

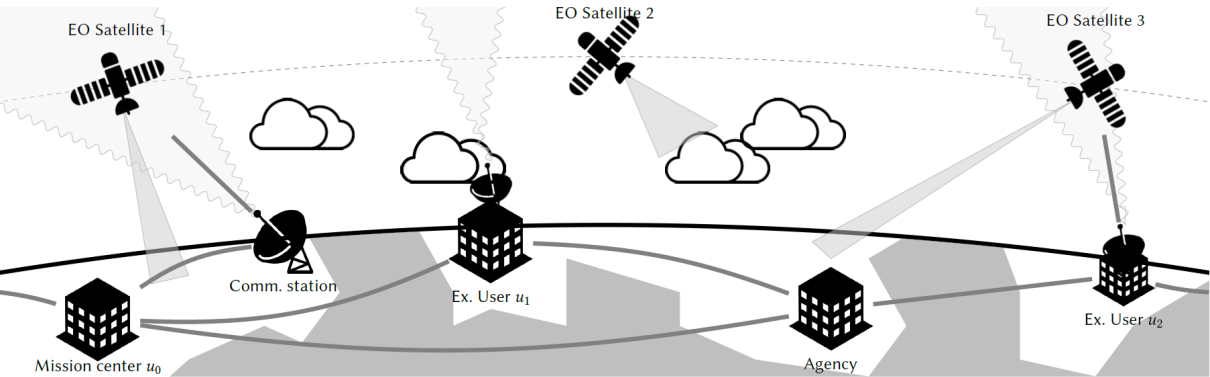
## Allocation décentralisée de lots par consensus pour des tâches composites multi-modes

Gauthier Picard  
gauthier.picard@onera.fr

JFSMA'23 — Juillet 2023

ONERA, DTIS-SYD, Université de Toulouse

# Comment coordonner des plans dans des créneaux privés ?



- Propriétaires de créneaux ayant des **plans privés**
- **Tâches complexes** externes requérant l'**accès à certains créneaux privés**
- Plusieurs manière (ou **modes**) pour valider les requêtes

## Multi-agent multi-mode composite task allocation problem

- un ensemble d'agents  $\mathcal{A}$
- un ensemble de ressources disjonctives  $\mathcal{R}$
- un ensemble de requêtes/tâches composites  $\mathcal{T}$ 
  - composées de **multiples tâches atomiques** (et leurs récompenses)
  - pouvant être validées suivant plusieurs **modes** ayant différentes récompenses

**Objectif** : trouver l'allocation de tâches atomiques qui **maximise la somme de récompenses des requêtes validées**, tout en respectant des **contraintes de cohérence** des plans

## Multi-agent multi-mode composite task allocation problem

- un ensemble d'agents  $\mathcal{A}$
- un ensemble de ressources disjonctives  $\mathcal{R}$
- un ensemble de requêtes/tâches composites  $\mathcal{T}$ 
  - composées de **multiples tâches atomiques** (et leurs récompenses)
  - pouvant être validées suivant plusieurs **modes** ayant différentes récompenses

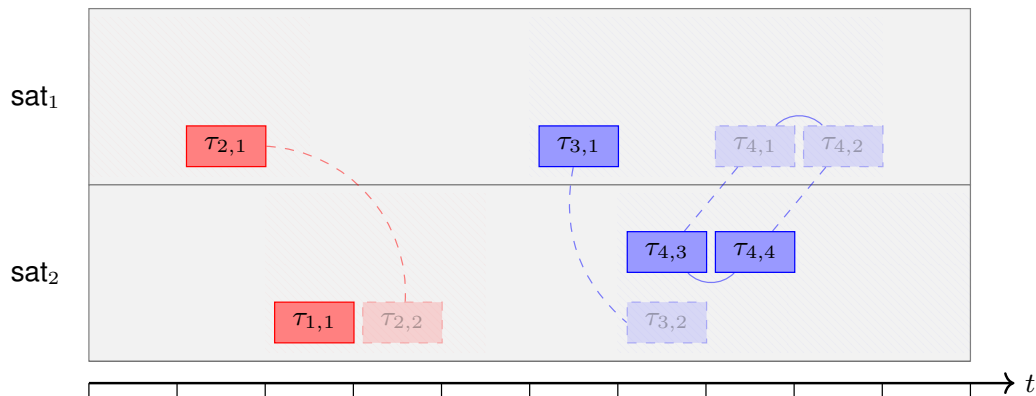
**Objectif** : trouver l'allocation de tâches atomiques qui **maximise la somme de récompenses des requêtes validées**, tout en respectant des **contraintes de cohérence** des plans



Ne pas dévoiler les plans privés  
Certaines requêtes nécessitent l'accès à plusieurs créneaux privés

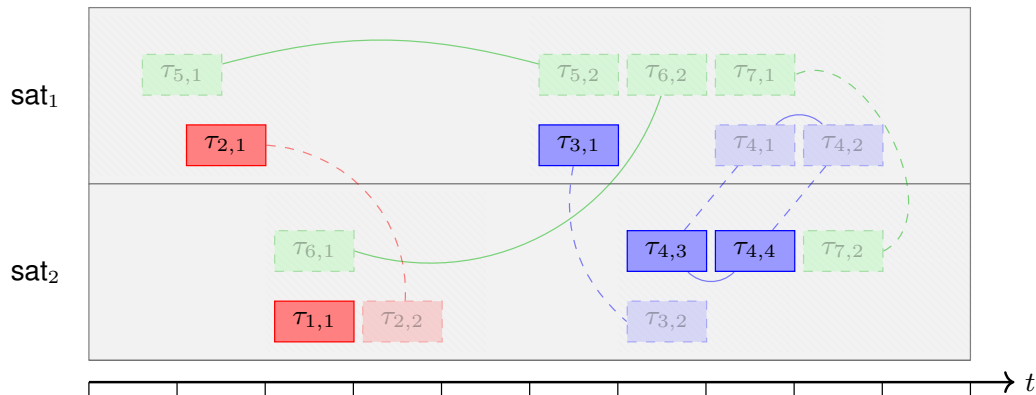
# Exemple de MACTA

## Plans privés



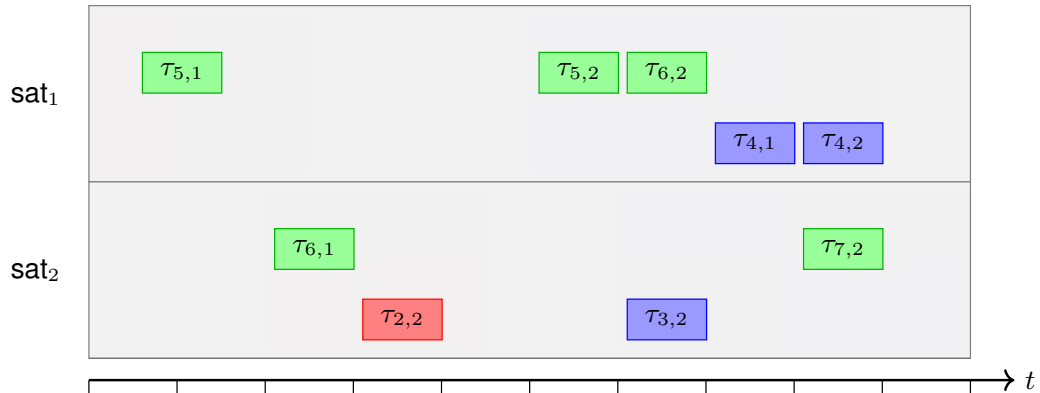
# Exemple de MACTA

## Nouvelle requêtes publiées



# Exemple de MACTA

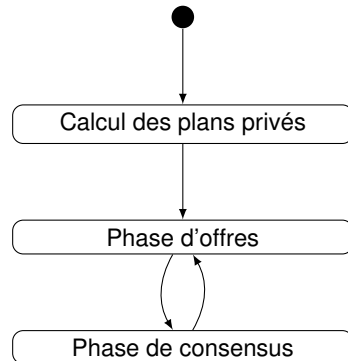
## Solution optimale et coordonnée



# L'algorithme : MM-CBGA

## Principe

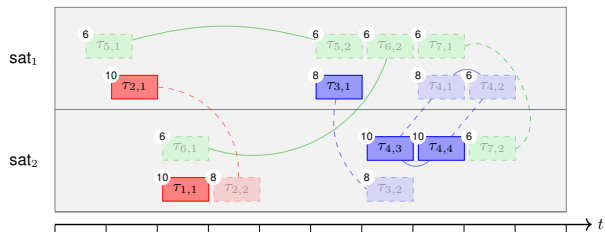
- **Multi-Mode Consensus-Based Grouping Algorithm**
- Plusieurs agents requis pour valider des **tâches multi-agents**
- Etend CGBA au cadre **multi-mode** [HUNT et al., 2014]
  - **offres sur les modes** et non les tâches
  - Non dédié à des agents suivants des chemins
  - **Multiple créneaux privés** par agent
- Suit un cycle classique *offres-consensus*
- Enchères avec WDP décentralisé





# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple



$$\beta_{u_1} = \{\}$$

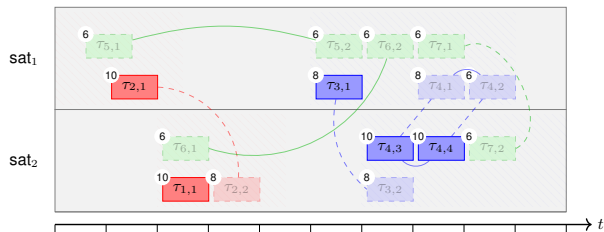
$$\beta_{u_2} = \{\}$$

# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

$u_1$  fait des offres sur les modes

- $m_{5,1} = \{\tau_{5,1}, \tau_{5,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 10 + 10 = 20$
  - avec :  $\omega^{m_{5,1}} = 10 + 8 + 6 = 24$
- offre  $b_{u_1}[\tau_5][m_{5,1}][u_1] = 4 > 0$  mais incomplet



$$\beta_{u_1} = \{\}$$

$$\beta_{u_2} = \{\}$$

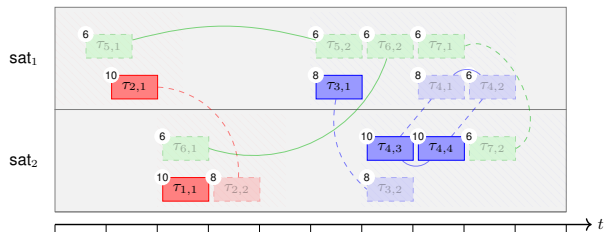
- $b_{u_1}[\tau_5][m_{5,1}][u_1] = 4$

# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

$u_1$  fait des offres sur les modes

- $m_{5,1} = \{\tau_{5,1}, \tau_{5,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 10 + 10 = 20$
  - avec :  $\omega^{m_{5,1}} = 10 + 8 + 6 = 24$
  - offre  $b_{u_1}[\tau_5^o][m_{5,1}][u_1] = 4 > 0$  mais incomplet
- $m_{6,1} = \{\tau_{6,1}, \tau_{6,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 24$
  - avec :  $\omega^{m_{6,1}} = 8 + 8 + 6 = 22$
  - offre  $b_{u_1}[\tau_6^o][m_{6,1}][u_1] = -2 < 0$



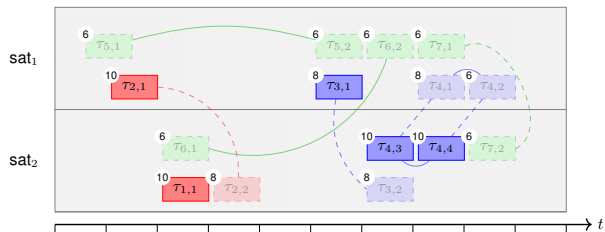
$$\beta_{u_1} = \{\}$$

$$\beta_{u_2} = \{\}$$

- $b_{u_1}[\tau_5^o][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\tau_6^o][m_{6,1}][u_1] = -2$

# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple



$$\beta_{u_1} = \{ \}$$

$$\beta_{u_2} = \{ \}$$

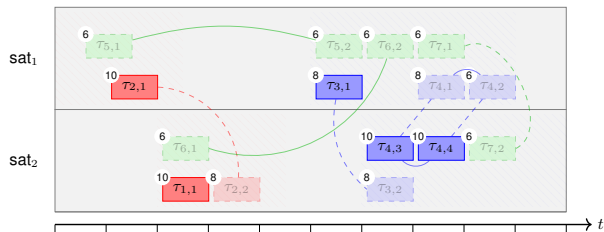
- $b_{u_1}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_1] = -2$

# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

$u_2$  fait des offres sur les modes

- $m_{5,1} = \{\tau_{5,1}, \tau_{5,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 8 + 10 + 10 = 28$
  - avec :  $\omega^{m_{5,1}} = 8 + 6 + 6 + 6 = 26$
- offre  $b_{u_2}[\tau_5^o][m_{5,1}][u_2] = -2 < 0$



$$\beta_{u_1} = \{\}$$

$$\beta_{u_2} = \{\}$$

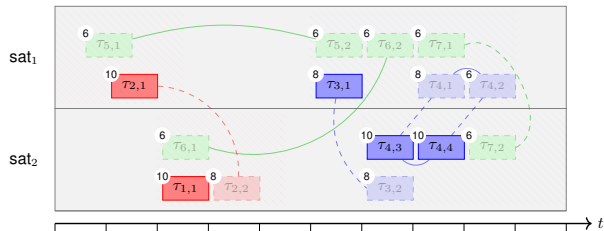
- $b_{u_1}[\tau_5^o][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\tau_6^o][m_{6,1}][u_1] = -2$
- $b_{u_2}[\tau_5^o][m_{5,1}][u_2] = -2$

# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

$u_2$  fait des offres sur les modes

- $m_{5,1} = \{\tau_{5,1}, \tau_{5,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 8 + 10 + 10 = 28$
  - avec :  $\omega^{m_{5,1}} = 8 + 6 + 6 + 6 = 26$
  - offre  $b_{u_2}[\tau_5][m_{5,1}][u_2] = -2 < 0$
- $m_{6,1} = \{\tau_{6,1}, \tau_{6,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 28$
  - avec :  $\omega^{m_{6,1}} = 28 + 6 = 34$
  - offre  $b_{u_2}[\tau_6][m_{6,1}][u_2] = 6 > 0$  mais incomplet



$$\beta_{u_1} = \{\}$$

$$\beta_{u_2} = \{\}$$

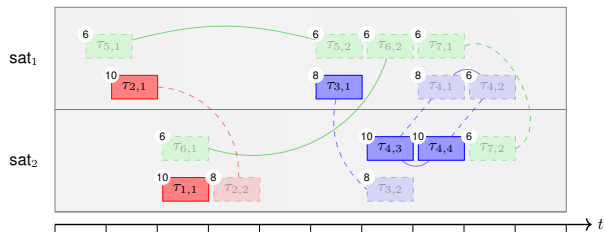
- $b_{u_1}[\tau_5][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\tau_6][m_{6,1}][u_1] = -2$
- $b_{u_2}[\tau_5][m_{5,1}][u_2] = -2$
- $b_{u_2}[\tau_6][m_{6,1}][u_2] = 6$

# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

$u_2$  fait des offres sur les modes

- $m_{5,1} = \{\tau_{5,1}, \tau_{5,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 8 + 10 + 10 = 28$
  - avec :  $\omega^{m_{5,1}} = 8 + 6 + 6 + 6 = 26$
  - offre  $b_{u_2}[\tau_5][m_{5,1}][u_2] = -2 < 0$
- $m_{6,1} = \{\tau_{6,1}, \tau_{6,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 28$
  - avec :  $\omega^{m_{6,1}} = 28 + 6 = 34$
  - offre  $b_{u_2}[\tau_6][m_{6,1}][u_2] = 6 > 0$  mais incomplet
- $m_{7,1} = \{\tau_{7,1}\}$  :
  - sans :  $\omega = 28$
  - avec :  $\omega^{m_{7,1}} = 28 + 6 = 34$
  - offre  $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,1}][u_2] = 6 > 0$



$$\beta_{u_1} = \{\}$$

$$\beta_{u_2} = \{\}$$

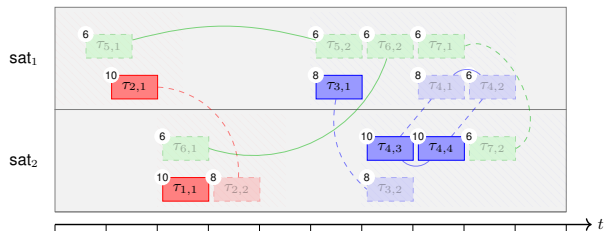
- $b_{u_1}[\tau_5][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\tau_6][m_{6,1}][u_1] = -2$
- $b_{u_2}[\tau_5][m_{5,1}][u_2] = -2$
- $b_{u_2}[\tau_6][m_{6,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,1}][u_2] = 6$

# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

$u_2$  fait des offres sur les modes

- $m_{5,1} = \{\tau_{5,1}, \tau_{5,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 8 + 10 + 10 = 28$
  - avec :  $\omega^{m_{5,1}} = 8 + 6 + 6 + 6 = 26$
  - offre  $b_{u_2}[\tau_5][m_{5,1}][u_2] = -2 < 0$
- $m_{6,1} = \{\tau_{6,1}, \tau_{6,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 28$
  - avec :  $\omega^{m_{6,1}} = 28 + 6 = 34$
  - offre  $b_{u_2}[\tau_6][m_{6,1}][u_2] = 6 > 0$  mais incomplet
- $m_{7,1} = \{\tau_{7,1}\}$  :
  - sans :  $\omega = 28$
  - avec :  $\omega^{m_{7,1}} = 28 + 6 = 34$
  - offre  $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,1}][u_2] = 6 > 0$
- $m_{7,2} = \{\tau_{7,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 28$
  - avec :  $\omega^{m_{7,2}} = 28 + 6 = 34$
  - offre  $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,2}][u_2] = 6 > 0$



$$\beta_{u_1} = \{\}$$

$$\beta_{u_2} = \{\}$$

- $b_{u_1}[\tau_5][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\tau_6][m_{6,1}][u_1] = -2$
- $b_{u_2}[\tau_5][m_{5,1}][u_2] = -2$
- $b_{u_2}[\tau_6][m_{6,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,2}][u_2] = 6$

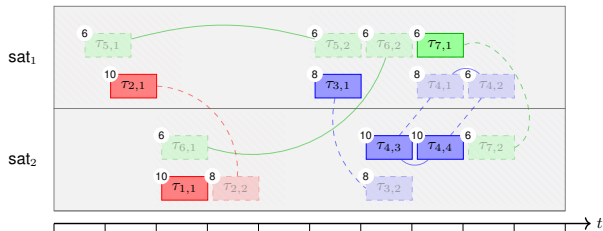


# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

$u_2$  fait des offres sur les modes

- $m_{5,1} = \{\tau_{5,1}, \tau_{5,2}\}$  :
    - sans :  $\omega = 8 + 10 + 10 = 28$
    - avec :  $\omega^{m_{5,1}} = 8 + 6 + 6 + 6 = 26$
    - offre  $b_{u_2}[\tau_5][m_{5,1}][u_2] = -2 < 0$
  - $m_{6,1} = \{\tau_{6,1}, \tau_{6,2}\}$  :
    - sans :  $\omega = 28$
    - avec :  $\omega^{m_{6,1}} = 28 + 6 = 34$
    - offre  $b_{u_2}[\tau_6][m_{6,1}][u_2] = 6 > 0$  mais incomplet
  - $m_{7,1} = \{\tau_{7,1}\}$  :
    - sans :  $\omega = 28$
    - avec :  $\omega^{m_{7,1}} = 28 + 6 = 34$
    - offre  $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,1}][u_2] = 6 > 0$
  - $m_{7,2} = \{\tau_{7,2}\}$  :
    - sans :  $\omega = 28$
    - avec :  $\omega^{m_{7,2}} = 28 + 6 = 34$
    - offre  $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,2}][u_2] = 6 > 0$
- ajoute  $m_{7,1}$  à son lot



$$\beta_{u_1} = \{\}$$

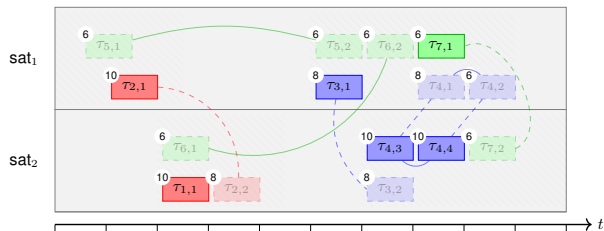
$$\beta_{u_2} = \{m_{7,1}\}$$

- $b_{u_1}[\tau_5][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\tau_6][m_{6,1}][u_1] = -2$
- $b_{u_2}[\tau_5][m_{5,1}][u_2] = -2$
- $b_{u_2}[\tau_6][m_{6,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,2}][u_2] = 6$

# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

- Les agents envoient leurs offres (+ autres infos)



$$\beta_{u_1} = \{\}$$

- $b_{u_1}[\tau_5][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\tau_6][m_{6,1}][u_1] = -2$

$$\beta_{u_2} = \{m_{7,1}\}$$

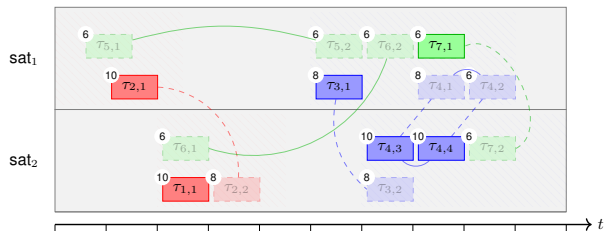
- $b_{u_2}[\tau_5][m_{5,1}][u_2] = -2$
- $b_{u_2}[\tau_6][m_{6,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,2}][u_2] = 6$

# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

- Phase de consensus

- 1 Agrégation des offres
- 2 Vérification des incohérences
- 3 Destruction du lot jusqu'au premier mode incohérent



$$\beta_{u_1} = \{\}$$

$$\beta_{u_2} = \{m_{7,1}\}$$

- $b_{u_1}[\tau_5][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\tau_6][m_{6,1}][u_1] = -2$

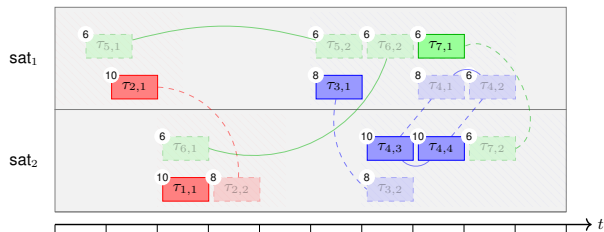
- $b_{u_2}[\tau_5][m_{5,1}][u_2] = -2$
- $b_{u_2}[\tau_6][m_{6,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,2}][u_2] = 6$

# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

$u_1$  fait des offres sur les modes

- $m_{5,1} = \{\tau_{5,1}, \tau_{5,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 10 + 10 = 20$
  - avec :  $\omega^{m_{5,1}} = 10 + 8 + 6 = 24$
- $\sum b_{u_i}[\tau_5][m_{5,1}][u_i] = 2 > 0$   
et complet



$$\beta_{u_1} = \{\}$$

$$\beta_{u_2} = \{m_{7,1}\}$$

- $b_{u_1}[\tau_5][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\tau_6][m_{6,1}][u_1] = -2$

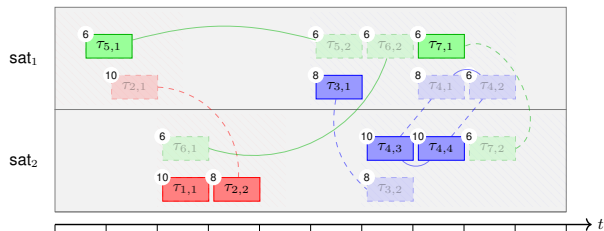
- $b_{u_2}[\tau_5][m_{5,1}][u_2] = -2$
- $b_{u_2}[\tau_6][m_{6,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,2}][u_2] = 6$

# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

$u_1$  fait des offres sur les modes

- $m_{5,1} = \{\tau_{5,1}, \tau_{5,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 10 + 10 = 20$
  - avec :  $\omega^{m_{5,1}} = 10 + 8 + 6 = 24$
- $\sum b_{u_i}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_i] = 2 > 0$   
et complet
- ajoute  $m_{5,1}$  à son lot



$$\beta_{u_1} = \{m_{5,1}\}$$

- $b_{u_1}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_1] = -2$

$$\beta_{u_2} = \{m_{7,1}\}$$

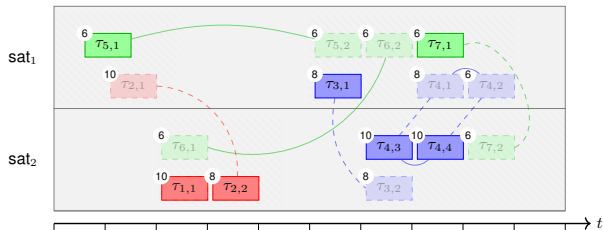
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_2] = -2$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_7][m_{7,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_7][m_{7,2}][u_2] = 6$

# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

$u_1$  fait des offres sur les modes

- $m_{5,1} = \{\tau_{5,1}, \tau_{5,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 10 + 10 = 20$
  - avec :  $\omega^{m_{5,1}} = 10 + 8 + 6 = 24$
  - $\sum b_{u_i}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_i] = 2 > 0$   
et complet
  - ajoute  $m_{5,1}$  à son lot
- $m_{6,1} = \{\tau_{6,1}, \tau_{6,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 24$
  - avec :  $\omega^{m_{6,1}} = 8 + 8 + 6 = 22$
  - $\sum b_{u_i}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_i] = 4 > 0$   
et complet



$$\beta_{u_1} = \{m_{5,1}\}$$

$$\beta_{u_2} = \{m_{7,1}\}$$

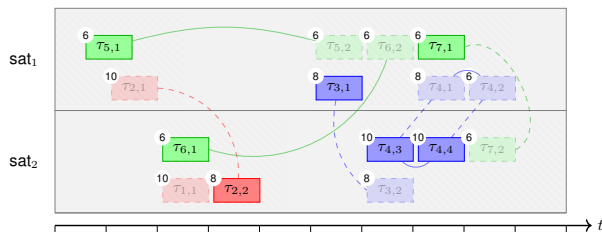
- $b_{u_1}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_1] = -2$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_2] = -2$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_7][m_{7,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_7][m_{7,2}][u_2] = 6$

# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

$u_1$  fait des offres sur les modes

- $m_{5,1} = \{\tau_{5,1}, \tau_{5,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 10 + 10 = 20$
  - avec :  $\omega^{m_{5,1}} = 10 + 8 + 6 = 24$
  - $\sum b_{u_i}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_i] = 2 > 0$   
et complet
  - ajoute  $m_{5,1}$  à son lot
- $m_{6,1} = \{\tau_{6,1}, \tau_{6,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 24$
  - avec :  $\omega^{m_{6,1}} = 8 + 8 + 6 = 22$
  - $\sum b_{u_i}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_i] = 4 > 0$   
et complet
  - ajoute  $m_{6,1}$  à son lot mais annule  $\tau_{1,1}$



$$\beta_{u_1} = \{m_{5,1}, m_{6,1}\}$$

$$\beta_{u_2} = \{m_{7,1}\}$$

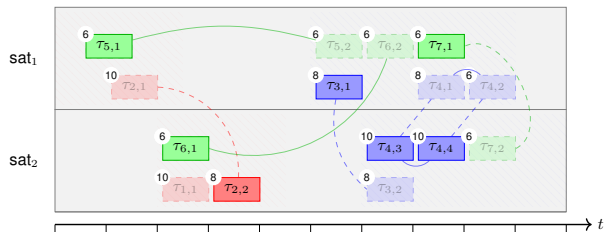
- $b_{u_1}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_1] = -2$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_2] = -2$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_7][m_{7,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_7][m_{7,2}][u_2] = 6$

# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

$u_2$  fait des offres sur les modes

- $m_{5,1} = \{\tau_{5,1}, \tau_{5,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 8 + 10 + 10 + 6 = 34$
  - avec :  $\omega^{m_{5,1}} = 10 + 10 + 6 + 6 = 32$
- $\sum b_{u_i}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_i] = 2 > 0$   
et complet



$$\beta_{u_1} = \{m_{5,1}, m_{6,1}\}$$

$$\beta_{u_2} = \{m_{7,1}\}$$

- $b_{u_1}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_1] = -2$

- $b_{u_2}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_2] = -2$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_7][m_{7,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_7][m_{7,2}][u_2] = 6$

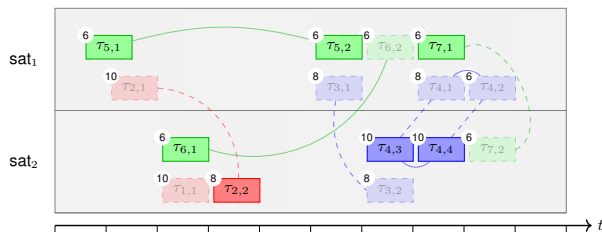


# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

$u_2$  fait des offres sur les modes

- $m_{5,1} = \{\tau_{5,1}, \tau_{5,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 8 + 10 + 10 + 6 = 34$
  - avec :  $\omega^{m_{5,1}} = 10 + 10 + 6 + 6 = 32$
- $\sum b_{u_i}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_i] = 2 > 0$   
et complet
- ajoute  $m_{5,1}$  à son lot mais annule  $\tau_{3,1}$



$$\beta_{u_1} = \{m_{5,1}, m_{6,1}\}$$

- $b_{u_1}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_1] = -2$

$$\beta_{u_2} = \{m_{7,1}, m_{5,1}\}$$

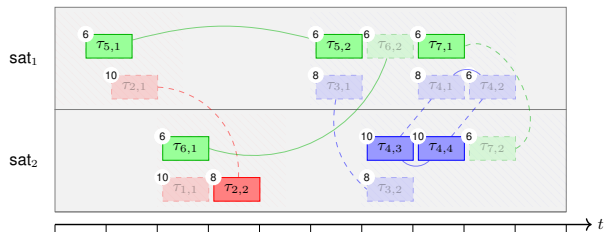
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_2] = -2$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_7][m_{7,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_7][m_{7,2}][u_2] = 6$

# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

$u_2$  fait des offres sur les modes

- $m_{5,1} = \{\tau_{5,1}, \tau_{5,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 8 + 10 + 10 + 6 = 34$
  - avec :  $\omega^{m_{5,1}} = 10 + 10 + 6 + 6 = 32$
- $\sum b_{u_i}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_i] = 2 > 0$   
et complet
- ajoute  $m_{5,1}$  à son lot mais annule  $\tau_{3,1}$
- $m_{6,1} = \{\tau_{6,1}, \tau_{6,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 32$
  - avec :  $\omega^{m_{6,1}} = 32 + 6 = 38$
- $\sum b_{u_i}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_i] = 4 > 0$   
et complet



$$\beta_{u_1} = \{m_{5,1}, m_{6,1}\}$$

$$\beta_{u_2} = \{m_{7,1}, m_{5,1}\}$$

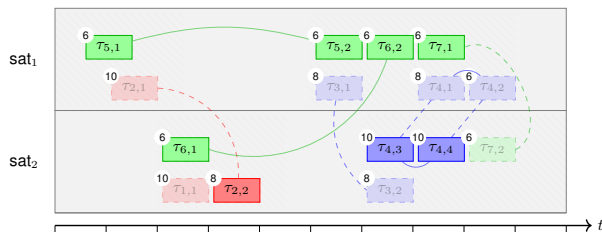
- $b_{u_1}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_1] = -2$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_2] = -2$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_7][m_{7,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_7][m_{7,2}][u_2] = 6$

# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

$u_2$  fait des offres sur les modes

- $m_{5,1} = \{\tau_{5,1}, \tau_{5,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 8 + 10 + 10 + 6 = 34$
  - avec :  $\omega^{m_{5,1}} = 10 + 10 + 6 + 6 = 32$
  - $\sum b_{u_i}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_i] = 2 > 0$   
et complet
  - ajoute  $m_{5,1}$  à son lot mais annule  $\tau_{3,1}$
- $m_{6,1} = \{\tau_{6,1}, \tau_{6,2}\}$  :
  - sans :  $\omega = 32$
  - avec :  $\omega^{m_{6,1}} = 32 + 6 = 38$
  - $\sum b_{u_i}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_i] = 4 > 0$   
et complet
  - ajoute  $m_{6,1}$  à son lot



$$\beta_{u_1} = \{m_{5,1}, m_{6,1}\}$$

- $b_{u_1}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_1] = -2$

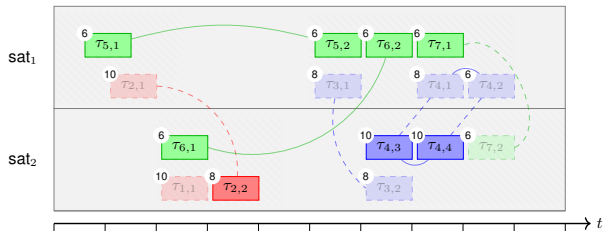
$$\beta_{u_2} = \{m_{7,1}, m_{5,1}, m_{6,1}\}$$

- $b_{u_2}[\hat{\tau}_5][m_{5,1}][u_2] = -2$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_6][m_{6,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_7][m_{7,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\hat{\tau}_7][m_{7,2}][u_2] = 6$

# L'algorithme : MM-CBGA

## Exemple

- Plus de conflit !
- Le système se stabilise (c'est garanti !) avec une récompense de 58
- Non optimale, car  $m_{7,1}$  a été décidé très tôt dans le processus
- En choisissant  $m_{7,2}$  à la place, l'optimalité aurait été atteinte avec une récompense de 60



$$\beta_{u_1} = \{m_{5,1}, m_{6,1}\}$$

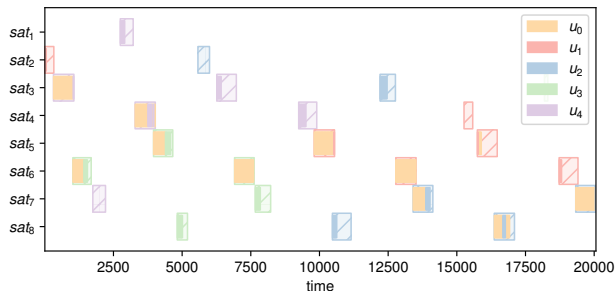
- $b_{u_1}[\tau_5][m_{5,1}][u_1] = 4$
- $b_{u_1}[\tau_6][m_{6,1}][u_1] = -2$

$$\beta_{u_2} = \{m_{7,1}, m_{5,1}, m_{6,1}\}$$

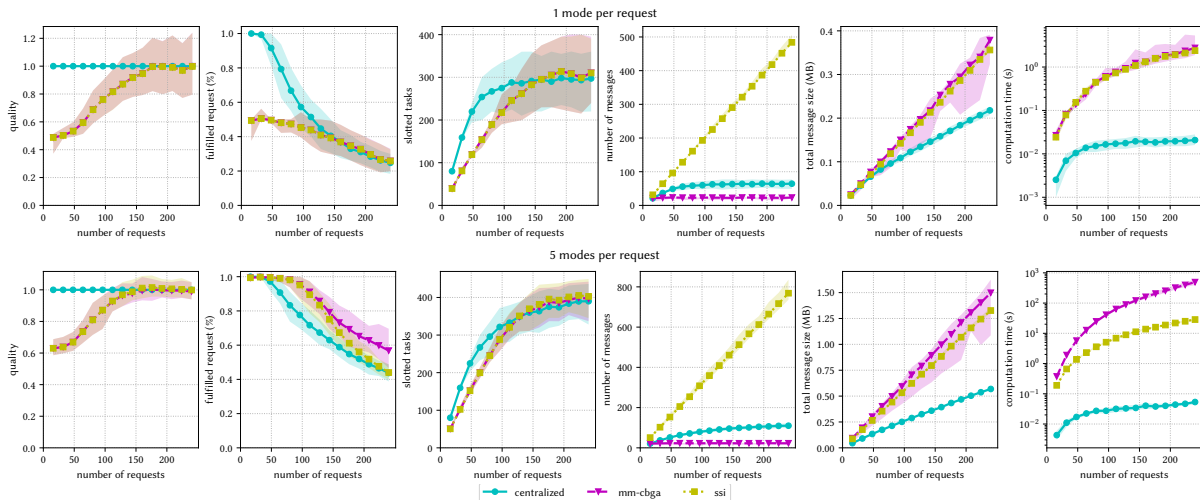
- $b_{u_2}[\tau_5][m_{5,1}][u_2] = -2$
- $b_{u_2}[\tau_6][m_{6,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,1}][u_2] = 6$
- $b_{u_2}[\tau_7][m_{7,2}][u_2] = 6$

## Paramétrage

- Instances aléatoire de *Earth observation scheduling problems* (EOSCSP) disponible sur Zenodo (<https://doi.org/10.5281/zenodo.7550677>)
- 8 satellites, 4 propriétaires de créneaux résolvant des MACTA pour accepter les nouvelles requêtes externes
- 16 à 240 requêtes pour l'observation de POI aléatoires (10 capitales Européennes sur 27)
- Deux configurations : 1 mode par requête et 5 modes par requête
- Deux concurrents : algorithme centralisé glouton, enchères séquentielles (SSI)



# Les experimentations : EOSCSP (cont.)



## Résumé

- Nouveau problème d'allocation (MACTA)
- Nouvel algorithme décentralisé (MM-CBGA) de résolution de MACTA
  - Performances équivalentes à SSI, mais WDP décentralisé
  - Même qualité que le solveur centralisé sur les grandes instances
  - Nécessite moins d'étapes que SSI pour converger mais plus de temps sur les grandes instances
  - Nécessite moins de messages, mais de plus grande taille
- Instances disponibles sur Zenodo

## Perspectives

- Meilleures heuristiques et bornes pour trier les modes et les requêtes (e.g. modes inclus dans d'autres)
- Évaluer et comparer les performances avec d'autres mécanismes de coordination (e.g. DCOP)
- Carnets de commande dynamiques et boucle fermée, avec des événements non prévisibles dus aux conditions météo

Ces travaux ont été menés grâce au financement du gouvernement français dans le contexte du Programme d'Investissements d'Avenir, au travers du projet BPI PSPC "LiChIE" coordonné par Airbus Defence and Space







# On recrute !

Post-doc  
sur  
IA, SMA et Optimisation  
pour  
la gestion de multiples constellations