

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

INSTITUT NATIONAL
DE RECHERCHE
EN INFORMATIQUE
ET EN AUTOMATIQUE



centre de recherche
LILLE - NORD EUROPE

Présenté par: Yacine KESSACI

Encadrement : N. MELAB
E-G. TALBI



Université
Lille1
Sciences et Technologies

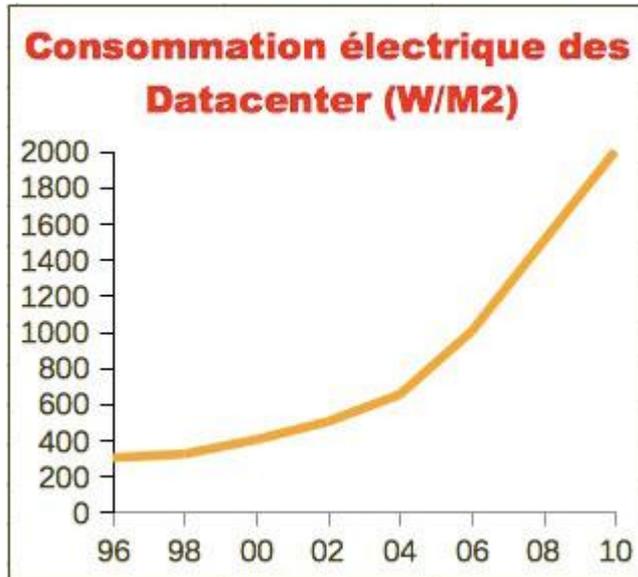


Plan

- ◆ **Motivation**
- ◆ **Modèles de Cloud**
- ◆ **Problématique**
- ◆ **Contribution**
- ◆ **Expérimentation**
- ◆ **Résultats**
- ◆ **Conclusion et perspectives**

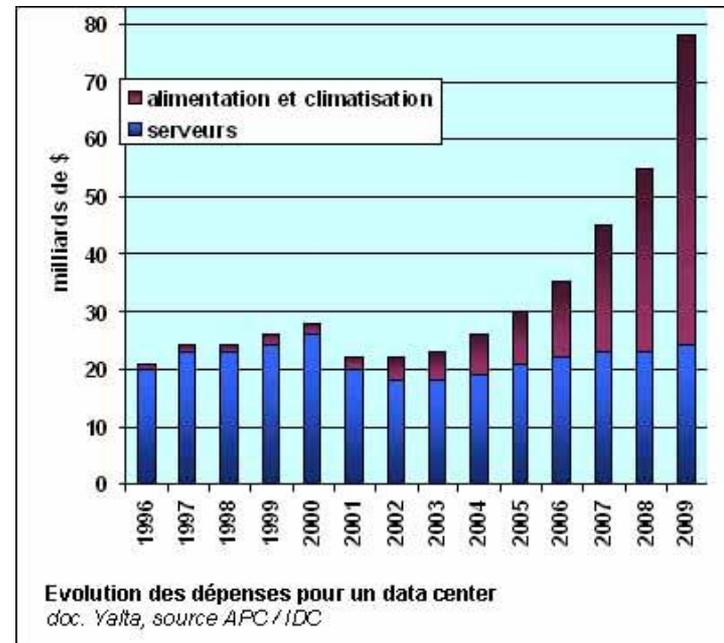


Motivation



- 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

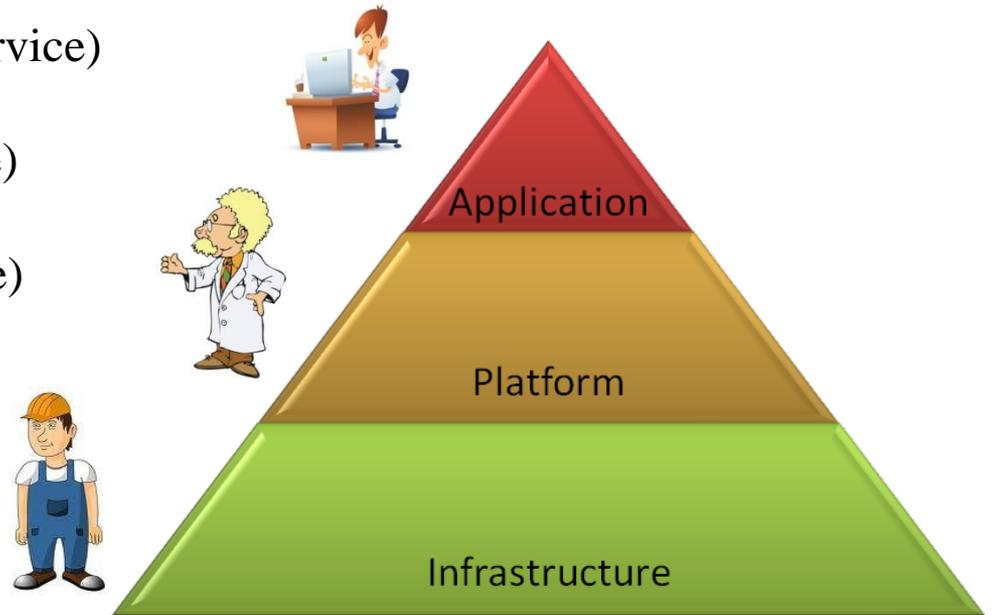
Minimisation des
émissions de CO2

Minimisation des
coûts

Maximisation
des profits

➤ Diffèrent 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)

L'entreprise maintient: les applications, les runtimes, l'intégration SOA, les bases de données et le logiciel serveur.

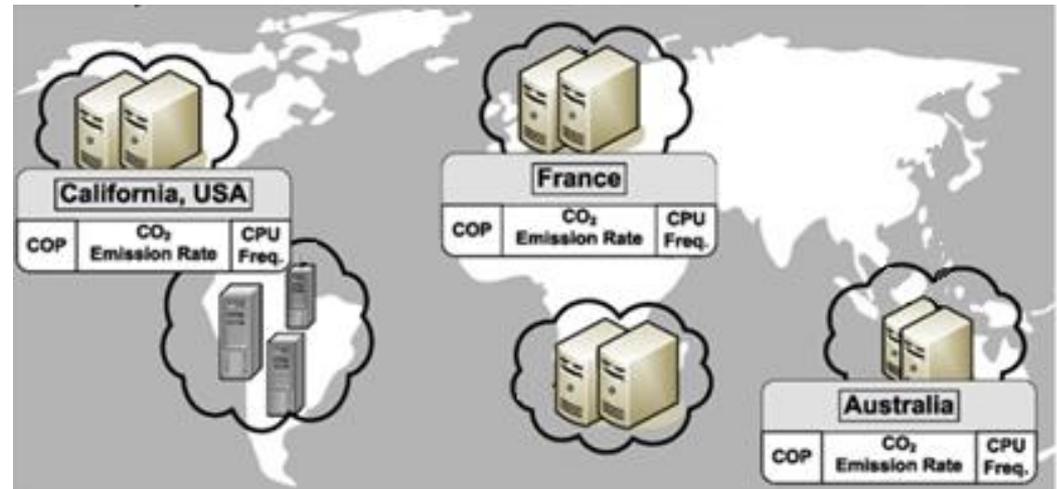
➤ Le fournisseur Cloud maintient: la virtualisation, le matériel serveur, le stockage et les réseaux.

- ✓ 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)



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)

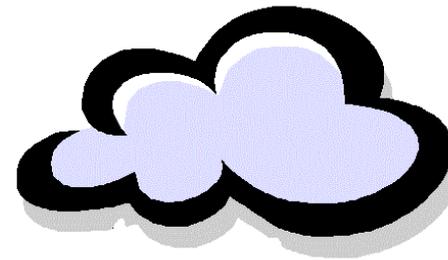
Autres paramètres → Statistique sur d'autres travaux (Wang et al) ou générateur



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

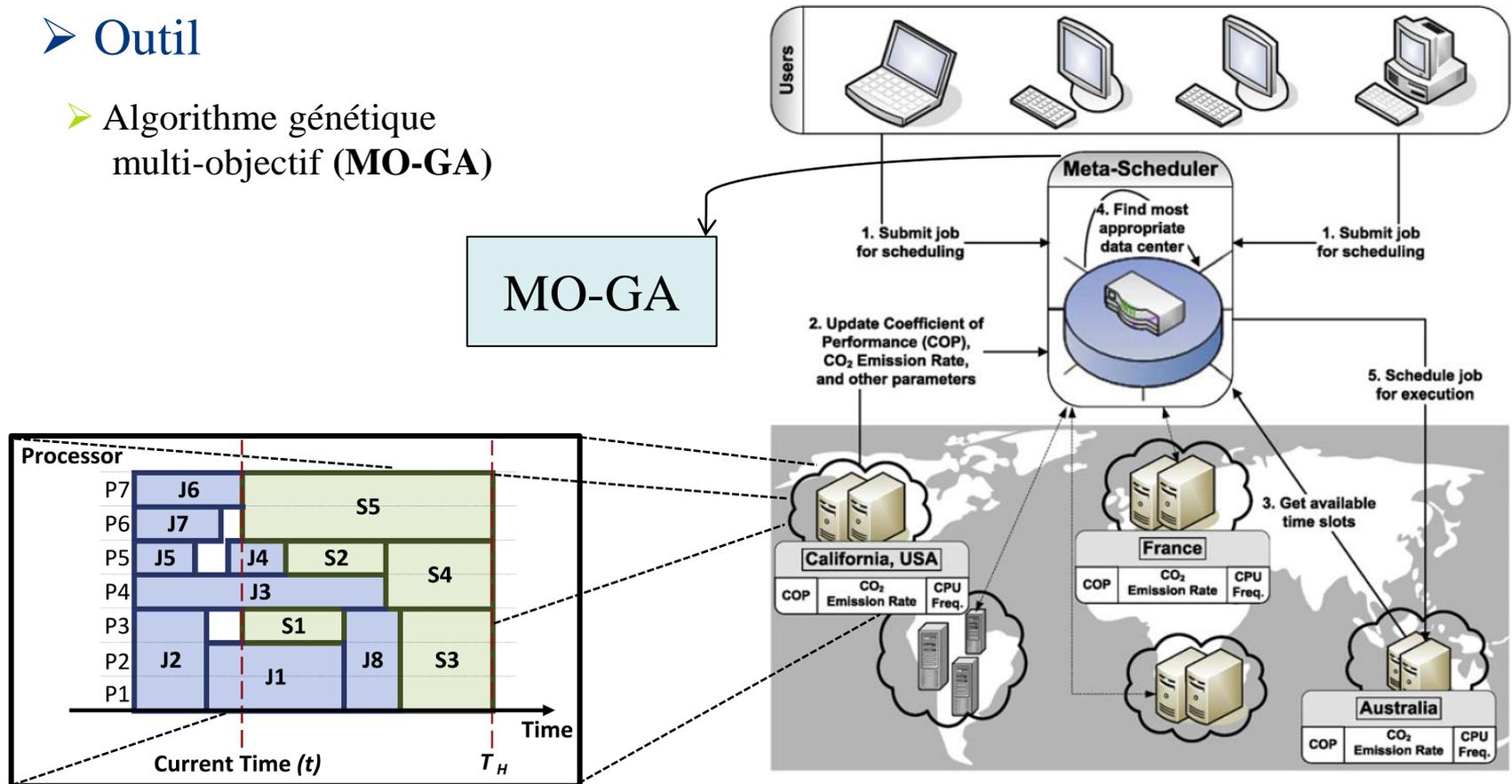


➤ Solution

- 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 data centers (**NP dur**) en respectant les contraintes...
 - ... Deadline (contrainte forte): pas de notion de retard
 - ... Une application ne peut être exécutée que sur un et un seul data center
 - ... Le data center doit fournir le nombre nécessaire de processeurs dont a besoin l'application, qui respectent sa deadline

➤ Objectifs

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



Métriques (1)

➤ Energie

- Pour chaque data center on **minimise** l'énergie consommée
 - ✓ Energie nécessaire au calcul (E^c)
 - ✓ Energie nécessaire au refroidissement du data center (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 data center on **minimise** la quantité émise de CO2

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



➤ Profit

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

Prix facturé au client

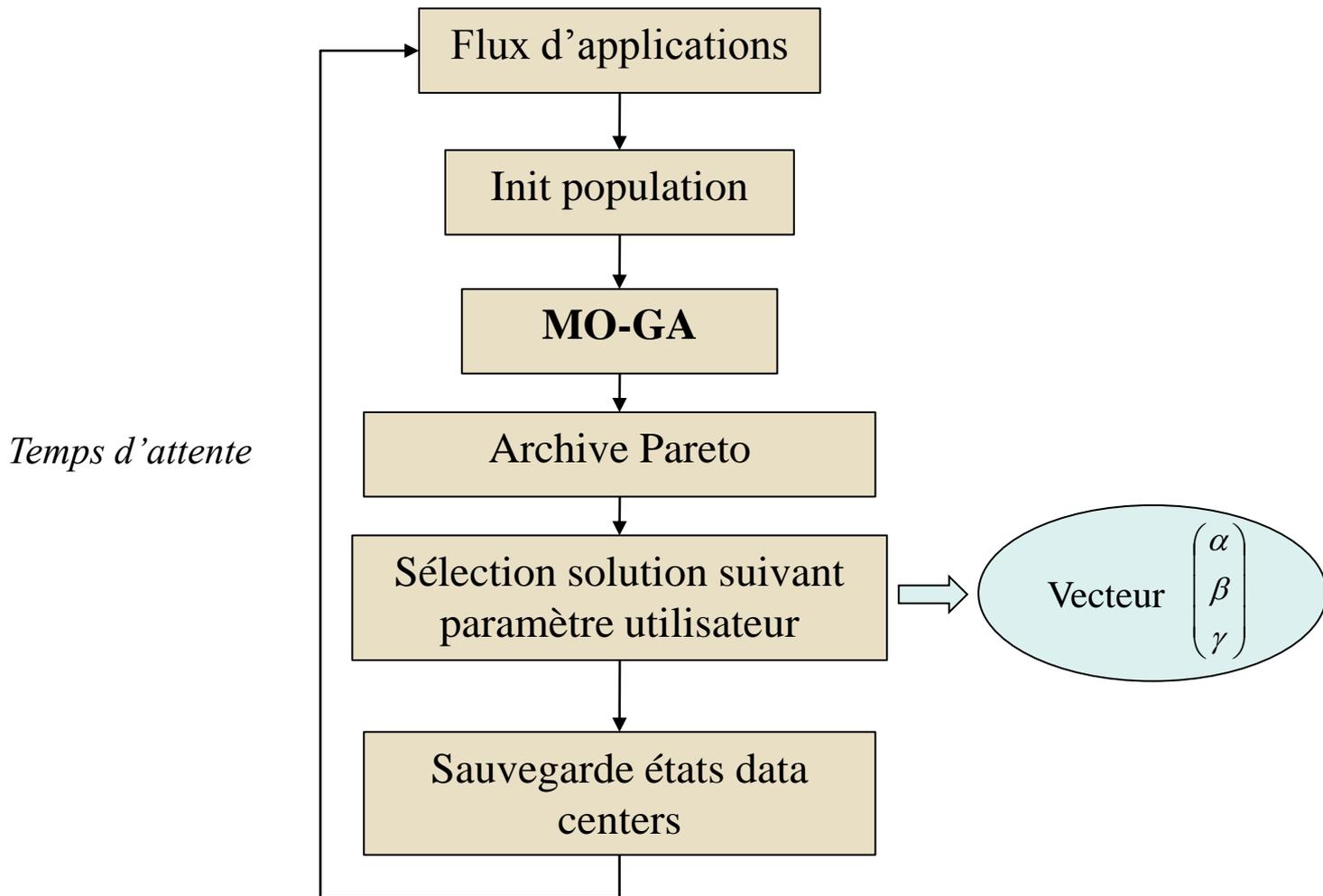
Prix énergie électrique consommée

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

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



Contribution

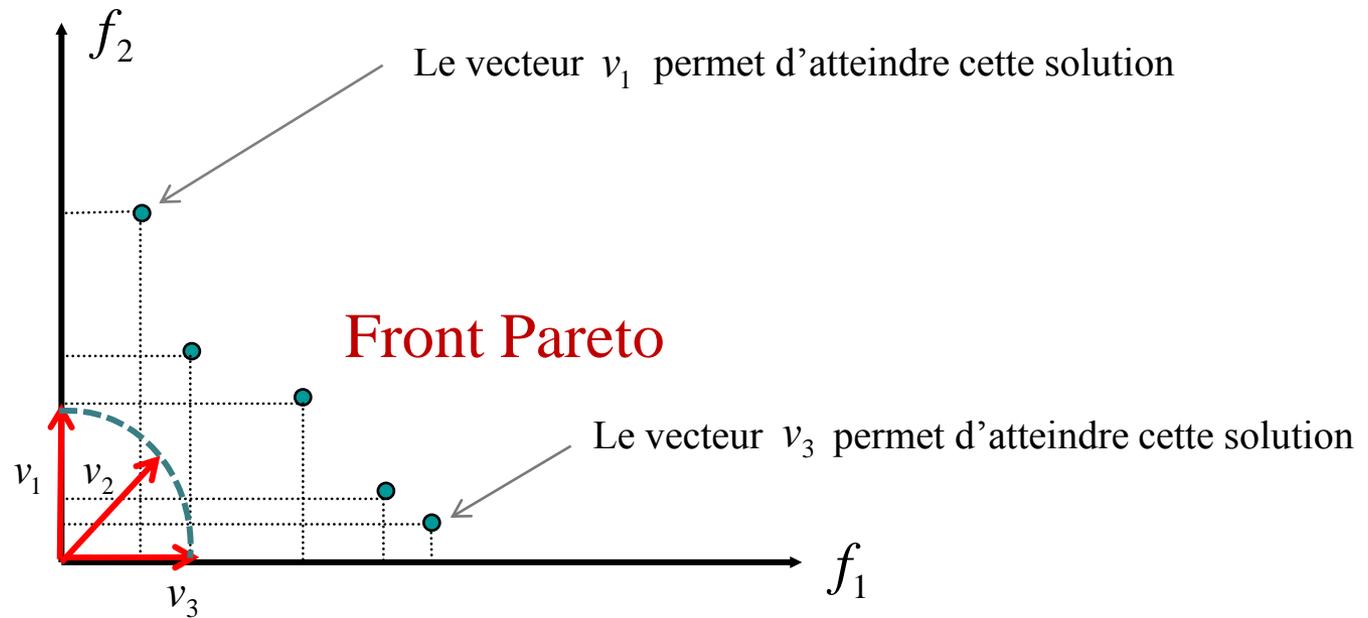


Mécanisme de sélection

$$v_1 = \begin{pmatrix} \alpha = 0 & f_1 \\ \beta = 1 & f_2 \end{pmatrix}$$

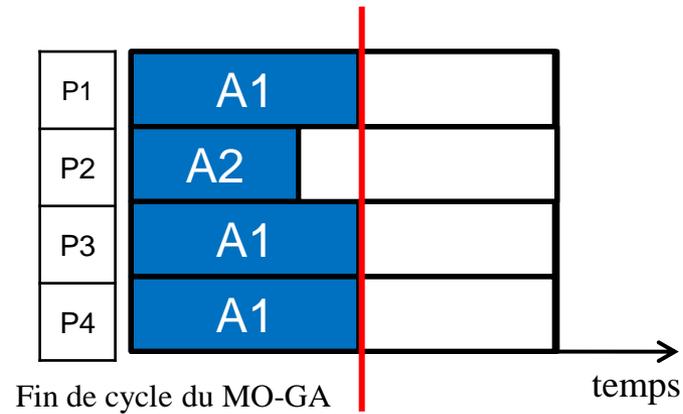
$$v_2 = \begin{pmatrix} \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} & f_1 \\ \beta = \frac{\sqrt{2}}{2} & f_2 \end{pmatrix}$$

$$v_3 = \begin{pmatrix} \alpha = 1 & f_1 \\ \beta = 0 & f_2 \end{pmatrix}$$

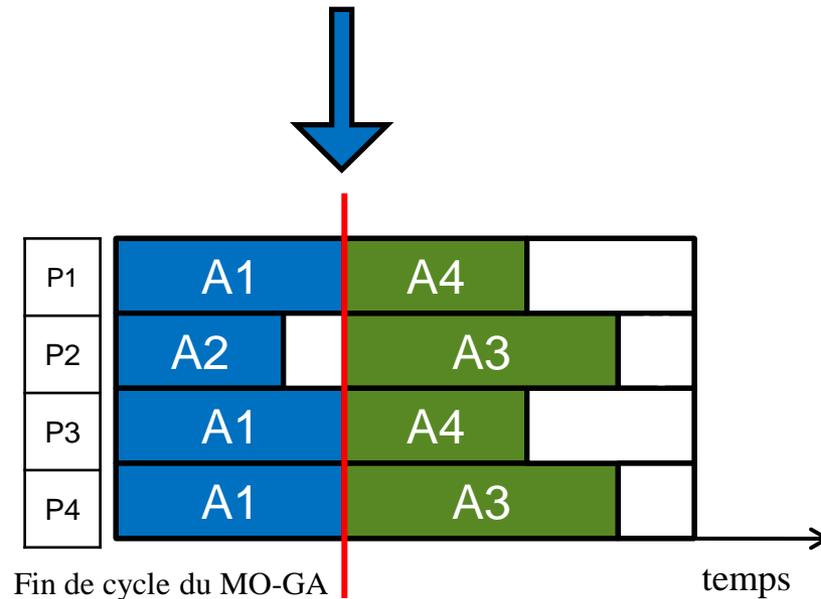


Changement d'état

Etat précédent du data center



Etat du data center après mise à jour des ressources



Expérimentations (1)

➤ Paramètres d'expérimentations

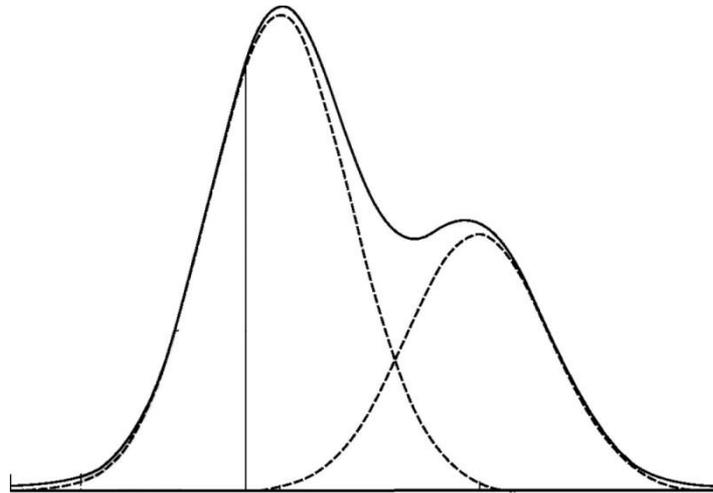
- 4 types de scénarios de flux d'arrivage des applications (lent, modéré, fort, très fort). Chaque passage d'un mode de flux à l'autre représente un arrivage **10** fois plus important d'applications que dans le cas précédent.
- Différentes politiques de sélection de l'état de transition d'une phase d'ordonnancement à l'autre (Vecteur).
- Expérimentation réaliste tirée des archives de charge de travail de Feitelson's Parallel Workload.
- Nombre total d'applications ordonnancées: **128662** (5 mois de requêtes).
- Méta-ordonnancement réparti sur **8** data centers géographiquement répartis.



Expérimentation (2)

➤ Jeux de données

- Les deadlines sont générées suivant une distribution bimodal (80% «Low Urgency», 20% «High Urgency»).
- Une application LU a une deadline 3 fois plus large que une application HU.



➤ 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 réussite des applications

- Le taux de réussite 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'application ordonnancé 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%**



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 l'heuristique.
- MO-GA permet une amélioration de tous les objectifs traités en comparaison à l'heuristique.



Perspectives

- Minimiser encore plus la consommation d'énergie en utilisant le Dynamic Voltage Scaling (DVS) au sein de chaque data center
- 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.



Merci de votre attention

Questions ?

