

Échange de tâches pour la réduction de la durée moyenne de réalisation



Ellie Beauprez, Anne-Cécile Caron, Maxime Morge, Jean-Christophe Routier

Équipe SMAC, CRIS^tAL, Univ. Lille

27 juin 2022

Échange de tâches

Pour la réduction de la durée moyenne de réalisation

- **Objectif.**

Optimisation du réordonnancement de tâches pour des jobs multiples qui doivent être exécutés au plus tôt

- **Cadre applicatif.**

Traitement de données massives avec MapReduce

- **Proposition.**

Stratégie de négociation pour des agents coopératifs afin d'échanger des tâches grâce à leur modèle des pairs

- **Contributions.**

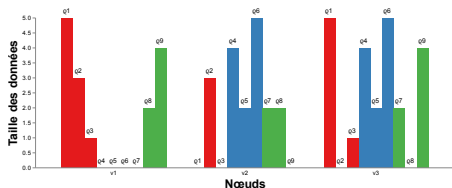
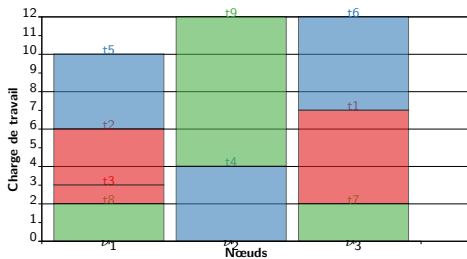
- ① Généralisation de la notion de réallocation bilatérale (échanges de tâches, délégations de tâches)
- ② Stratégie de contre-offre
« la stratégie d'échange prolonge la stratégie de délégation »
- ③ Expériences approfondies

Plan

- 1 Exemple fil rouge
- 2 Travaux connexes
- 3 Stratégie multi-agents
 - Tâches situées
 - Processus de réallocation
 - Stratégie de négociation
- 4 Évaluation empirique
- 5 Conclusion
 - Bibliographie

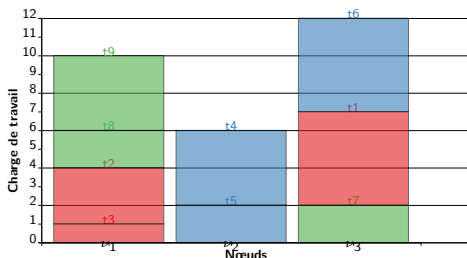
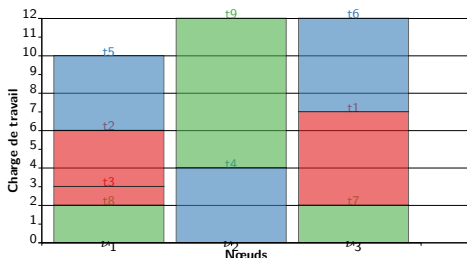
Exemple fil rouge

- Différents utilisateurs soumettent des jobs à exécuter
- Chaque job est composé de plusieurs tâches
- Les tâches sont distribuées parmi les nœuds
- Le coût d'une tâche peut varier d'un nœud à l'autre
- **Objectif** : réduire le *flowtime*, c.-à-d. la durée moyenne de réalisation des jobs



Exemple fil rouge

- Différents utilisateurs soumettent des jobs à exécuter
- Chaque job est composé de plusieurs tâches
- Les tâches sont distribuées parmi les nœuds
- Le coût d'une tâche peut varier d'un nœud à l'autre
- **Objectif** : réduire le *flowtime*, c.-à-d. la durée moyenne de réalisation des jobs



Les nœuds ν_1 et ν_2 échangent les tâches τ_5 et τ_9

Travaux connexes

Grille d'analyse des méthodes de (ré)affectation [BEAUPREZ, BIGAND et al., 2021]

	Ressources	Tâches	Exécutants	Objectif	Dynamique	Décentralisé	Technique/ Modèle
KUHN [1955]	—	n mono-exécutant	R_n mono-tâche	$W(\vec{A})$	X	X	LP
BRUNO et al. [1974]	—	n mono-exécutant	R_m multi-tâches	$C(\vec{A})$	X	X	LP
SHEHORY et KRAUS [1998]	—	n multi-exécutant	R_m mono-tâche	$W(\vec{A})$	✓	✓	Coalition
...
TURNER et al. [2018]	limitées	n mono-exécutant	R_m en ligne multi-tâches	$W(\vec{A})$	✓	✓	CBBA + classification
LI et al. [2014]	—	n mono-exécutant	P_m multi-tâches	$C(\vec{A})$ $\oplus W(\vec{A})$	✓	✓	DCOP
SCHAERF et al. [1995]	—	n mono-exécutant	P_m multi-tâches	$W(\vec{A})$	✓	✓	MARL
BAERT [2019]	transférables duplicables	n mono-exécutant	R_m multi-tâches	$C_{max}(\vec{A})$	✓	✓	Négociation collaborative
BEAUPREZ, CARON et al. [2021a]	transférables duplicables	n mono-exécutant	R_m multi-tâches	$C(\vec{A})$	✓	✓	Négociation collaborative

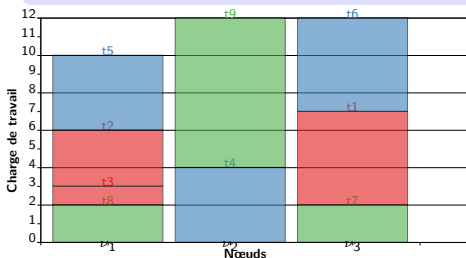
Formalisation

Tâches situées

Définition : MASTA⁺

Un **problème multi-agents d'allocation de tâches situées** (MASTA⁺) est un quadruplet $MASTA^+ = \langle \mathcal{D}, \mathcal{T}, \mathcal{J}, c \rangle$ où :

- $\mathcal{D} = \langle \mathcal{N}, \mathcal{E}, \mathcal{R} \rangle$ est un système distribué avec m nœuds ;
- $\mathcal{T} = \{\tau_1, \dots, \tau_n\}$ est un ensemble de n tâches ;
- $\mathcal{J} = \{J_1, \dots, J_\ell\}$ est une partition des tâches en ℓ jobs ;
- $c : \mathcal{T} \times \mathcal{N} \mapsto \mathbb{R}_+^*$ est la fonction de coût des tâches.



- **Flowtime** = durée moyenne de réalisation des jobs pour une allocation
- Ici $C_{rouge}(\vec{A}) = 7$, $C_{bleu}(\vec{A}) = 12$ et $C_{vert}(\vec{A}) = 12$, soit $\simeq 10,33$

Processus

Définition : réallocation bilatérale de tâches

- La **réallocation** est une modification de l'allocation courante via l'échange de tâches entre deux agents : une **délégation** sans contre-partie ou un **échange**.
- Une réallocation est **socialement rationnelle** vis-à-vis du *flowtime* si elle diminue le *flowtime*.
- Une allocation est **stable** s'il n'existe plus de réallocation socialement rationnelle.

Règle d'acceptabilité

Définition : acceptabilité

Soit \vec{A} une allocation pour un problème MASTA⁺. La réallocation bilatérale $\gamma(T_1, T_2, \nu_i, \nu_j, \vec{A})$ est **acceptable** par l'agent ν_i ssi il croit que le *flowtime* diminue strictement,

$$\sum_{J \in \mathcal{J}} \max_{\forall \nu_o \in \mathcal{N} \setminus \{\nu_i, \nu_j\}} \left(\underbrace{C_J(\overline{B_i \ominus T_1 \oplus T_2})}_{\text{connaissance locale}}, \underbrace{C_J^i(\overline{B_j \ominus T_2 \oplus T_1})}_{\text{croyance sur le contractant}}, \underbrace{C_J^i(B_o)}_{\text{croyance sur les autres pairs}} \right) < C^i(\vec{A}) \quad (1)$$

Propriété : terminaison

Toute séquence de réallocations socialement rationnelles est finie.

Stratégie de négociation

Modèle des pairs

- Le modèle des pairs est construit à partir des informations échangées par les agents
- Un agent a
 - ▶ des connaissances précises sur ses jobs et ses tâches
 - ▶ des croyances sur les jobs de ses pairs
 - ▶ aucune information sur la distribution des tâches chez ses pairs
- Les agents présument qu'ils ont tous la même stratégie de consommation

⇒ les agents n'ont pas les connaissances nécessaires pour proposer directement des échanges, ils ne peuvent proposer uniquement des délégations, et l'interlocuteur peut décider ou non de faire une contre-offre.

Stratégie de négociation

Négociation en deux phases

Comme chercher une contre-offre peut être coûteux, nous utilisons des échanges pour sortir des minimums locaux

Phase 1

Stratégie d'offre **conservatrice** où le donneur propose des délégations socialement rationnelles

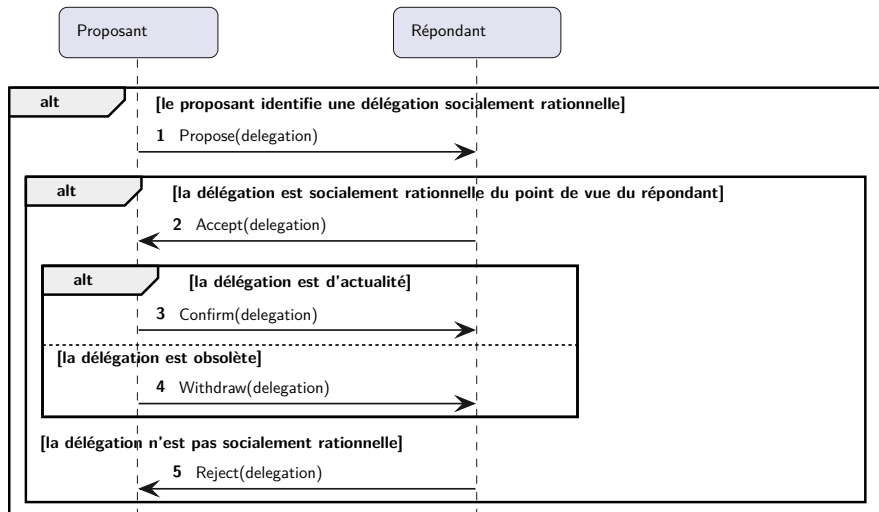
Phase 2

Stratégie d'offre **libérale** où le donneur propose des délégations même si elles ne sont pas rationnelles, et le receveur cherche une contre-offre pertinente

Alternance entre les deux phases jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de réallocation possible

Protocole de négociation

Phase 1



Stratégie de négociation

Phase 1

Donneur : stratégie d'offre

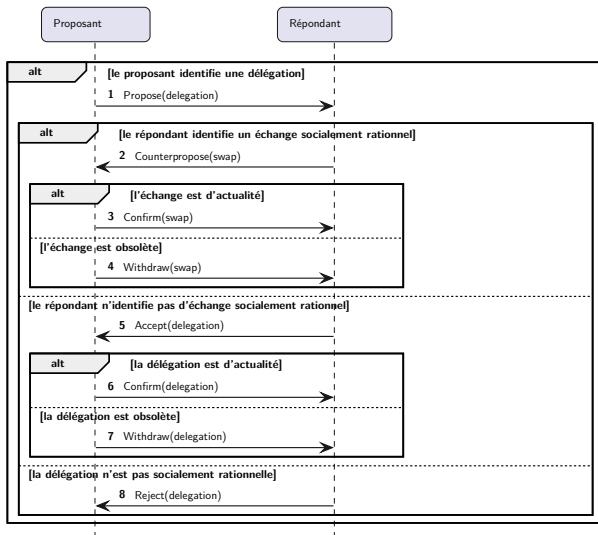
- 1 **Sélection d'un job** : le job pour lequel le donneur est limitant
- 2 **Sélection d'un receveur** : le nœud le « moins limitant »
- 3 **Sélection d'une tâche** : la tâche dont la délégation réduit le plus le coût
- 4 **Validation** : le donneur croit que la délégation est socialement rationnelle vis-à-vis du *flowtime*

Receveur : règle d'acceptabilité

Le receveur accepte la délégation s'il croit que la délégation est socialement rationnelle vis-à-vis du *flowtime*.

Protocole de négociation

Phase 2



Stratégie de négociation

Phase 2

Donneur : stratégie d'offre

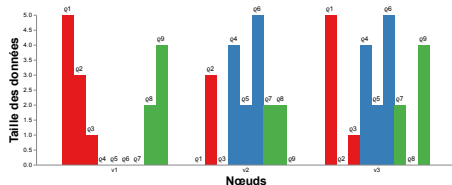
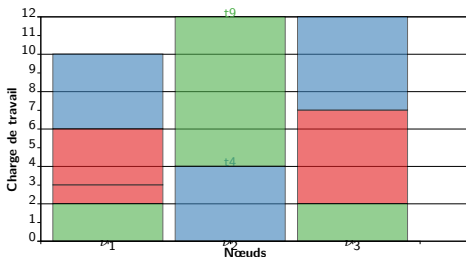
- Stratégie libérale proposant des délégations même si elles ne sont pas socialement rationnelles
- Heuristique qui sélectionne les tâches distantes les plus prioritaires

Receveur : stratégie de contre-offre

- ① **Sélection d'une tâche** : la tâche la plus prioritaire parmi les tâches non locales
- ② **Validation** : le receveur croit que l'échange est socialement rationnel

Stratégie d'échange

Exemple

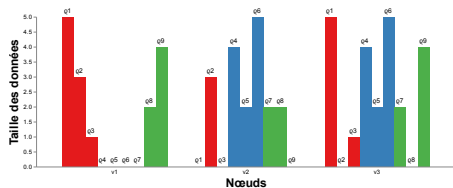
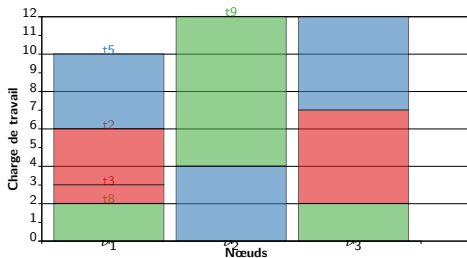


Le nœud ν_2 applique la stratégie d'offre

- ① Sélection d'un job : **vert**
- ② Sélection d'un receveur : ν_1
- ③ Sélection d'une tâche : τ_3

Stratégie d'échange

Exemple

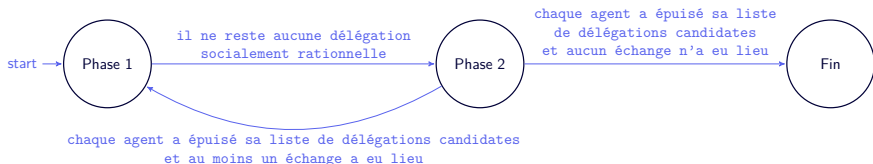


Le nœud ν_1 applique la stratégie de contre-offre

- Il sélectionne la tâche τ_5

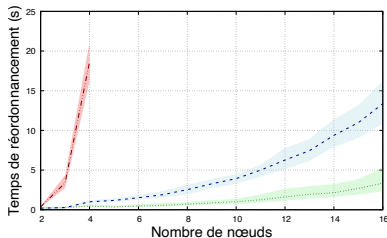
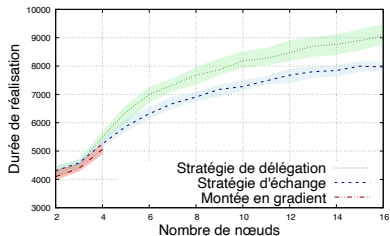
Protocole de négociation

Alternance entre les phases 1 et 2



Flowtime et temps de réordonnancement

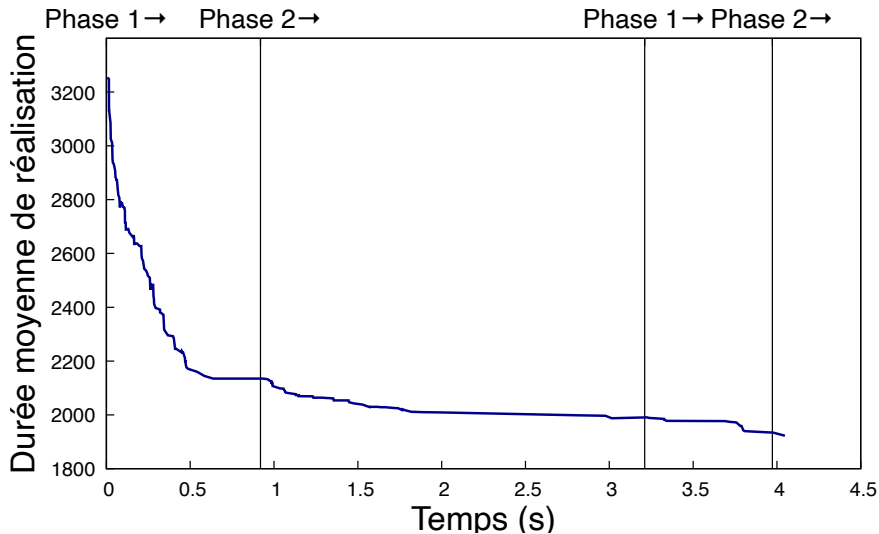
Les échanges permettent d'échapper à des minimums locaux



Le *flowtime* obtenu grâce à la stratégie d'échange est meilleur qu'avec la stratégie de délégation seule [BEAUPREZ, CARON et al., 2021b], tout en gardant un temps de réordonnancement bien inférieur à celui de la montée en gradient.

Une exécution particulière

La stratégie d'échange prolonge la stratégie de délégation



Conclusion

- **Approche**

Système multi-agents pour la réallocation de tâches sur des nœuds en fonction de la localisation des ressources nécessaires afin de réduire la durée moyenne de réalisation de jobs concurrents

- **Contributions**

- ① Extension de notre cadre de négociation [BEAUPREZ, CARON et al., 2021b] pour considérer n'importe quelle réallocation bilatérale, en particulier des échanges
- ② Stratégie d'offre libérale et stratégie de contre-offre
« la stratégie d'échange prolonge la stratégie de délégation »

- **Perspectives**

- ▶ Stratégie d'offres constituées de lots de tâches
- ▶ Consommation des tâches
- ▶ Processus d'approvisionnement pour ajouter ou supprimer des nœuds selon les besoins

Bibliographie I

- BAERT, Q. (2019). *Négociation multi-agents pour la réallocation dynamique de tâches et application au patron de conception MapReduce* (thèse de doct.) [Thèse de doctorat dirigée par Routier, Jean-Christophe Caron, Anne-Cécile et Morge, Maxime].
- BEAUPREZ, E., BIGAND, L., CARON, A.-C., MORGE, M., & ROUTIER, J.-C. (2021). Réaffectation de tâches de la théorie à la pratique : état de l'art et retour d'expérience. *Actes des JFSMA*, 51-60.
- BEAUPREZ, E., CARON, A.-C., MORGE, M., & ROUTIER, J.-C. (2021a). A Multi-Agent Negotiation Strategy for Reducing the Flowtime. *Proc. of 13th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART)*, 1, 58-68.
- BEAUPREZ, E., CARON, A.-C., MORGE, M., & ROUTIER, J.-C. (2021b). Une stratégie de négociation multi-agents pour réduire la durée moyenne de réalisation. *Actes des JFSMA*, 31-40.
- BRUNO, J., COFFMAN, E. G., Jr., & SETHI, R. (1974). Scheduling Independent Tasks to Reduce Mean Finishing Time. *Commun. ACM*, 17(7), 382-387.

Bibliographie II

- KUHN, H. W. (1955). The Hungarian method for the assignment problem. *Naval research logistics quarterly*, 2(1-2), 83-97.
- LI, S., NEGENBORN, R. R., & LODEWIJKS, G. (2014). A Distributed Constraint Optimization Approach for Vessel Rotation Planning. *Computational Logistics*, 61-80.
- SCHAERF, A., SHOHAM, Y., & TENNENHOLTZ, M. (1995). Adaptive Load Balancing : A Study in Multi-Agent Learning. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 2, 475-500.
- SHEHORY, O., & KRAUS, S. (1998). Methods for task allocation via agent coalition formation. *Artificial Intelligence*, 101(1-2), 165-200.
- TURNER, J., MENG, Q., SCHAEFER, G., & SOLTOGGIO, A. (2018). Distributed Strategy Adaptation with a Prediction Function in Multi-Agent Task Allocation. *Proc. of AAMAS*, 739-747.