

# Projet ANDROIDE : Attribution multi-critère d'UE en master

Jules MAZLUM - Camélia BOUALI

Encadrants : Aurélie Beynier, Olivier Spanjaard





# TABLE DES MATIERES

**01**

**CONTEXTE ET  
OBJECTIF**

**02**

**OBJECTIFS  
CONSIDÉRÉS**

**03**

**MÉTHODE DE  
RÉSOLUTION**

**04**

**MODÉLISATION**

**05**

**EXPLORATION DES  
COMPROMIS**

**06**

**CONCLUSION**

01

# CONTEXTE ET OBJECTIF



# CONTEXTE ET OBJECTIF DU PROJET

## Un enjeu universitaire complexe

- Attribution d'emplois du temps avec contraintes académiques (horaires, capacités, UE obligatoires)
- Diversité des parcours
- Préférences des étudiants

## Notre système actuel

- Approche mono-objectif : minimisation du nombre d'étudiants sans emploi du temps valide

## Limites

- Aucune prise en compte des préférences
- Possibilité d'affectations incohérentes avec le parcours
- Résultats valides mais peu satisfaisants pour les étudiants

## Notre approche : l'optimisation multi-objectif

- Modélisation en **programmation linéaire**
- Résolution avec **Gurobi**
- Recherche de **compromis équilibrés** entre plusieurs objectifs

02

# OBJECTIFS CONSIDÉRÉS



# OBJECTIFS CONSIDÉRÉS



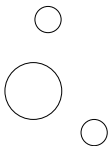
Minimiser le nombre d'étudiants n'obtenant pas leur emploi du temps préféré.



Minimiser le nombre d'étudiants n'obtenant pas les UE de leur parcours.



Minimiser le nombre d'étudiants sans emploi du temps valide.



03

# MÉTHODE DE RÉSOLUTION



# MÉTHODE DE TCHEBYCHEFF PONDÉRÉE AUGMENTÉE

$$\min \max_i (\lambda_i \cdot |f_i(x) - t_i^*|) + \varepsilon \cdot \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot |f_i(x) - t_i^*|$$

- $f_i(x)$  représente la valeur de l'objectif  $t_i$  pour la solution  $x$ ,
- $t_i^*$  est la valeur idéale (la meilleure valeur atteignable) de l'objectif  $t_i$ ,
- $\lambda_i$  est le poids associé à l'objectif  $t_i$ ,
- $\varepsilon$  est un petit paramètre strictement positif

## MÉTHODE DE TCHEBYCHEFF UTILISÉE

$$\min \max_i \left( \lambda_i \cdot \left| \frac{f_i(x) - t_i^*}{t_i^*} \right| \right) + \varepsilon \cdot \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \left| \frac{f_i(x) - t_i^*}{t_i^*} \right|$$



# 04 MODÉLISATION





# VARIABLES

$x_{e,u} = 1$  si l'étudiant  $e$  est inscrit à l'UE  $u$ , 0 sinon.

$y_{e,u,g} = 1$  si l'étudiant  $e$  est inscrit dans le groupe  $g$  de l'UE  $u$ , 0 sinon.



# CONTRAINTES

## UE Obligatoires

$$x_{e,u} = 1 \quad \forall u \in U_e^{\text{oblig}}, \quad \forall e \in E$$

## Emploi du temps valide

$$\sum_{u \in U_e^{\text{choix}}} x_{e,u} \cdot \text{ECTS}_u = \text{totalECTS}_e, \quad \forall e \in E$$

## Incompatibilité entre UE

$$x_{e,u_1} + x_{e,u_2} \leq 1$$



# CONTRAINTES

**Nombre d'UE hors parcours autorisé**

$$\sum_{u \in U \setminus U_e^{\text{parcours}}} x_{e,u} \leq \text{maxHorsParcours}_e \quad \forall e \in E$$

**Incompatibilité entre cours magistraux**

$$x_{e,u_1} + x_{e,u_2} \leq 1 \quad \forall e \in E, \quad \forall (u_1, u_2) \in \text{IncompCM}$$

**Incompatibilité entre TD/TME**

$$y_{e,u_1,g_1} + y_{e,u_2,g_2} \leq 1 \quad \forall e \in E, \quad \forall ((u_1, g_1), (u_2, g_2)) \in \text{IncompTD}$$



# CONTRAINTES



## Incompatibilité entre cours magistraux et TD/TME

$$x_{e,u_1} + y_{e,u_2,g_2} \leq 1 \quad \forall e \in E, \quad \forall (u_1, (u_2, g_2)) \in \text{IncompCM\_TD}$$

## Unicité de groupe par UE

$$\sum_{g \in G_u} y_{e,u,g} = x_{e,u} \quad \forall e \in E, \quad \forall u \in U$$

## Capacité des groupes de TD/TME

$$\sum_{e \in E} y_{e,u,g} \leq \text{cap}_{u,g} \quad \forall u \in U, \quad \forall g \in G_u$$



# MONOCRITÈRE



Minimisation du nombre d'étudiants n'obtenant pas leur emploi du temps préféré

$$\min f_1 = \sum_{e \in E} z_e^1$$

Minimisation du nombre d'étudiants n'obtenant pas les UE de leur parcours

$$\min f_2 = \sum_{e \in E} z_e^2$$

Minimisation du nombre d'étudiants sans emploi du temps valide

$$\min f_3 = \sum_{e \in E} z_e^3$$

# MULTICRITÈRE

$$\min \max_{i=1,2,3} \left( \lambda_i \cdot \left| \frac{f_i(x) - t_i^*}{t_i^*} \right| \right) + \varepsilon \cdot \sum_{i=1}^3 \lambda_i \cdot \left| \frac{f_i(x) - t_i^*}{t_i^*} \right|$$

$$z = \max_{i=1,2,3} \left( \lambda_i \cdot \left| \frac{f_i(x) - t_i^*}{t_i^*} \right| \right)$$

$$e_i = \left| \frac{f_i(x) - t_i^*}{t_i^*} \right|$$

# 05

## EXPLORATION DES COMPROMIS





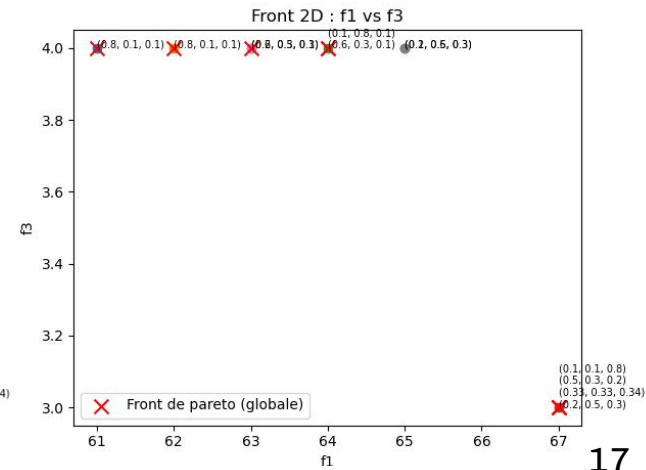
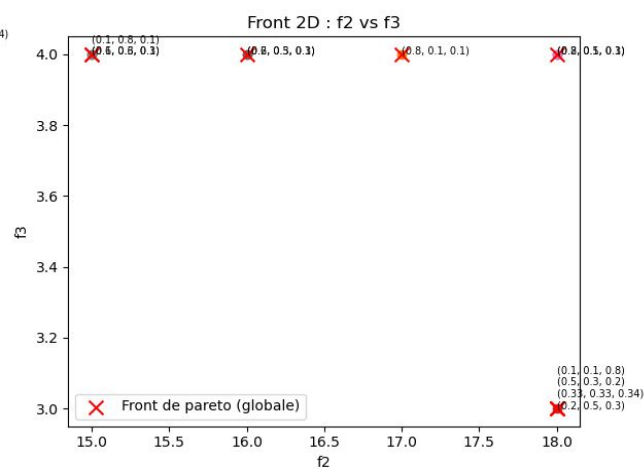
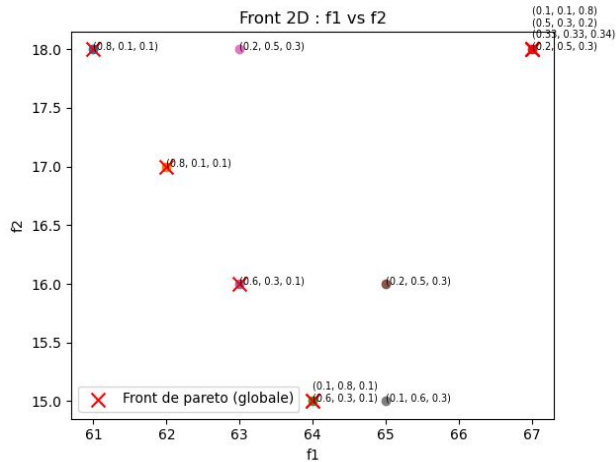
# VARIATIONS DES POIDS $\lambda_i$

Trois graphes 2D représentant les compromis entre les objectifs **f1**, **f2** et **f3** :

• **f1 vs f2**

• **f2 vs f3**

• **f1 vs f3**



# DÉTERMINATION D'UNE SOLUTION DE MEILLEUR COMPROMIS

- **Méthode** : Choix basé sur la **distance euclidienne** au point **idéal** (61,15,3).

- **Calcul** : 
$$d = \sqrt{(f_1 - t_1^*)^2 + (f_2 - t_2^*)^2 + (f_3 - t_3^*)^2}$$

- **Meilleur compromis** :

Solutions par poids

Poids ( $w_1, w_2, w_3$ )	Solutions (f1, f2, f3)	Nb solutions
(0.8, 0.1, 0.1)	(61, 18, 4), ( <b>62, 17, 4</b> )	2
(0.1, 0.8, 0.1)	(64, 15, 4)	1
(0.1, 0.1, 0.8)	(67, 18, 3)	1
(0.6, 0.3, 0.1)	(64, 15, 4), ( <b>63, 16, 4</b> )	2
(0.5, 0.3, 0.2)	(67, 18, 3)	1
(0.33, 0.33, 0.34)	(67, 18, 3)	1
(0.2, 0.5, 0.3)	(67, 18, 3), (65, 16, 4), (63, 18, 4)	3
(0.1, 0.6, 0.3)	(65, 15, 4)	1

Solutions non dominées globales

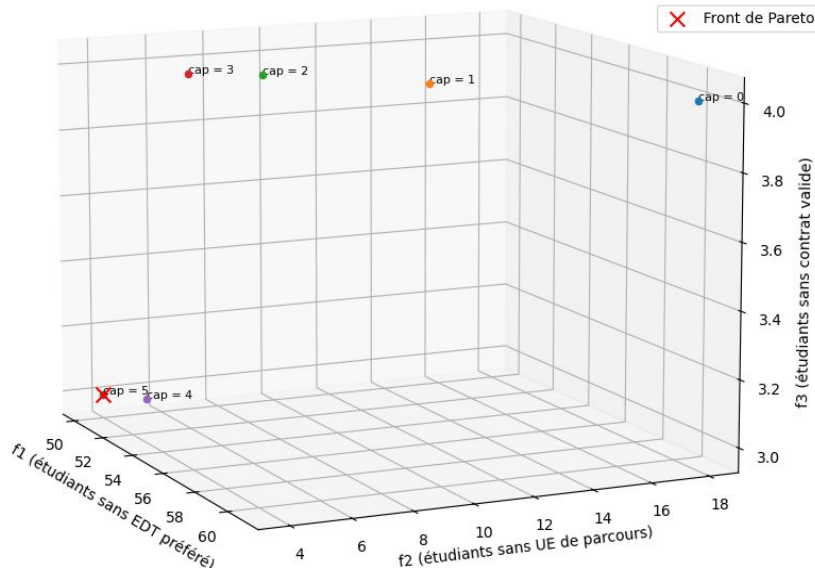
f1	f2	f3
61	18	4
62	17	4
63	16	4
64	15	4
67	18	3

# RELÂCHEMENT DES CAPACITÉS DES GROUPES

● **Objectif** : Étudier l'impact d'un relâchement progressif sur la capacité des groupes

● **Contrainte modifiée** : 
$$\sum_{e \in E} y_{e,u,g} \leq \text{cap}_{u,g} + \delta \quad \forall u \in U, \quad \forall g \in G_u$$

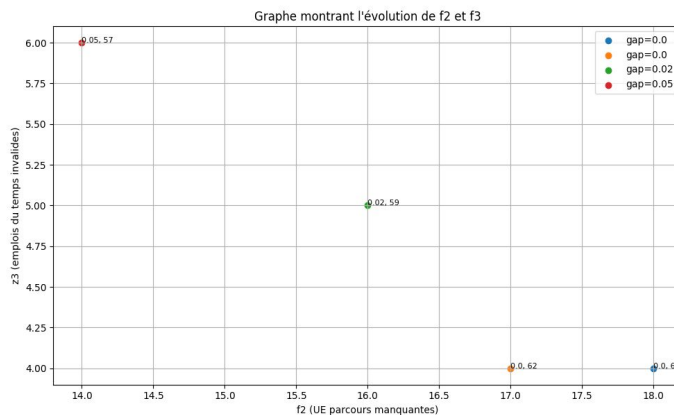
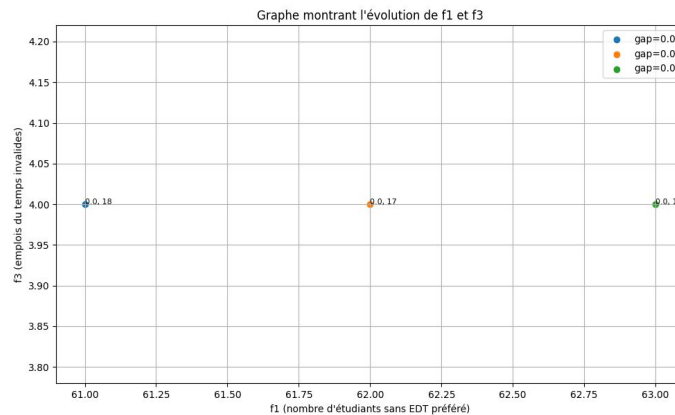
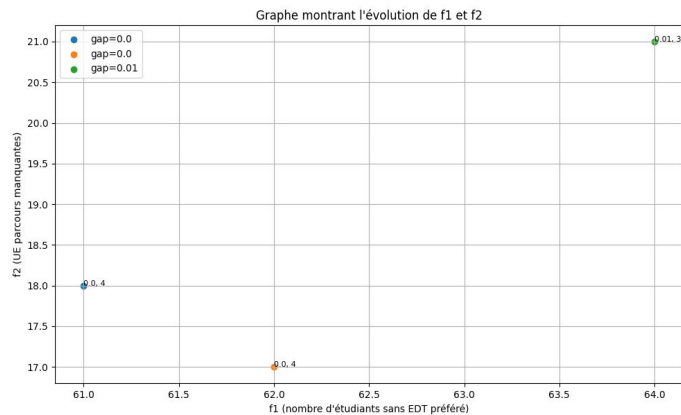
Optimisation à 3 objectifs avec relâchement de la capacité



Résultats en fonction du relâchement des capacités

delta	f1	f2	f3	Remarque
0	61	18	4	
1	56	12	4	
2	53	8	4	
3	52	6	4	
4	51	5	3	
5	50	4	3	Pareto-optimal

# ENCADREMENT D'UN OBJECTIF PAR CONTRAINTE



● Contrainte d'encadrement :

$$e_i \leq e_i^* - \delta$$



# COMPARAISON AVEC LA MÉTHODE EXISTANTE



	Nombre d'étudiants ayant un meilleur emploi du temps			Moyenne de la somme des rangs	
Parcours	Méthode actuelle	Nouvelle méthode	Égalité	Méthode actuelle	Nouvelle méthode
ANDROIDE	14	18	17	26.69	27.00
CCA	5	4	13	29.45	28.55
DAC	0	0	30	27.50	27.50
IMA	7	1	7	29.40	29.80
QI	1	11	5	26.06	22.35
SAR	3	4	23	29.60	30.43
SESI	3	7	15	28.48	28.84
STL	1	0	40	20.51	20.56
				27.21	26.87



# 06 CONCLUSION

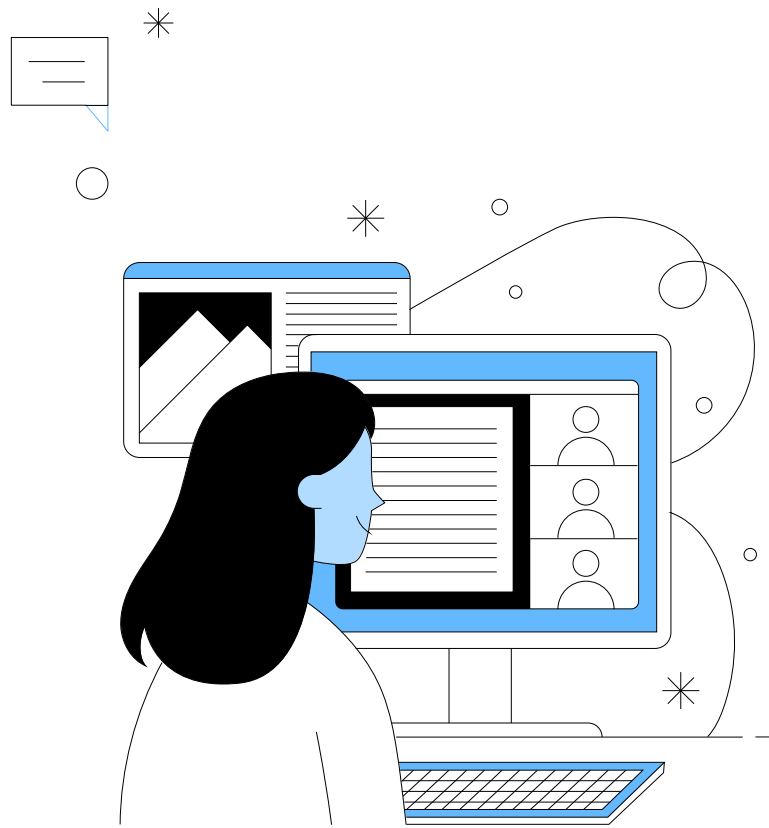


# CONCLUSION

- Optimisation multi-objectif appliquée à l'attribution des emplois du temps
  - Modèle linéaire résolu avec la méthode de Tchebycheff
  - Résultats satisfaisants et flexibles
- Limites et perspectives
  - Préférences des étudiants non hiérarchisées
  - Satisfaction encore améliorable







# MERCI !