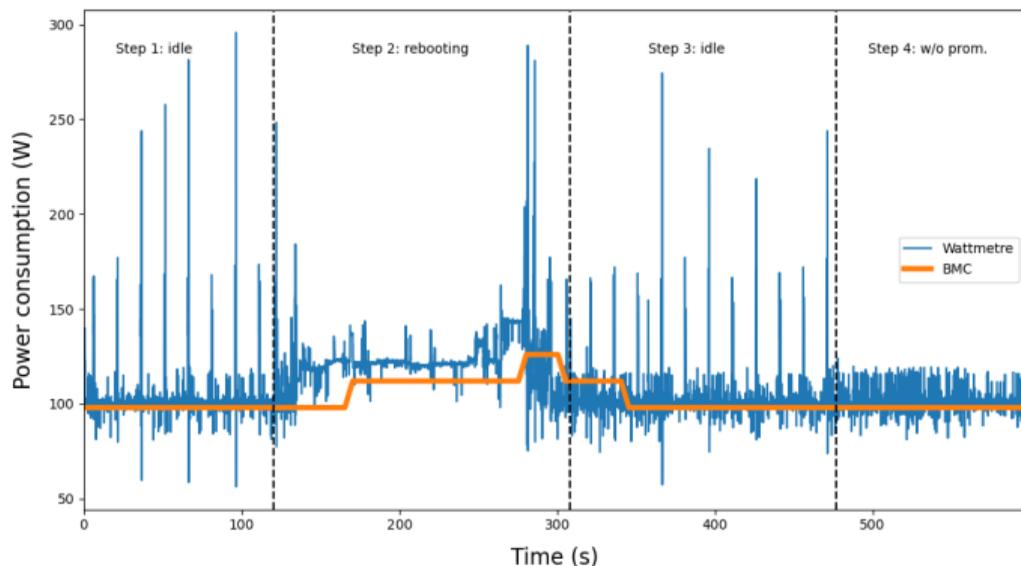
Consommation énergétique d'un nœud, mesuré sur la BMC et avec un wattmètre



● Step 1: Au repos

# Résultats

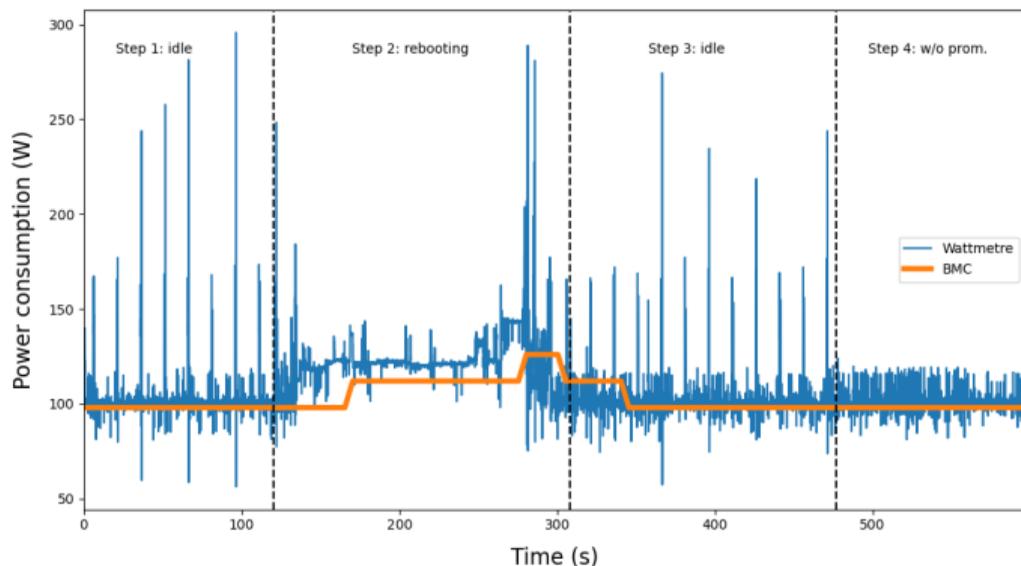
Consommation énergétique d'un nœud, mesuré sur la BMC et avec un wattmètre



- Step 1: Au repos
- Step 2: Reboot de la machine

# Résultats

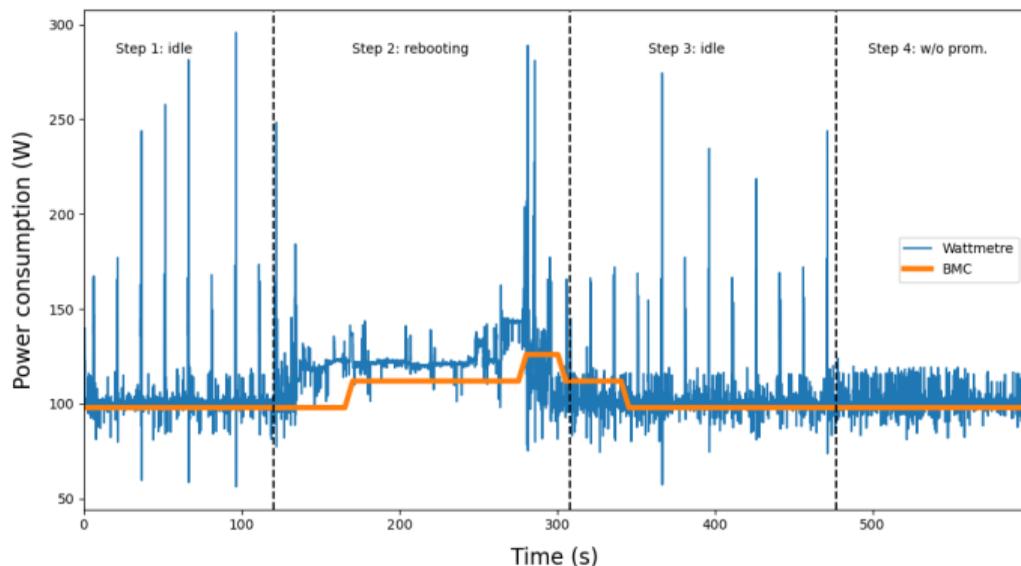
Consommation énergétique d'un nœud, mesuré sur la BMC et avec un wattmètre



- Step 1: Au repos
- Step 2: Reboot de la machine
- Step 3: Au repos

# Résultats

Consommation énergétique d'un nœud, mesuré sur la BMC et avec un wattmètre



- Step 1: Au repos
- Step 2: Reboot de la machine
- Step 3: Au repos
- Step 4: Arrêt de l'exporteur Prometheus

## Section 6

## Conclusion

# Conclusion

- Slices-FR/Grid'5000 permet les expérimentations prenant en compte l'énergie
  - ▶ mesures de consommation réelles, à haute fréquence
  - ▶ ⚠ qualité des mesures, confiance dans les résultats
  - ▶ obtenir le coût de son utilisation de la plateforme
- Le framework Kwollect
  - ▶ outil générique pour le monitoring de métriques environnementales et leurs mises à disposition aux utilisateurs des plateformes
  - ▶ aboutissement de nombreuses années d'expérience dans le contexte Grid'5000
- Le futur
  - ▶ Slices : Bientôt possible sur le continuum « du datacenter à l'IoT »
  - ▶ Variété de HW plus importante
  - ▶ Plus de capteurs environnementaux
  - ▶ Au-delà des kW : CO<sub>2</sub>, impact environnemental, cycle de vie

Merci !

[https://www.grid5000.fr/w/Energy\\_consumption\\_monitoring\\_tutorial](https://www.grid5000.fr/w/Energy_consumption_monitoring_tutorial)

<https://gitlab.inria.fr/grid5000/kwollect>