

Optimisation multi-critère pour l'allocation de ressources sur Clouds distribués avec prise en compte de l'énergie

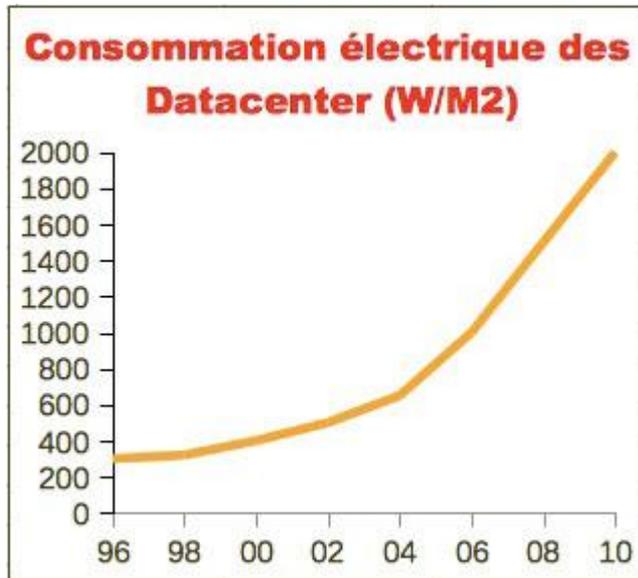
Y. Kessaci, N. Melab et E-G. Talbi
Equipe Dolphin , Université Lille 1, LIFL-CNRS, INRIA Lille-Nord Europe



Plan

- ◆ **Motivation**
- ◆ **Modèles de Cloud**
- ◆ **Contribution**
- ◆ **Expérimentation**
- ◆ **Perspectives**
- ◆ **Conclusion**

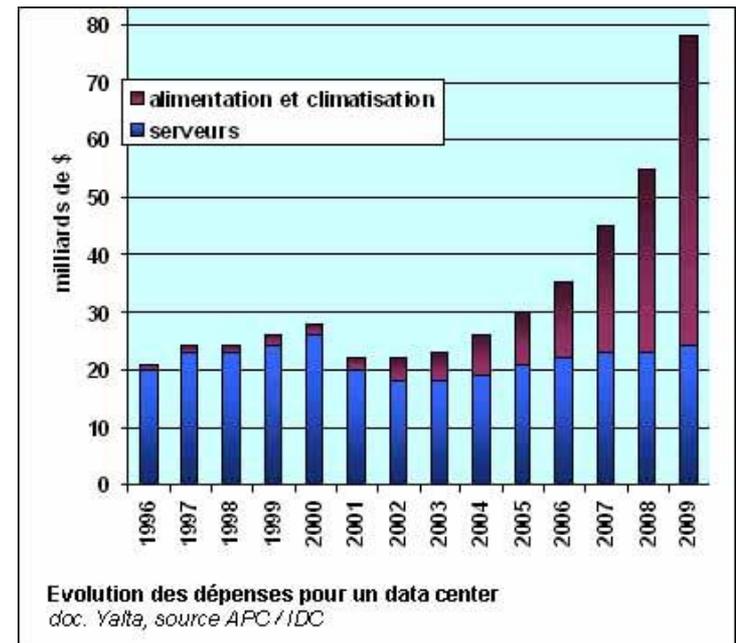
Motivation



Source: <http://www.efficap-energie.com/>

- La consommation énergétique représente plus de **50%** de la facture totale du data center.

- L'énergie totale consommée par les data center a doublé sur la période 2005-2010.
- L'industrie des technologies et de l'information représente approximativement **2%** des émissions de CO2 dans le monde.



Domaines d'application

- Data center
- Cloud computing



Problème

Energie consommée colossale
(a doublé entre 2005 et 2010)

Solution

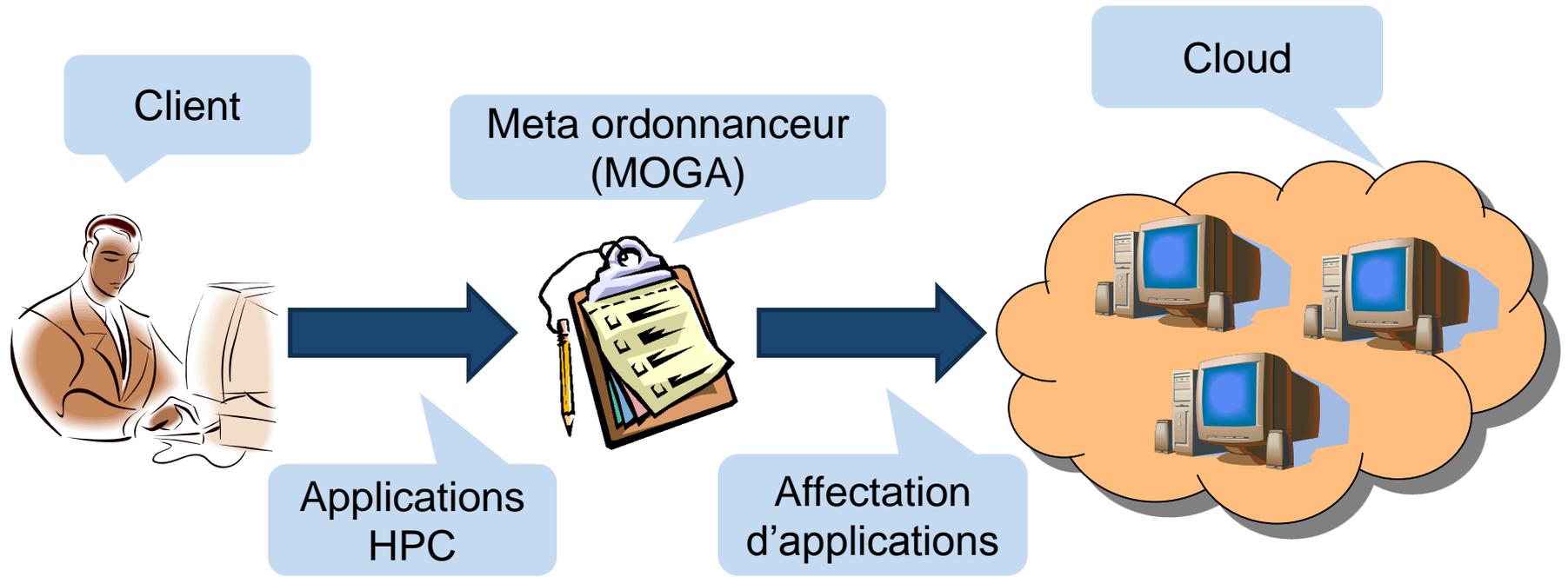
Minimisation de la
consommation
énergétique

Minimisation des
émissions de CO2

Minimisation des
coûts

Maximisation
des profits

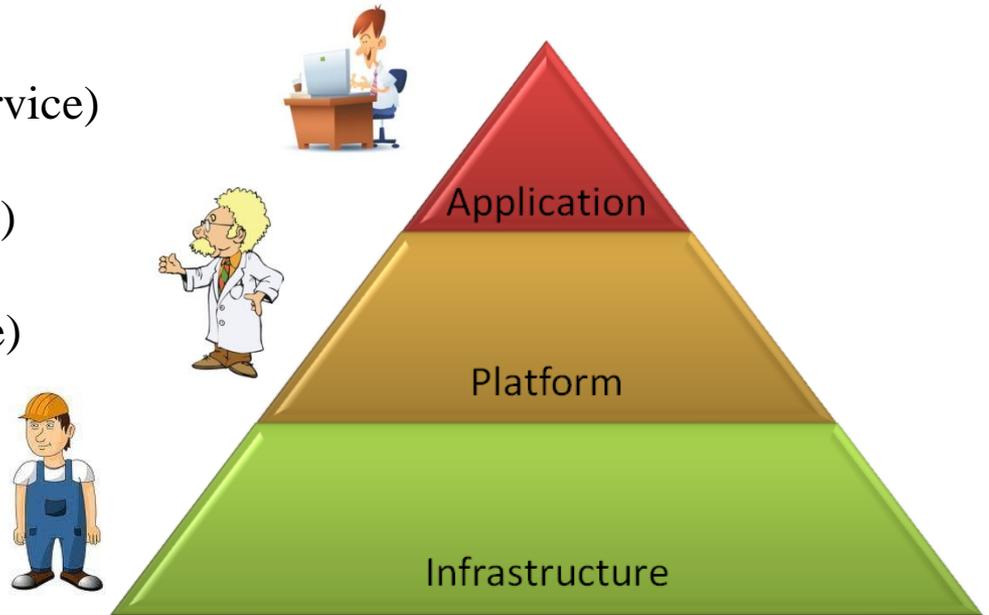
Vision globale



Modèles de Cloud

➤ Différents selon le type de services proposés:

- ✓ IaaS (Infrastructure as a Service)
- ✓ PaaS (Platform as a Service)
- ✓ SaaS (Software as a Service)

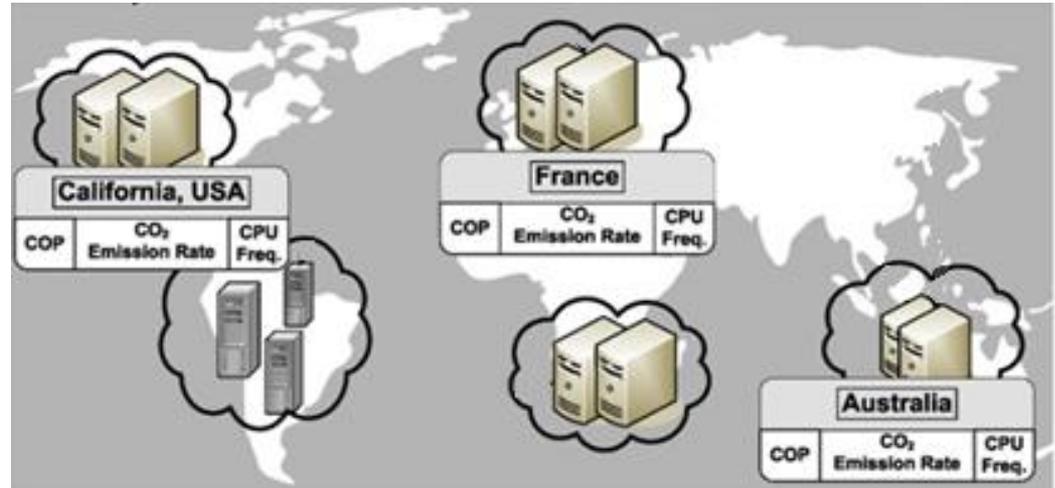


Infrastructure as a Service (IAAS)

- Le fournisseur Cloud maintient: la virtualisation, le matériel serveur, le stockage et les réseaux.
- L'entreprise maintient: les applications, les runtimes, l'intégration SOA, les bases de données et le logiciel serveur.
- ✓ Modèle deux tiers (Client, Fournisseur).
- ✓ Modèle économique basé sur la consommation d'infrastructures.
- ✓ Paiement à la demande (pay as you go).

Fédération de Clouds

- ✓ Cloud géographiquement distribué
- ✓ 3 continents (Amérique, Europe et Océanie)
- ✓ Architecture à la **Open Cirrus**



Localisation	Taux COP	Taux Co2 (kg/kW h)	Prix de l'électricité (\$/kW h)	Cpu Alpha	Cpu Beta	Frequence max (Ghz)	Frequence Opt (Ghz)	Nb processeur
New York, USA	3.05288430624641	0.389	0.15	65	7.5	1.8	1.630324	2050
Pennsylvania, USA	1.69138630912639	0.574	0.09	75	5	1.8	1.8	2600
California, USA	2.19652511128224	0.275	0.13	60	60	2.4	0.793701	650
Ohio, USA	1.27017081994563	0.817	0.09	75	5.2	2.4	1.93201	540
North Carolina, USA	1.84324268393684	0.563	0.07	90	4.5	3.0	2.154435	600
Texas, USA	1.60832327774260	0.664	0.1	105	6.5	3.0	2.00639	350
France	0.915954867727123	0.083	0.17	90	4.0	3.2	2.240702	200
Australia	3.09966378393583	0.924	0.11	105	4.4	3.2	2.285084	250

Taux CO2 → Department Of Energy (DOE)

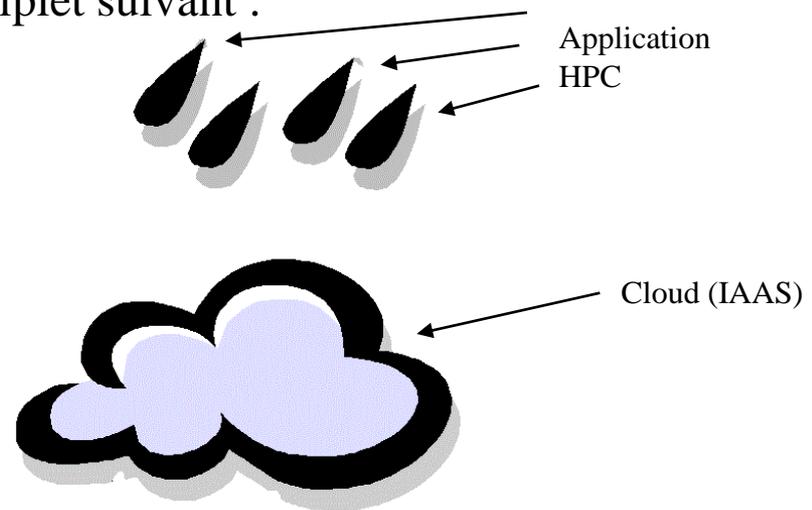
Prix de l'électricité → Energy Information Administration (EIA)

Autres paramètres → Statistique sur d'autres travaux (Wang et al) ou générateur

Modèle d'application : HPC

➤ Le méta-ordonnanceur reçoit des rafales de requêtes (applications) avec comme information sur chaque application j le triplet suivant :

(e_j, n_j, d_j)



e_j Le temps d'exécution de l'application (réservation)

n_j Le nombre de processeurs réservés

d_j La deadline de l'application

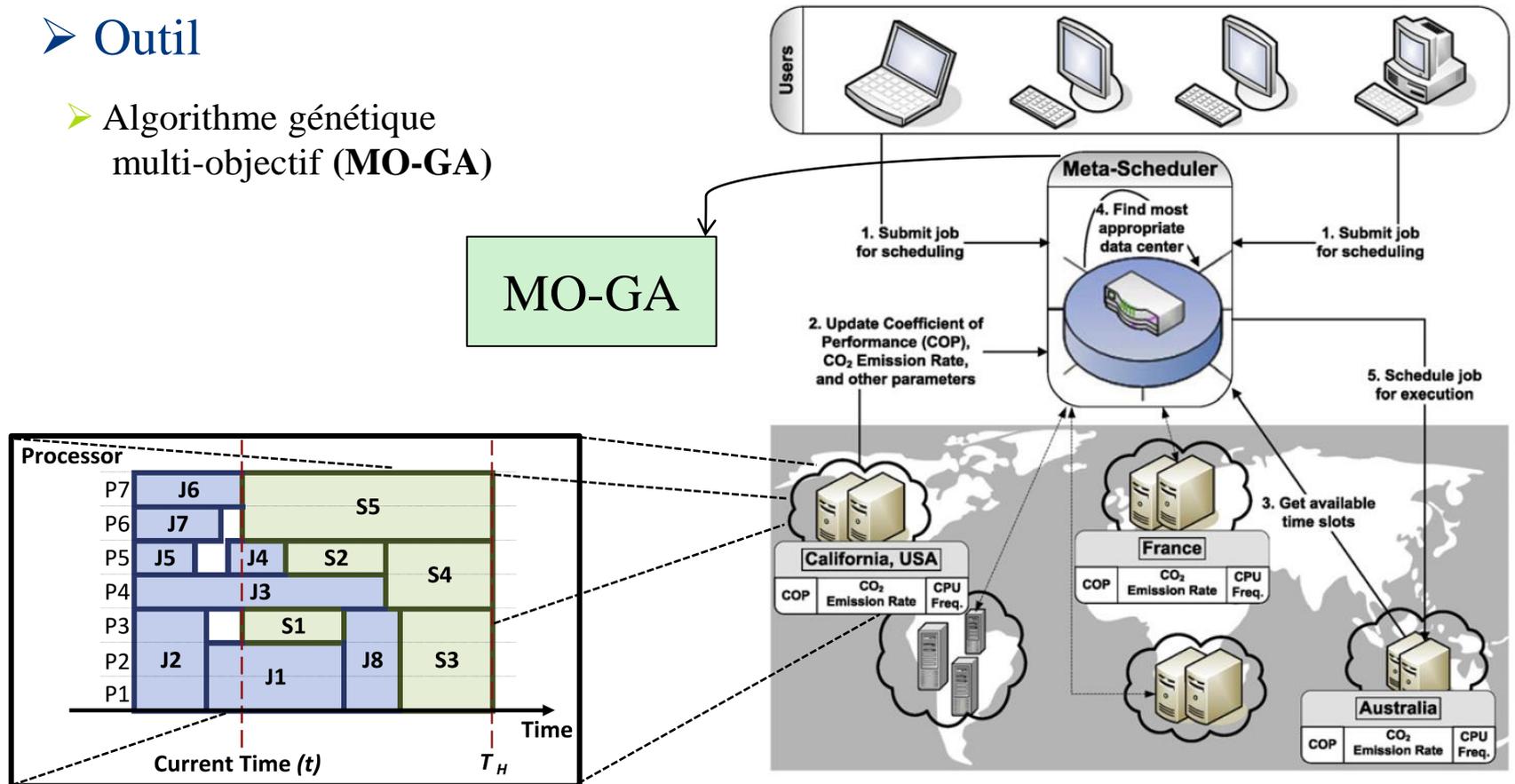
Méta-ordonnancement

➤ Solution

- Placement optimal en fonction des **métriques** et en respectant les **contraintes**

➤ Outil

- Algorithme génétique multi-objectif (**MO-GA**)



Problématique

➤ Problématique

- ✓ Ordonnancer J applications sur N Clouds (**NP dur**) en respectant les contraintes...
 - ... Deadline (contrainte forte): retard non toléré
 - ... Une application ne peut être exécutée que sur un et un seul Cloud (fédération faiblement couplée)
 - ... Le Cloud doit fournir le nombre nécessaire de processeurs dont a besoin l'application, en respectant sa deadline

➤ Objectifs

- ✓ Satisfaire le maximum de requêtes client ...
 - ... en optimisant les trois objectifs (énergie, CO2, profit)

Métriques (1)

➤ Energie

- Pour chaque Cloud on **minimise** l'énergie consommée

- ✓ Energie nécessaire au calcul (E^c)
- ✓ Energie nécessaire au refroidissement du Cloud (E^h)

$$E_{ij}^c = (\beta_i + \alpha_i f_{ij}^3) \times n_j \times e_{ji}$$

$$E^h = \frac{E^c}{COP}$$

$$E_{total} = E^c + E^h$$



➤ CO2

- Pour chaque Cloud on **minimise** la quantité émise de CO2

$$CO_2 = E_{total} \times Taux CO_2$$



Métriques (2)

➤ Profit

- L'optimisation du profit consiste à **maximiser** les gains du fournisseur à chaque ordonnancement

Prix facturé au client

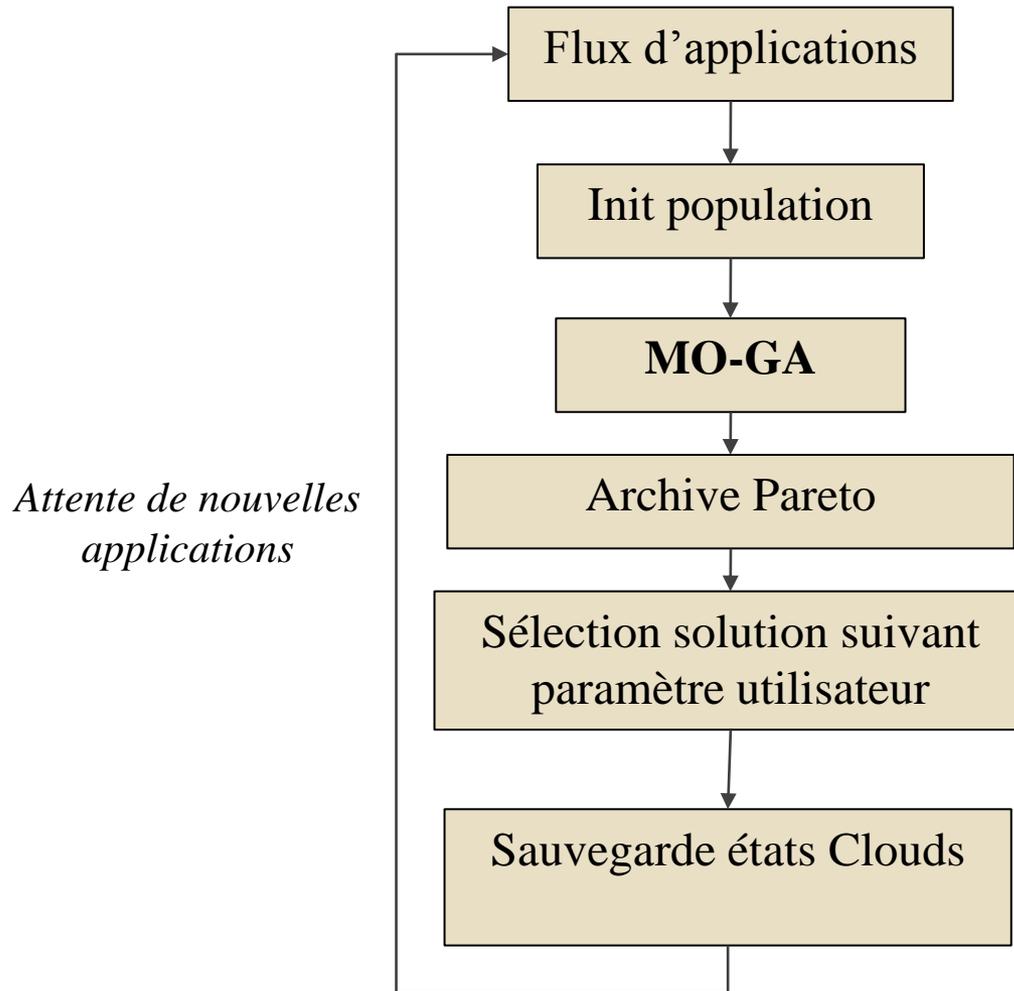
Prix énergie électrique consommée

$$\text{Profit}_{ij} = n_j \times e_{ji} \times p^c - (p_i^e \times E_{ij})$$

Où : n_j le nombre de processeurs
 e_{ji} le temps d'exécution de l'application
 p^c tarif à l'heure du client
 p_i^e prix électricité
 E_{ij} Energie consommée

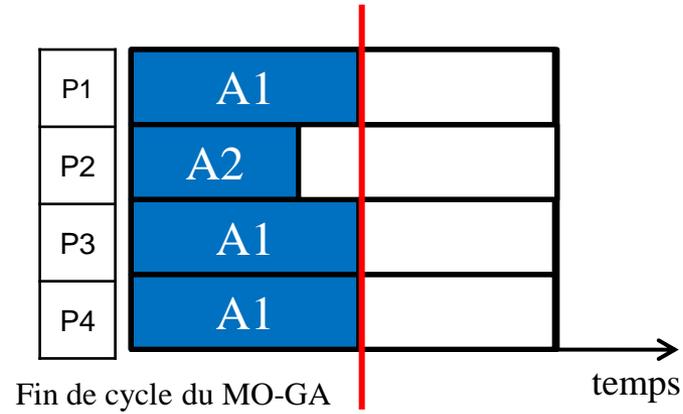


Algorithme

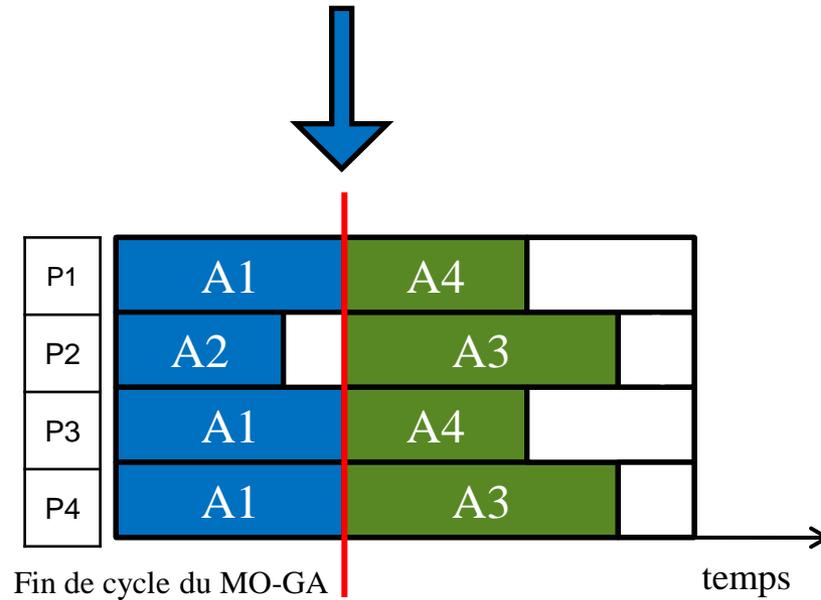


Changement d'état

Etat précédent du Cloud



Etat du Cloud après mise à jour des ressources



Expérimentation

➤ Paramètres d'expérimentation

- 4 types de scénarios de flux d'arrivage des applications (lent, modéré, fort, très fort).
- Expérimentation réaliste tirée des archives de charge de travail de Feitelson's Parallel Workload. (http://www.cs.huji.ac.il/labs/parallel/workload/I_llnl_thunder/index.html)
- Nombre total d'applications ordonnancées: **128662** (5 mois de requêtes).
- Méta-ordonnancement sur une fédération de **8** Clouds.

➤ Comparaison

- Problème non traité dans la littérature de manière multi-objective au sens Pareto.
- Comparaison avec une heuristique qui maximise le nombre d'applications ordonnancées.

Résultats

➤ Taux de succès des applications

- Le taux de succès en moyenne des applications à travers les différents arrivages est de **97.46%**
- L'amélioration par rapport à l'heuristique qui maximise le nombre d'applications ordonnancées est de **2,67%**

➤ Amélioration des différents critères

- La consommation totale d'énergie du Cloud distribué est réduite de **4.66%**
- Les émissions de CO2 du Cloud distribué de **10.85%**
- Le profit du fournisseur augmenté de **1.62%**

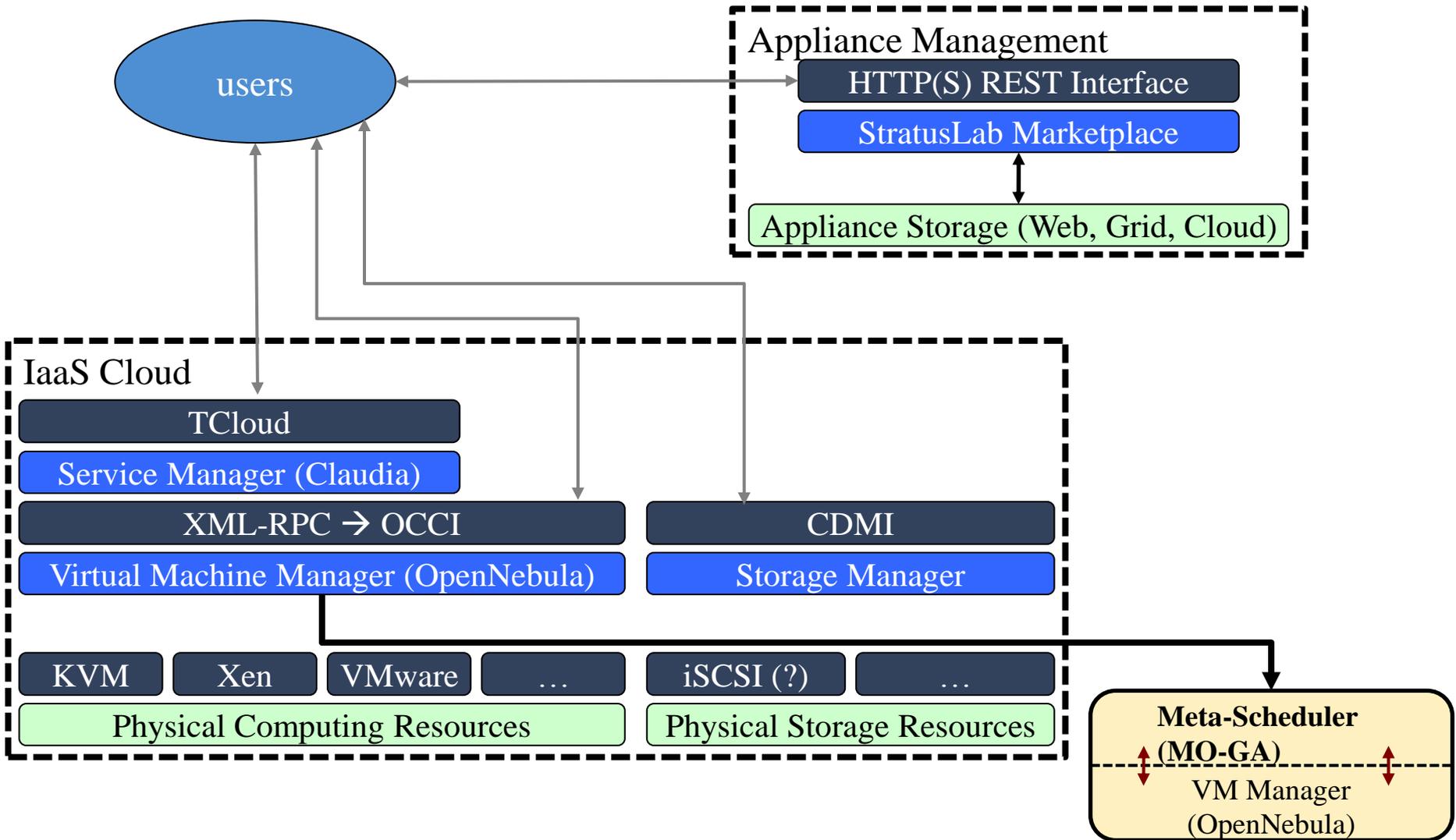
Perspectives

- Minimiser encore plus la consommation d'énergie en utilisant le Dynamic Voltage Scaling (DVS) au sein de chaque Cloud.
- Modifier le modèle en tolérant les retards d'exécution des applications en introduisant un nouveau modèle de tarification avec pénalités.
- Intégrer la dynamique au méta-ordonnanceur, pour une réallocation d'application en temps réel.

➤ Utiliser EGI comme base de fédération de Clouds pour notre prochain modèle et ainsi jouer sur la dispersion géographique offerte au niveau **européen...**
... module au sein d'un « Cloud Distribution » ex: StratusLab.



StratusLab & MO-GA



Conclusion

- La dispersion géographique aide à optimiser l'énergie consommé et les taux d'émission de Co2 de manière significative.
- L'algorithme génétique multi-objectif permet l'exploitation d'un grand nombre de possibilité de méta-ordonnancement ce qui permet d'obtenir les meilleurs résultats.
- MO-GA permet un meilleur taux d'ordonnancement d'application comparé à l'heuristique.
- MO-GA permet une amélioration de tous les objectifs traités en comparaison à l'heuristique.

Merci de votre attention

Questions ?