

# Limited Discrepancy Search pour un problème d'ordonnancement de rendez-vous

**Agnès Le Roux**, Odile BELLENGUEZ-MORINEAU,  
Christelle GUÉRET

Séminaire LARIS

3 Juin 2014

- 1 Description du problème
- 2 État de l'art
- 3 Schéma de branchement et stratégie d'exploration
- 4 Élagage de l'arbre
- 5 Expérimentations numériques

- 1 Description du problème
- 2 État de l'art
- 3 Schéma de branchement et stratégie d'exploration
- 4 Élagage de l'arbre
- 5 Expérimentations numériques

# Description du problème

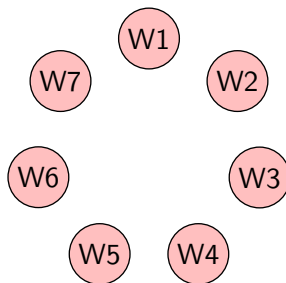
## Speed-dating

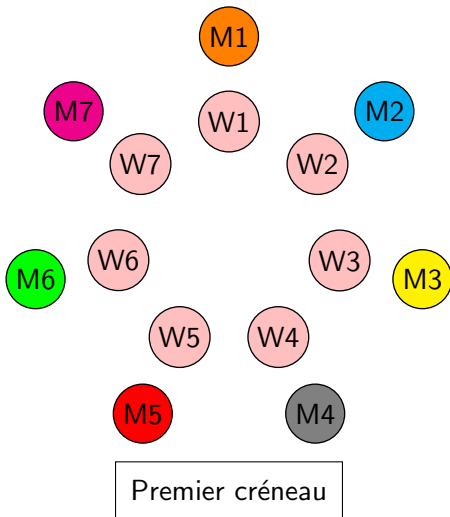
- Mode de rencontres amicales ou amoureuses en série.
- Rencontres entre des hommes et des femmes sur des créneaux de quelques minutes.
- Origine : États-Unis, fin des années 90.

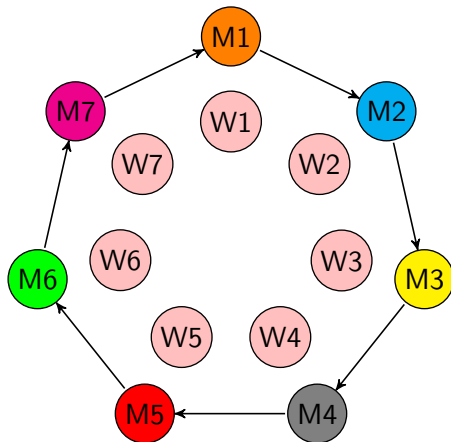
## Déroulement idéal d'une soirée

### Exemple :

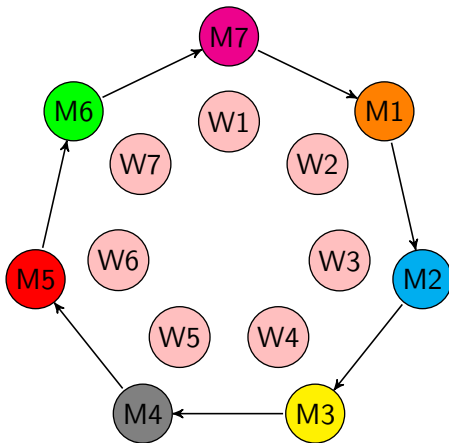
- Sept hommes.
- Sept femmes.
- Sept créneaux de sept minutes.

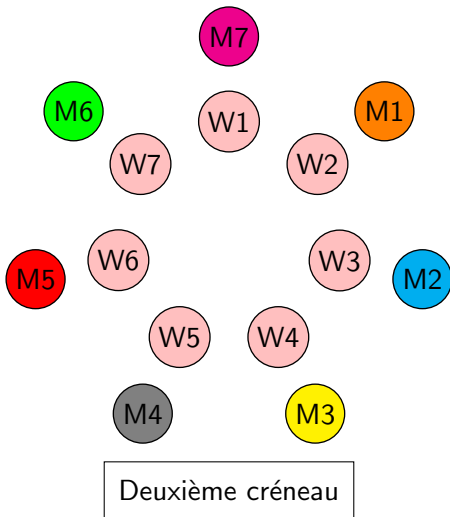












## Dans la pratique

### Perturbations

- Déséquilibre entre le nombre d'hommes et de femmes.
- Certaines rencontres interdites.
- Retards de certains participants.

## Dans la pratique

### Perturbations

- Déséquilibre entre le nombre d'hommes et de femmes.
- Certaines rencontres interdites.
- Retards de certains participants.

⇒ Créneaux d'attente pour les participants.

## Dans la pratique

### Perturbations

- Déséquilibre entre le nombre d'hommes et de femmes.
- Certaines rencontres interdites.
- Retards de certains participants.

⇒ Créneaux d'attente pour les participants.

### Objectif

Minimiser le plus grand nombre de créneaux d'attente des participants.

# Exemple

Planification d'une soirée avec trois femmes, deux hommes, une rencontre interdite et un retard :

		$M_1$	$M_2$	
$rf_i \setminus rm_j$		0	1	nb attentes
$F_1$	0			
$F_2$	0			
$F_3$	0			
nb attentes				

# Exemple

Planification d'une soirée avec trois femmes, deux hommes, une rencontre interdite et un retard :

		$M_1$	$M_2$	
$rf_i \setminus rm_j$		0	1	nb attentes
$F_1$	0			
$F_2$	0	0		
$F_3$	0			
nb attentes				

# Exemple

Planification d'une soirée avec trois femmes, deux hommes, une rencontre interdite et un retard :

		$M_1$	$M_2$	
$rf_i \setminus rm_j$		0	1	nb attentes
$F_1$	0		1	
$F_2$	0	0		
$F_3$	0	1		
nb attentes				



# Exemple

Planification d'une soirée avec trois femmes, deux hommes, une rencontre interdite et un retard :

		$M_1$	$M_2$	
$rf_i \setminus rm_j$		0	1	nb attentes
$F_1$	0		1	
$F_2$	0	0		
$F_3$	0	1	2	
nb attentes				

# Exemple

Planification d'une soirée avec trois femmes, deux hommes, une rencontre interdite et un retard :

		$M_1$	$M_2$	
$rf_i \setminus rm_j$		0	1	nb attentes
$F_1$	0		1	
$F_2$	0	0	3	
$F_3$	0	1	2	
nb attentes				

# Exemple

Planification d'une soirée avec trois femmes, deux hommes, une rencontre interdite et un retard :

		$M_1$	$M_2$	
$rf_i \setminus rm_j$		0	1	nb attentes
$F_1$	0		1	1
$F_2$	0	0	3	2
$F_3$	0	1	2	1
nb attentes		0	0	$W_{\max} = 2$

⇒ nombre maximum de créneaux d'attente = 2

# Cas statiques et dynamiques

## Cas statique

Toutes les données connues à l'avance :

- dates d'arrivée des participants
- rencontres interdites

## Cas dynamique

Les dates d'arrivée des participants sont connues au fur et à mesure de la soirée.

- 1 Description du problème
- 2 État de l'art**
- 3 Schéma de branchement et stratégie d'exploration
- 4 Élagage de l'arbre
- 5 Expérimentations numériques

# État de l'art

- Problème dynamique du speed-dating.

T. Lapègue, O. Bellenguez-Morineau, C. Guéret. Scheduling of a speed-dating event. *Operations Research Conference 2011*, 99-100, Zurich, Switzerland, August 30th to September 2nd, 2011.

# État de l'art

- Problème dynamique du speed-dating.  
T. Lapègue, O. Bellenguez-Morineau, C. Guéret. Scheduling of a speed-dating event. *Operations Research Conference 2011*, 99-100, Zurich, Switzerland, August 30th to September 2nd, 2011.
- Problème  $\mathcal{NP}$ -difficile au sens fort dans le cas où des rencontres sont interdites.  
A. Le Roux, O. Bellenguez-Morineau, C. Guéret, D. Prot. Complexity of speed-dating problems. (*Soumis*)

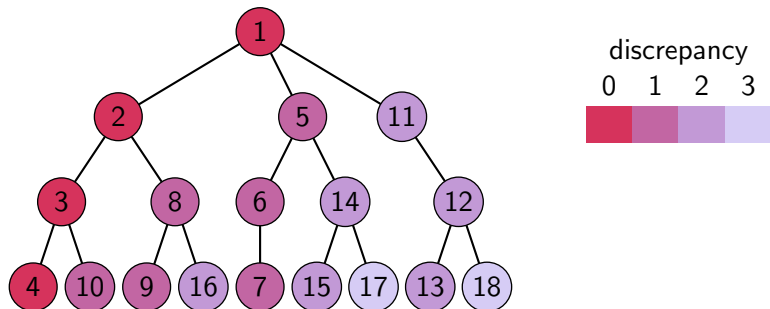
# État de l'art

- Problème dynamique du speed-dating.  
T. Lapègue, O. Bellenguez-Morineau, C. Guéret. Scheduling of a speed-dating event. *Operations Research Conference 2011*, 99-100, Zurich, Switzerland, August 30th to September 2nd, 2011.
- Problème  $\mathcal{NP}$ -difficile au sens fort dans le cas où des rencontres sont interdites.  
A. Le Roux, O. Bellenguez-Morineau, C. Guéret, D. Prot. Complexity of speed-dating problems. (*Soumis*)
- Modèles linéaires pour le problème de speed-dating.  
A. Le Roux, O. Bellenguez-Morineau, C. Guéret. Valid inequalities and dominance rules for speed-dating scheduling linear models. *MAPSP 2013*, Pont à Mousson, 23rd - 28th June 2013



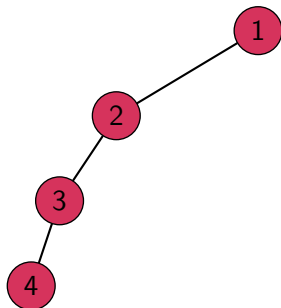
- 1 Description du problème
- 2 État de l'art
- 3 Schéma de branchement et stratégie d'exploration**
- 4 Élagage de l'arbre
- 5 Expérimentations numériques

## Principe de la LDS



W.D. Harvey, M.L. Ginsberg Limited Discrepancy Search. In *Proceedings of the 14th IJCAI*, 1995.

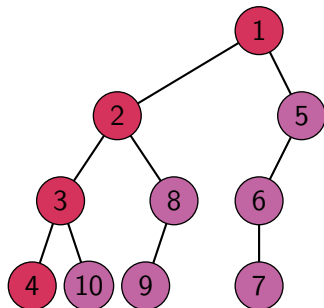
## Principe de la LDS



- suivre les décisions d'une bonne heuristique.

W.D. Harvey, M.L. Ginsberg Limited Discrepancy Search. In *Proceedings of the 14th IJCAI*, 1995.

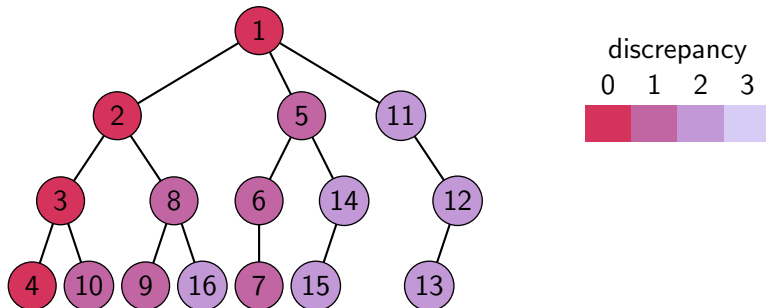
## Principe de la LDS



- suivre les décisions d'une bonne heuristique.

W.D. Harvey, M.L. Ginsberg Limited Discrepancy Search. In *Proceedings of the 14th IJCAI*, 1995.

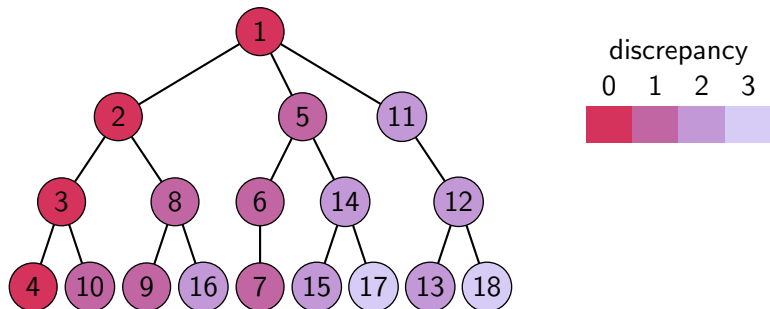
## Principe de la LDS



- suivre les décisions d'une bonne heuristique.

W.D. Harvey, M.L. Ginsberg Limited Discrepancy Search. In *Proceedings of the 14th IJCAI*, 1995.

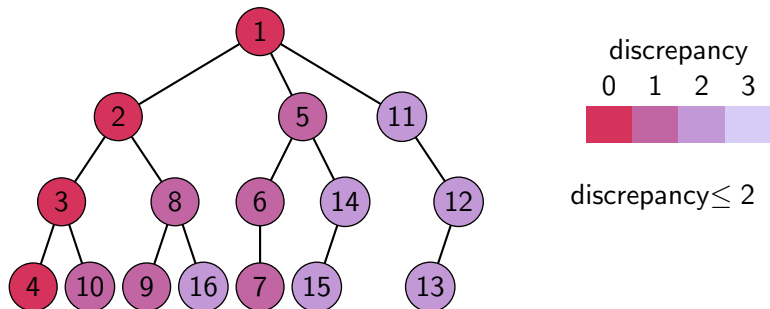
## Principe de la LDS



- suivre les décisions d'une bonne heuristique.

W.D. Harvey, M.L. Ginsberg Limited Discrepancy Search. In *Proceedings of the 14th IJCAI*, 1995.

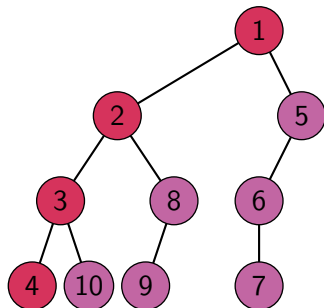
## Principe de la LDS



- suivre les décisions d'une bonne heuristique.
- ne pas explorer les noeuds qui ont une discrepancy trop grande car ils ne sont pas prometteurs.

W.D. Harvey, M.L. Ginsberg Limited Discrepancy Search. In *Proceedings of the 14th IJCAI*, 1995.

## Principe de la LDS



discrepancy  $\leq 1$

- suivre les décisions d'une bonne heuristique.
- ne pas explorer les noeuds qui ont une discrepancy trop grande car ils ne sont pas prometteurs.

W.D. Harvey, M.L. Ginsberg Limited Discrepancy Search. In *Proceedings of the 14th IJCAI*, 1995.



## Schéma de branchement

Énumération des rencontres pouvant avoir lieu au premier créneau disponible.

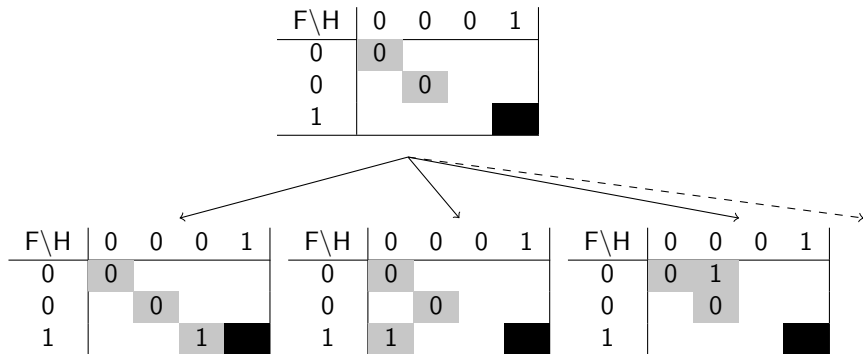
Exemple :

F \ H	0	0	0	1
0	0			
0		0		
1				

## Schéma de branchement

Énumération des rencontres pouvant avoir lieu au premier créneau disponible.

Exemple :



## Stratégie d'exploration

Sont prioritaires dans cet ordre :

- les rencontres dont les participants ont le plus de créneaux d'attente,
- les rencontres qui ont la plus petite date d'échéance.

F \ H	0	0	1	1	
0	0			×	
0				×	
0		0	×	1	

Ordre de priorité des rencontres

## Stratégie d'exploration

Sont prioritaires dans cet ordre :

- les rencontres dont les participants ont le plus de créneaux d'attente,
- les rencontres qui ont la plus petite date d'échéance.

F \ H	0	0	1	1	attentes
0	0			×	0
0				×	1
0		0	×	1	0
attentes	0	0	0	0	

Ordre de priorité des rencontres

## Stratégie d'exploration

Sont prioritaires dans cet ordre :

- les rencontres dont les participants ont le plus de créneaux d'attente,
- les rencontres qui ont la plus petite date d'échéance.

F \ H	0	0	1	1	attentes
0	0	②	②	×	0
0	①	①	①	×	1
0	■	0	×	1	0
attentes	0	0	0	0	

Ordre de priorité des rencontres

## Stratégie d'exploration

Sont prioritaires dans cet ordre :

- les rencontres dont les participants ont le plus de créneaux d'attente,
- les rencontres qui ont la plus petite date d'échéance.

F \ H	0	0	1	1	échéances
0	0	3	4	×	4
0	2	3	4	×	4
0		0	×	1	3
échéances	2	3	4	4	

Date d'échéance des participants et des rencontres

## Stratégie d'exploration

Sont prioritaires dans cet ordre :

- les rencontres dont les participants ont le plus de créneaux d'attente,
- les rencontres qui ont la plus petite date d'échéance.

F \ H	0	0	1	1	
0	0	④	⑤	×	
0	①	②	③	×	
0		0	×	1	

Ordre de priorité des rencontres

- 1 Description du problème
- 2 État de l'art
- 3 Schéma de branchement et stratégie d'exploration
- 4 Élagage de l'arbre**
- 5 Expérimentations numériques



## Bornes inférieures et supérieures

### Borne inférieure

Borne inférieure destructive basée sur l'utilisation de la contrainte "AllDifferent" classique en programmation par contraintes.

## Bornes inférieures et supérieures

### Borne inférieure

Borne inférieure destructive basée sur l'utilisation de la contrainte "AllDifferent" classique en programmation par contraintes.

### Borne supérieure

Heuristique qui cherche à trouver une solution pour la borne supérieure courante - 1.

## Rencontres symétriques

### Ordonnements équivalents

Deux ordonnancements partiels sont équivalents si on peut passer de l'un à l'autre par permutations de lignes (femmes) et de colonnes (hommes).

Exemples :

F \ H	0	0	0	0	1	1
0			0		1	
0	0					
0		0				
0				0		
1						

F \ H	0	0	0	0	1	1
0			0			
0	0					1
0		0				
0				0		
1						

# Rencontres symétriques

## Ordonnements équivalents

Deux ordonnancements partiels sont équivalents si on peut passer de l'un à l'autre par permutations de lignes (femmes) et de colonnes (hommes).

On en déduit des “zones” de rencontres :

F \ H	0	0	0	0	1	1
0		A	0			
0	0		A	B		C
0	A	0				
0		D		0		E
1		F		G		H

8 zones : A, B, ..., H

# Règle d'élimination (de dominance ?)

## Ordonnement "super actif"

Ordonnement qui maximise le nombre de rencontres positionnées à chaque date.

Exemple :

F\H	0	0	1
0	0		2
0	1	0	3
0	3	2	1

Actif

non "super actif"

F\H	0	0	1
0	0		1
0	1	0	2
0	2	1	3

"Super actif"

- 1 Description du problème
- 2 État de l'art
- 3 Schéma de branchement et stratégie d'exploration
- 4 Élagage de l'arbre
- 5 Expérimentations numériques**

# Expérimentations numériques

- 300 instances de 14, 24, 40, 50 et 70 participants générées aléatoirement sur la base de données fournies par un organisateur de soirées speed-dating.
- Discrepancy limitée à 2.
- Intel Core I3-540 et 8 Go de RAM.

# Tests numériques

Instances résolues à l'optimum et temps moyen de calcul.

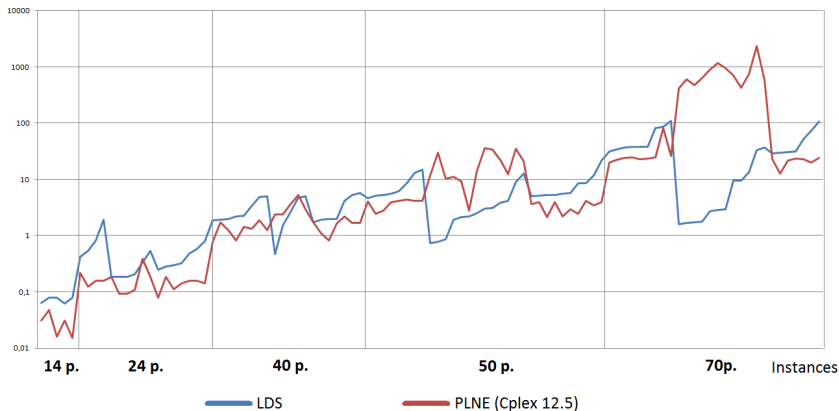
Taille	optima	temps moyen
14	5/5	0,1s
24	22/22	0,5s
40	31/31	3,2s
50	39/39	8,2s
70	41/53 <sup>1</sup>	56,2s

<sup>1</sup>12 instances non résolues en raison d'explosion de la mémoire



# Comparaison PLNE/LDS

temps (en s)



# Conclusion

- Limited discrepancy search pour résoudre le problème de speed-dating.
- Études des symétries des instances afin d'optimiser l'exploration de l'arbre.
- Règles de dominance intégrées à la recherche.
- Comparaison avec les résultats obtenus par un modèle linéaire en nombres entiers.

# Conclusion

- Limited discrepancy search pour résoudre le problème de speed-dating.
  - Études des symétries des instances afin d'optimiser l'exploration de l'arbre.
  - Règles de dominance intégrées à la recherche.
  - Comparaison avec les résultats obtenus par un modèle linéaire en nombres entiers.
- 
- Résultats prometteurs pour les instances avec autant d'hommes que de femmes.

## Perspectives

- Intégrer d'autres règles de dominance à la recherche.
- Résoudre les problèmes de mémoire.

# Perspectives

- Intégrer d'autres règles de dominance à la recherche.
  - Résoudre les problèmes de mémoire.
- 
- Utiliser cette méthode pour résoudre le cas dynamique.

# Perspectives

- Intégrer d'autres règles de dominance à la recherche.
  - Résoudre les problèmes de mémoire.
- 
- Utiliser cette méthode pour résoudre le cas dynamique.

Merci de votre attention.  
Questions ?

# Limited Discrepancy Search pour un problème d'ordonnancement de rendez-vous

**Agnès Le Roux**, Odile BELLENGUEZ-MORINEAU,  
Christelle GUÉRET

Séminaire LARIS

3 Juin 2014