

Orchestrer des leviers environnementaux hétérogènes pour la gestion de centres de données à grande échelle

Green Days 2023

Vladimir Ostapenco ¹
Laurent Lefevre ¹
Anne-Cécile Orgerie ²
Benjamin Fichel ³

¹ Univ Lyon, EnsL, UCBL, CNRS, Inria, LIP
² Univ Rennes, Inria, CNRS, IRISA
³ OVHcloud

Contexte

- Augmentation considérable de l'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC)
- Centres de données au centre de cette croissance
 - Au cours de la dernière décennie ¹
 - Instances de serveurs + 647%
 - Capacité de stockage + 2500%
 - Trafic réseau + 1000 %
 - Installations très énergivores
 - Estimé représenter environ 1% de la consommation mondiale d'électricité ¹



¹ Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., and Koomey, J. (2020). Recalibrating global data center energy-use estimates.

Motivation

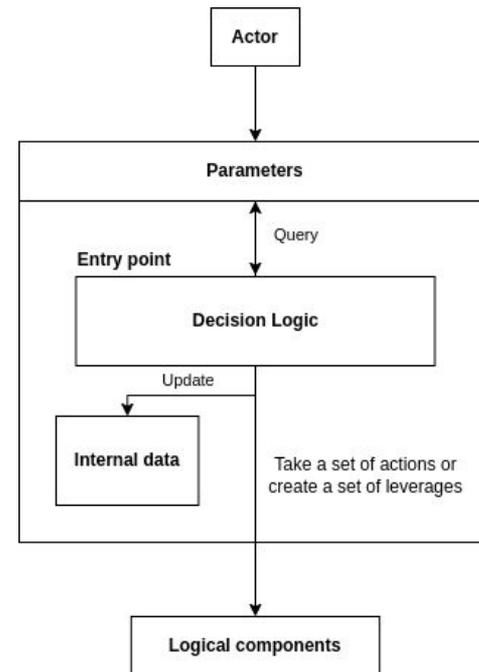
- De nombreux techniques (leviers environnementaux) pour réduire les impacts énergétiques et environnementaux des datacenters
- Leviers très hétérogènes impliquant
 - Matériel
 - Couches logicielles
 - Contraintes logistiques d'un centre de données
- Exemples de leviers :
 - **Technologiques**
 - Allumage/extinction et ralentissement des ressources
 - Consolidation et migration des services
 - **Logistiques**
 - Installation et décommissionnement de machines
 - Extension ou renouvellement de composants
 - Achat de nouveau matériel informatique
 - Création d'un nouveau datacenter

Motivation

- Orchestrer les leviers technologiques et logistiques à grande échelle
 - Afin d'améliorer les performances énergétiques et environnementales globales de l'ensemble de l'infrastructure du datacenter
- Défis dans l'orchestration des leviers
 - **Modélisation et évaluation des leviers**
 - Modélisation des leviers très hétérogènes
 - Besoin d'une bonne méthodologie pour évaluer leurs impacts
 - **Combinaison des leviers et évaluation des impacts**
 - Effets de bords et compatibilité
 - **Orchestration des leviers à grande échelle**
 - Ordre et conditions d'application
 - Planification dans le futur
 - Dans un environnement multi-nœuds et/ou multi-datacenter
 - En respectant les contraintes opérationnelles (disponibilité des leviers, contraintes clients)
 - Suivi des métriques et évaluation des impacts de l'orchestration

Modélisation des leviers

- **Une action sur un composant** de l'infrastructure du datacenter qui améliore son efficacité énergétique ou son impact environnemental
- Un levier est composé de
 - **Paramètres** - contient les paramètres du levier donnés lors de son création
 - **Logique de décision** - contient l'algorithme qui définit la logique du levier
 - **Résultat** : un ensemble d'actions simples effectuées directement sur des composants, un ensemble séquentiel d'autres leviers ou aucune action
 - **Données internes** - contient des informations relatives à la création et à l'exécution du levier



Types des leviers

Levier atomique

- Exécute un ensemble d'actions simples sur un seul composant du datacenter
- A un ensemble fini d'états et une logique de décision simple et déterministe

Exemples :

- Limitation de puissance basée sur Intel RAPL
- Déploiement de nœud de calcul

Levier intelligent

- Réalise des actions globales ou respecter des contraintes globales
- Crée des leviers atomiques sur un ou plusieurs composants du datacenter
- A une logique de décision complexe dépendante du contexte et/ou de l'état de l'infrastructure

Exemples :

- Plafonnement temporaire de puissance à l'échelle du datacenter
- Gestion de la fin de vie des nœuds de calcul

Évaluation des leviers

- Un levier environmental peut avoir
 - Divers impacts sur un composant du datacenter
 - Coûts en termes d'énergie, de temps et même d'empreinte carbone
- Utilisés par la logique de décision des leviers intelligents
- Besoin d'évaluer les impacts et les coûts de chaque levier
 - **Création des tables de leviers**
 - Contient pour chaque combinaison de paramètres de leviers ses impacts sur le composant et ses coûts

Table de leviers du levier DVFS

Frequency	Time on	Time off	Power draw
1.2 Ghz	1ms	2ms	17W
1.4 Ghz	1ms	2ms	18W
1.8 Ghz	1ms	2ms	22W
2.0 Ghz	1ms	2ms	24W
2.6 Ghz	1ms	2ms	26W

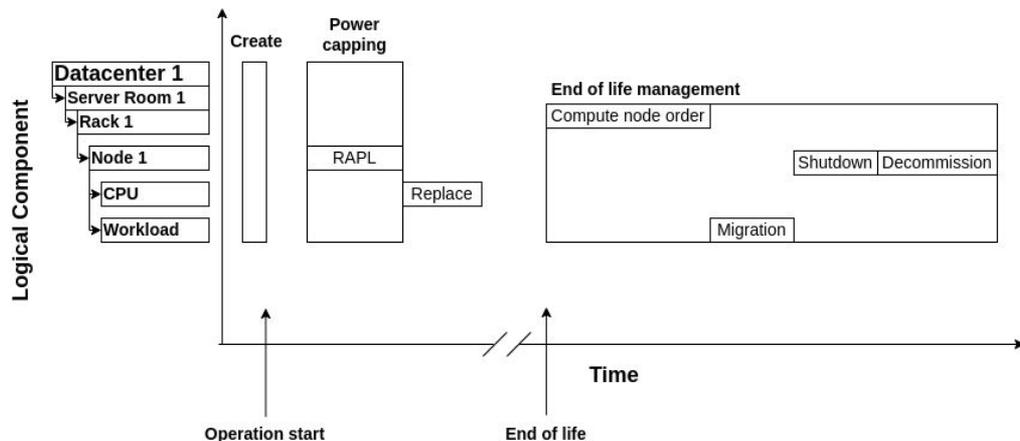
Table de leviers du déploiement de nœud de calcul

Model	Time	Carbon footprint
Dell PowerEdge R640	3 weeks	1306,37 kgCO ₂ eq
Dell PowerEdge R630	3 weeks	1285,02 kgCO ₂ eq
Dell PowerEdge R440	3 weeks	1177,6 kgCO ₂ eq

Gantt Chart environnemental

- Chronologie du cycle de vie complet de chaque composant du datacenter
- Contient une liste de leviers appliqués à un composant depuis le début de sa vie

Exemple d'un Gantt Chart environnemental



Scénarios d'utilisation

- Positionnement des leviers pour
 - Exécution immédiate
 - Planification future
- Rejeu du passé
- Suivi des métriques
 - Afin de quantifier les impacts et les gains
 - Énergie, CO2, gaz à effet de serre
- Tableau de bord
- Analyse du cycle de vie

Framework d'orchestration des leviers

- Gestion des leviers et leurs combinaisons
 - Placement des leviers sur le Gantt Chart environnemental
- Dans le but de
 - **Réduire les impacts**
 - Consommation énergétique, émissions carbone, gaz à effet de serre
 - **Respecter les contraintes**
 - Qualité de service, budget énergétique, capacité de refroidissement
 - **Répondre à une demande d'un opérateur cloud**
- Surveillance de l'application des leviers
 - Détecter et réagir en cas de problème lors de l'application du levier

Validation de l'approche

Deux scénarios sélectionnés

- *Plafonnement temporaire de puissance à l'échelle du datacenter*
 - Leviers technologiques
- *Minimisation de l'empreinte carbone globale d'un datacenter*
 - Leviers technologiques et logistiques

Plafonnement temporaire de puissance à l'échelle du datacenter

- Leviers modélisés
 - **Leviers atomiques**
 - *Levier de limitation de puissance RAPL*
 - *Levier d'allumage/extinction*
 - **Levier de plafonnement de puissance intelligent**
- Travail en amont
 - Évaluation expérimentale des impacts des leviers atomiques
 - **Environnement:** Cluster Gros de Grid'5000
 - Création des tables de leviers pour les leviers atomiques
- Fonctionnement
 - Framework d'orchestration place le levier intelligent sur Gantt Chart
 - Levier intelligent trouve un placement des leviers atomiques et les place sur le Gantt Chart
 - Leviers atomiques sont appliqués aux nœuds de calcul individuels
 - Framework vérifie si la contrainte de puissance est respectée

Table de leviers du levier de limitation de puissance RAPL

Power limit	Median compute node power
125 (No limit)	175.89 W
120	169.91 W
110	159.13 W
100	148.57 W
90	137.59 W
80	126.85 W
70	116.10 W
60	105.89 W
50	95.87 W
40	85.31 W
30	76.43 W
20	74.01 W
10	73.72 W

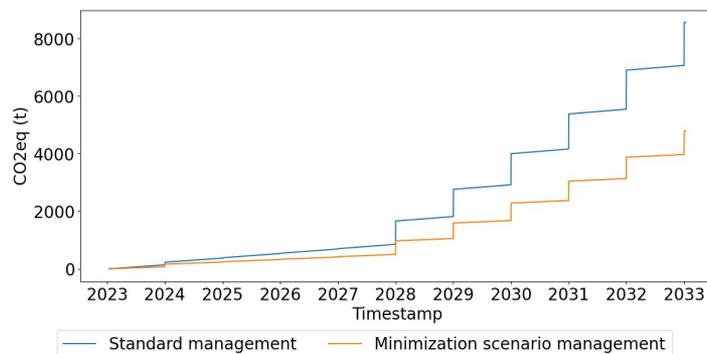
Table de leviers du levier d'allumage/extinction

Parameters	Values
E_{offOn} (Joules)	20,952.2
T_{offOn} (Seconds)	192.4
E_{onOff} (Joules)	52.9
T_{onOff} (Seconds)	2.6
P_{idle} (Watts)	53.2
P_{off} (Watts)	4.4

Minimisation de l'empreinte carbone globale d'un datacenter

- Simulation du processus de gestion d'infrastructure utilisé par les fournisseurs de cloud
 - *Modélisation de leviers* représentant différentes étapes de gestion d'infrastructure
 - *Évaluation de leurs impacts* en termes d'empreinte carbone
 - *Placement des leviers* sur le Gantt Chart environnemental
 - *Évaluation de l'empreinte carbone* de l'infrastructure sur 10 ans
- Création d'un scénario de minimisation de l'empreinte carbone
 - *Modélisation et ajout de leviers intelligents d'optimisation*
 - *Optimisation des nœuds de production*
 - *Gestion des nœuds inactifs*
 - *Ajout moins agressif de nœuds de calcul*
 - *Placement des leviers* sur le Gantt Chart environnemental
 - *Évaluation de l'empreinte carbone* de l'infrastructure sur 10 ans

Minimisation de l'empreinte carbone globale d'un datacenter - Résultats



Évolution de l'empreinte carbone sur une période de dix ans

- Scénario de minimisation permet de réduire considérablement l'empreinte carbone globale de l'infrastructure
- Gantt Chart environnemental
 - Donne un aperçu de l'infrastructure du fournisseur de cloud
 - Contient toutes les actions effectuées
 - Peut être utilisé pour une optimisation plus poussée du processus de gestion

Conclusion

- **Modélisation et orchestration des leviers** hétérogènes qui inclut à la fois des leviers technologiques et logistiques
 - Améliorer les performances énergétiques et environnementales globales de l'ensemble de l'infrastructure du datacenter
- **Concept d'un Gantt Chart environnemental** qui permet de suivre l'ensemble du cycle de vie des infrastructures et peut être utilisé pour
 - Gestion instantanée de l'infrastructure et planification des actions
 - Suivi de métriques, analyse des impacts et optimisation des processus de gestion de l'infrastructure
 - Tableau de bord et analyse du cycle de vie
- **Validation de l'approche** pour
 - *Plafonnement temporaire de puissance à l'échelle du datacenter*
 - Réduire la puissance instantanée de l'ensemble du centre de données d'une quantité substantielle (50 % dans notre exemple) sans éteindre les nœuds de calcul
 - *Minimisation de l'empreinte carbone globale d'un datacenter*
 - Optimiser la gestion de l'infrastructure et, par conséquent, réduire son empreinte carbone

Travaux futurs

- **Valider le scénario de plafonnement temporaire de puissance**
 - Sur une infrastructure de centre de données réelle contenant des centaines de nœuds
 - En tenant compte non seulement de la partie nœud de calcul, mais également d'autres composants du centre de données tels que le refroidissement et l'alimentation
- **Valider le scénario de minimisation d'empreinte carbone globale**
 - En intégrant dans le framework d'orchestration des leviers de chaque étape du processus de gestion de l'infrastructure d'un fournisseur de cloud existant
- **Intégrer le framework proposé avec des systèmes de gestion déjà existants comme *SLURM* et *OpenStack***

Résultat des travaux

Article: *Modeling, evaluating and orchestrating heterogeneous environmental leverages for large scale data centers management*

- Présenté au workshop CCDSC
- Accepté à un numéro spécial du journal *IJHPCA (International Journal of High Performance Computing)*
- <https://hal.science/hal-04047008>

Merci pour votre attention!

Avez-vous des questions ?