

# L'art de décider

Mohamed Siala

The logo for LAAS-CNRS, featuring the text "LAAS-CNRS" in a blue, sans-serif font. The text is centered between two horizontal lines: a purple line above and a yellow line below.

Equipe ROC : Recherche Opérationnelle / Optimisation Combinatoire / Contraintes

Toulouse, France

# Plan

Contexte

Le jeux des 8 reines

Sudoku

Le voyageur de commerce

Conclusion

# La décision et l'optimisation combinatoire

## Les problèmes de décision

Ensemble de contraintes à satisfaire

## Les problèmes d'optimisation

Ensemble de contraintes à satisfaire  $\oplus$   
une fonction objectif

# La décision et l'optimisation combinatoire

## Les problèmes de décision

Ensemble de contraintes à satisfaire

## Les problèmes d'optimisation

Ensemble de contraintes à satisfaire  $\oplus$   
une fonction objectif

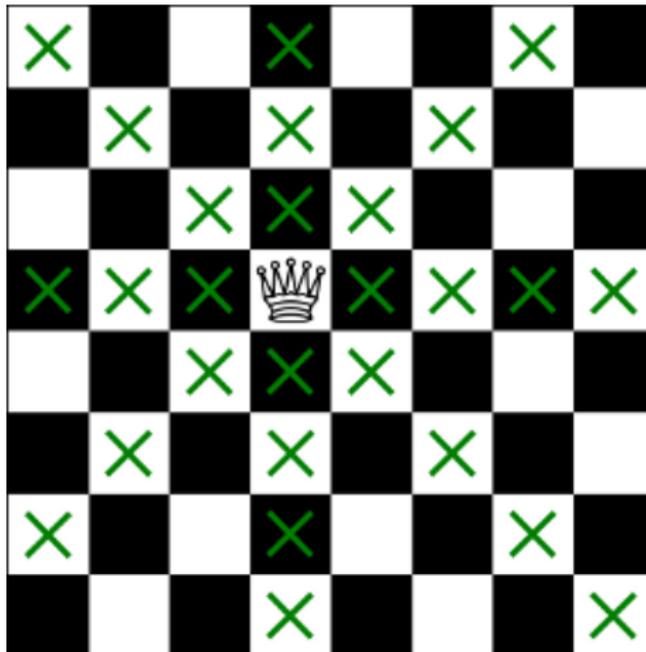
## Méthodes de résolution

- Enumération
- Enumeration Intelligente
- Méthodes approchées

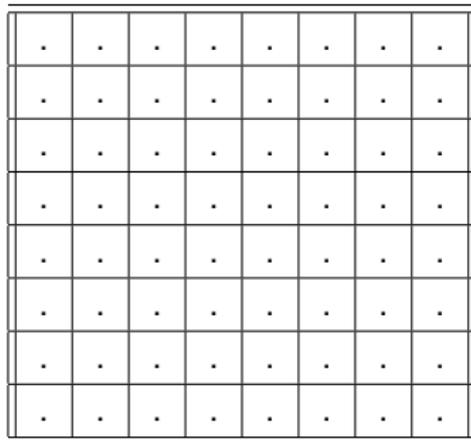
# Le jeux des 8 reines



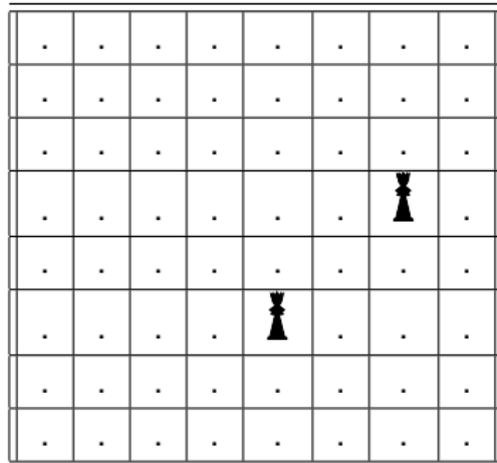
# Le jeu des 8 reines



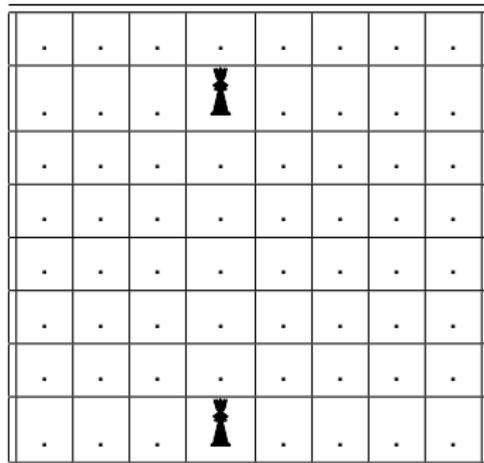
# Le jeu des 8 reines



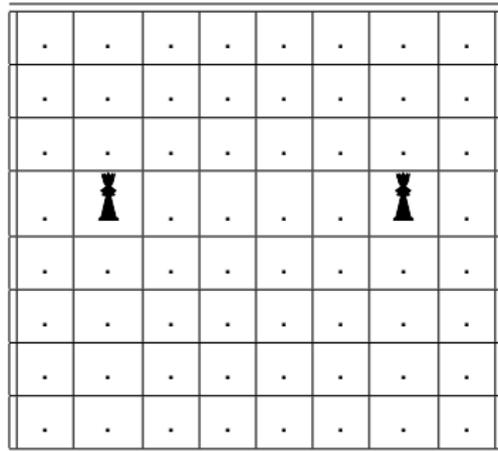
# Le jeu des 8 reines



# Le jeu des 8 reines



# Le jeu des 8 reines



# Démonstration !

## Avez vous essayé de résoudre Sudoku ?

8			4		6			7
						4		
	1					6	5	
5		9		3		7	8	
				7				
	4	8		2		1		3
	5	2					9	
		1						
3			9		2			5

## Les règles d'inférence

7	2	5
3	1	8
?	4	9

## Les règles d'inférence

7	2	5
3	1	8
6	4	9

## Les règles d'inférence

7	?	5	
3	1	?	
?	4	9	

## Les règles d'inférence

7	{2, 6, 8}	5	
3	1	{2, 6, 8}	
{2, 6, 8}	4	9	

## Les règles d'inférence

7	{2, 6, 8}	5	[4, 2, 1]
3	1	{2, 6, 8}	
{2, 6, 8}	4	9	
	[9, 6, 3]	[7, 3, 2]	

## Les règles d'inférence

7	{2, 6, 8}	5	[4, 2, 1]
3	1	{2, 6, 8}	
{2, 6, 8}	4	9	
	[9, 6, 3]	[7, 3, 2]	

## Les règles d'inférence

7	{2, 6, 8}	5	[4, 2, 1]
3	1	{2, 6, 8}	
{2, 6, 8}	4	9	
	[9, 6, 3]	[7, 3, 2]	

## Les règles d'inférence

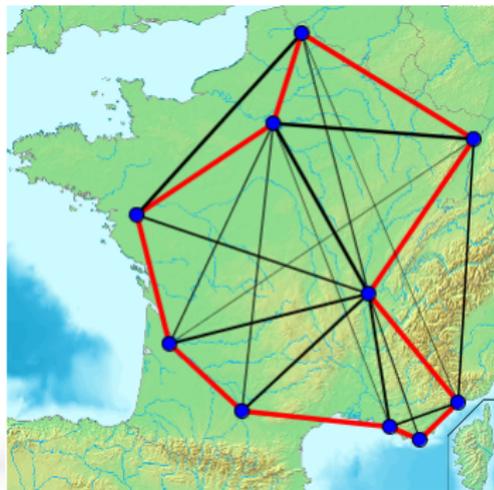
7	{2, 6, 8}	5	[4, 2, 1]
3	1	{2, 6, 8}	
{2, 6, 8}	4	9	
	[9, 6, 3]	[7, 3, 2]	

## Les règles d'inférence

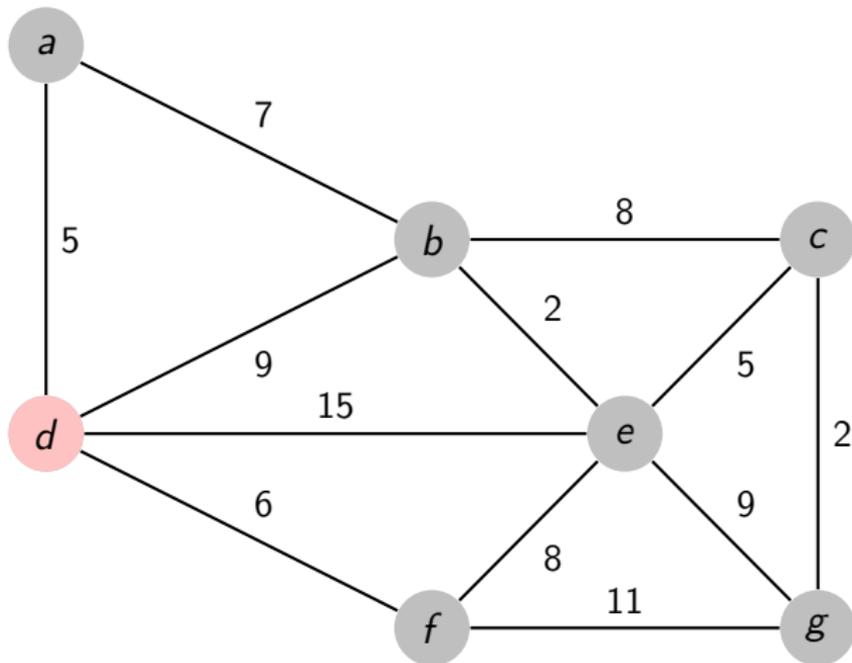
7	{2, 6, 8}	5	[4, 2, 1]
3	1	{2, 6, 8}	
{2, 6, 8}	4	9	
	[9, 6, 3]	[7, 3, 2]	

# Démonstration !

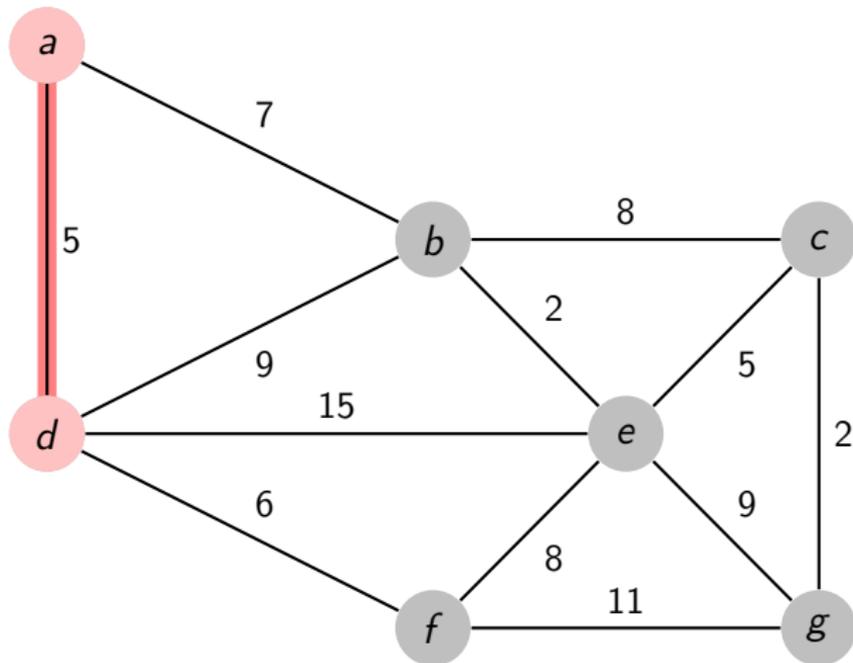
# Le problème du voyageur de commerce



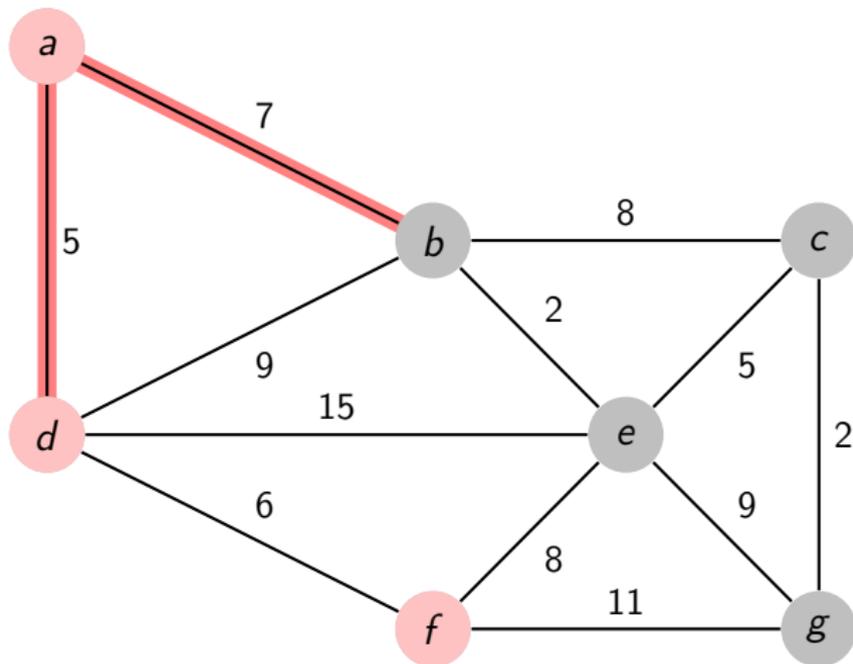
## Exemple



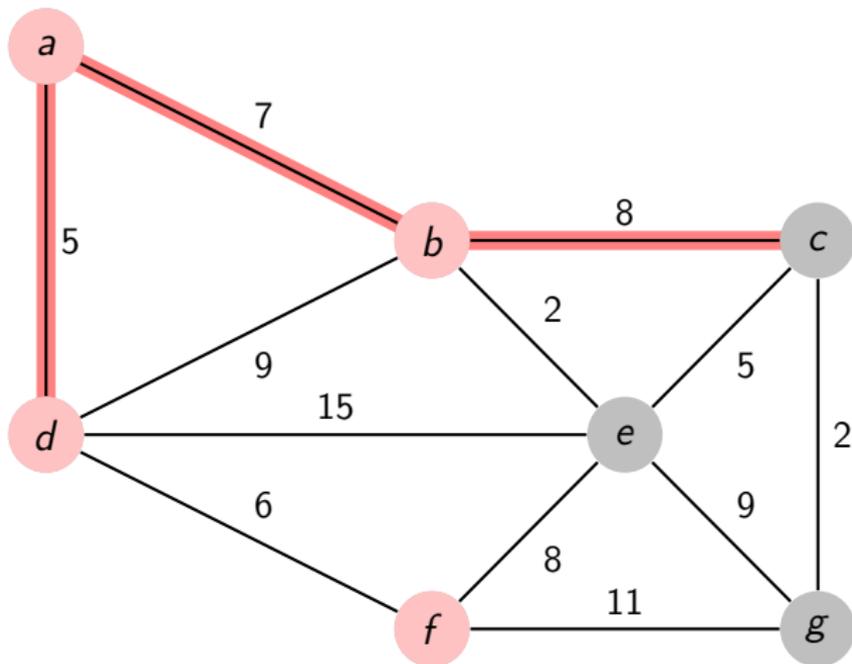
## Exemple



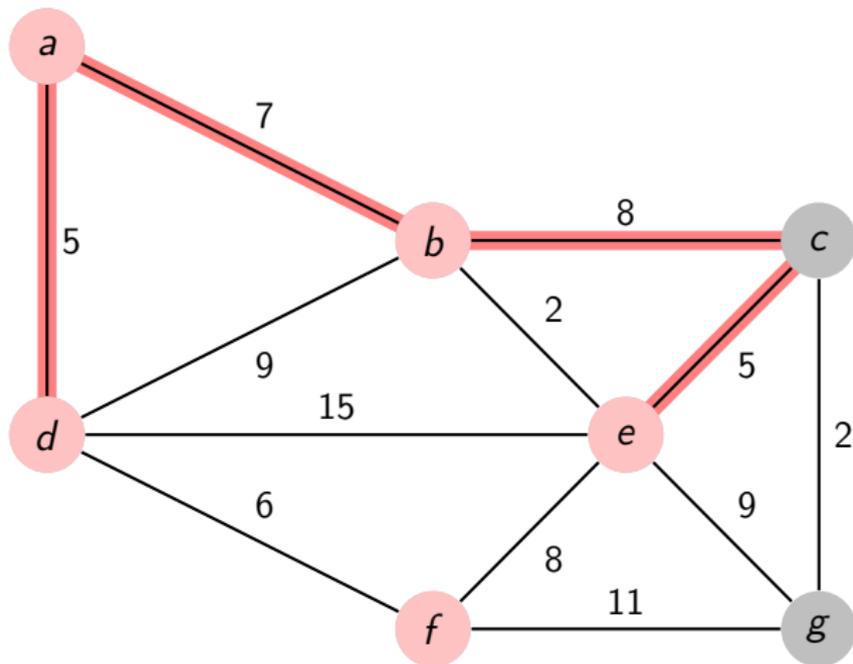
## Exemple



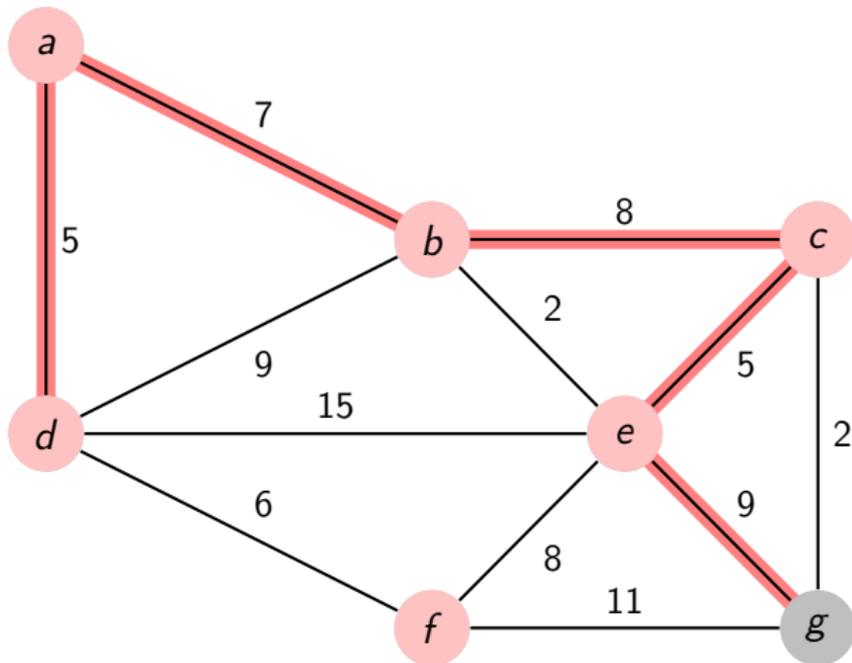
## Exemple



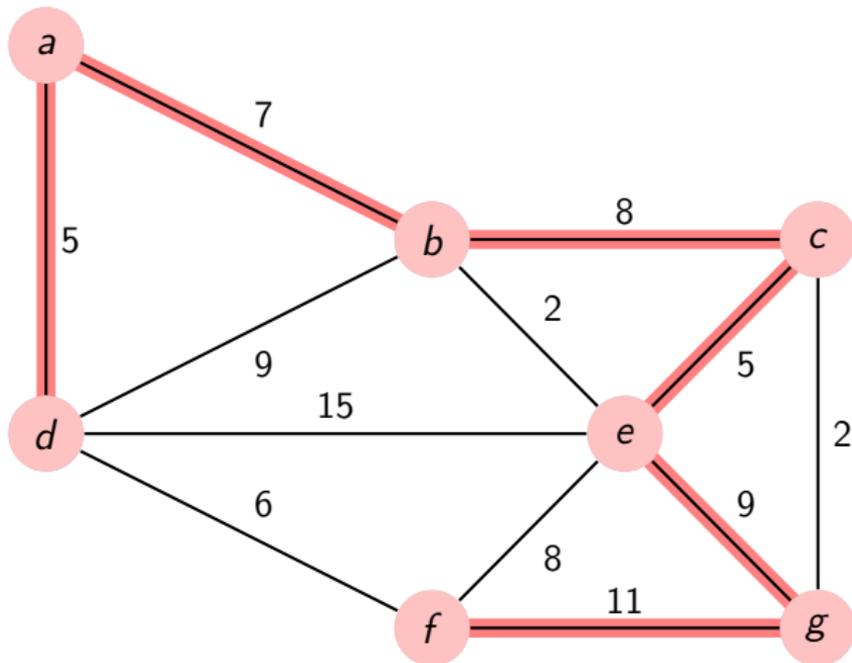
## Exemple



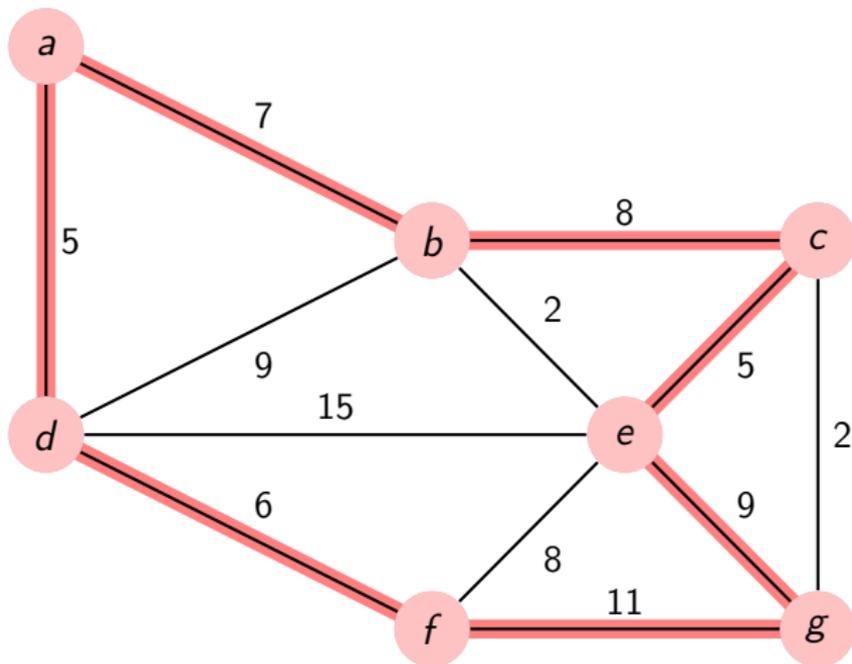
## Exemple



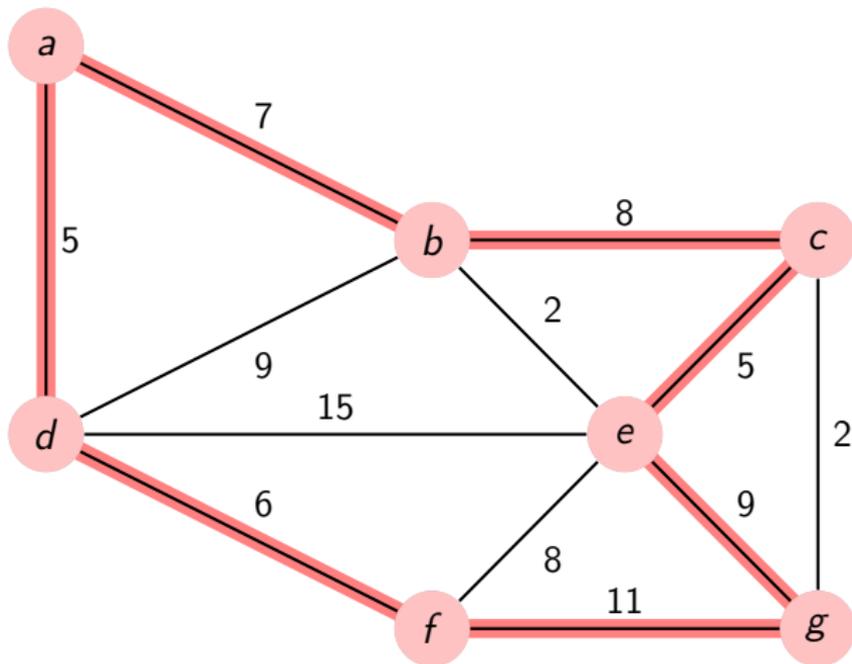
## Exemple



## Exemple

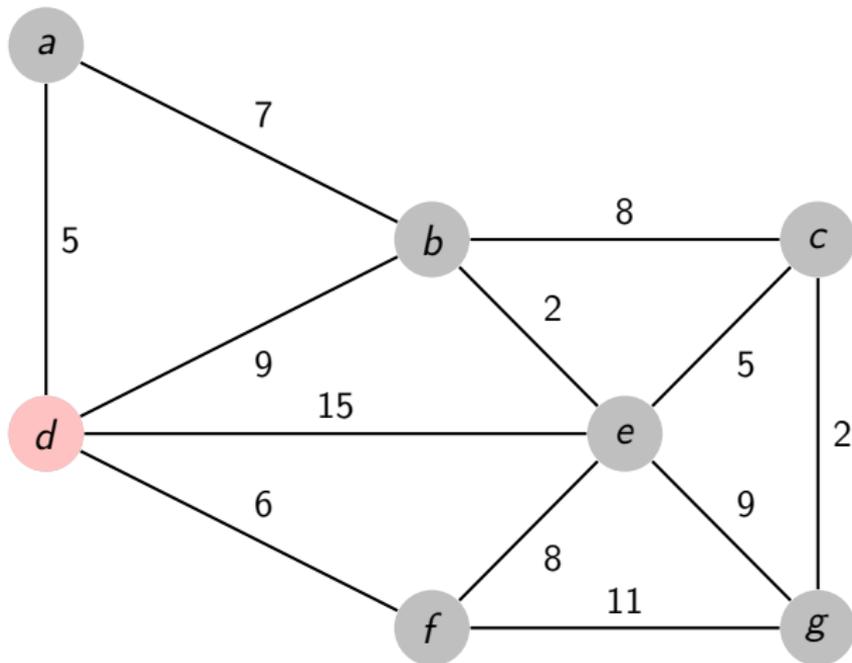


## Exemple

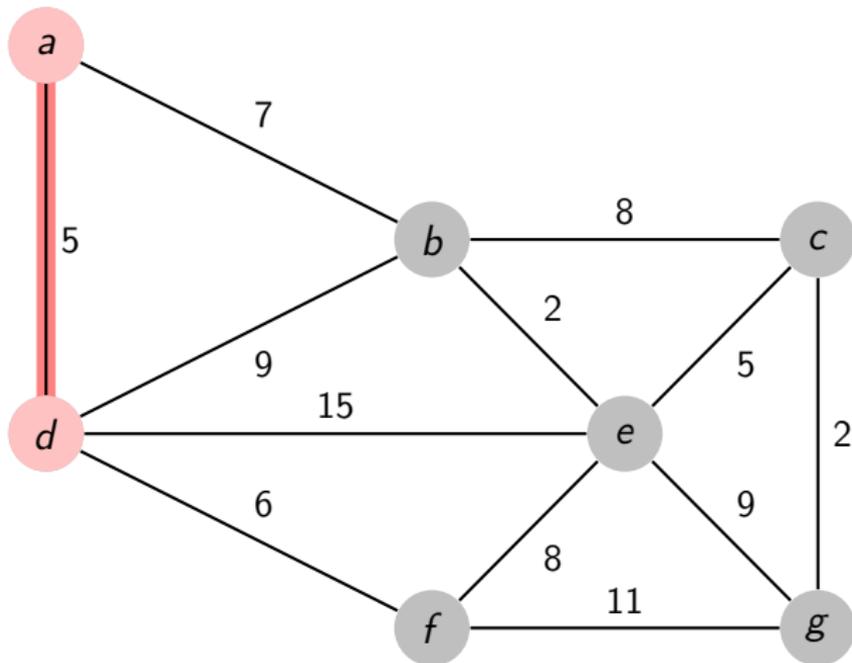


$$\rightarrow \text{Cout} : 5 + 7 + 8 + 5 + 9 + 11 + 6 = 53\text{Km}$$

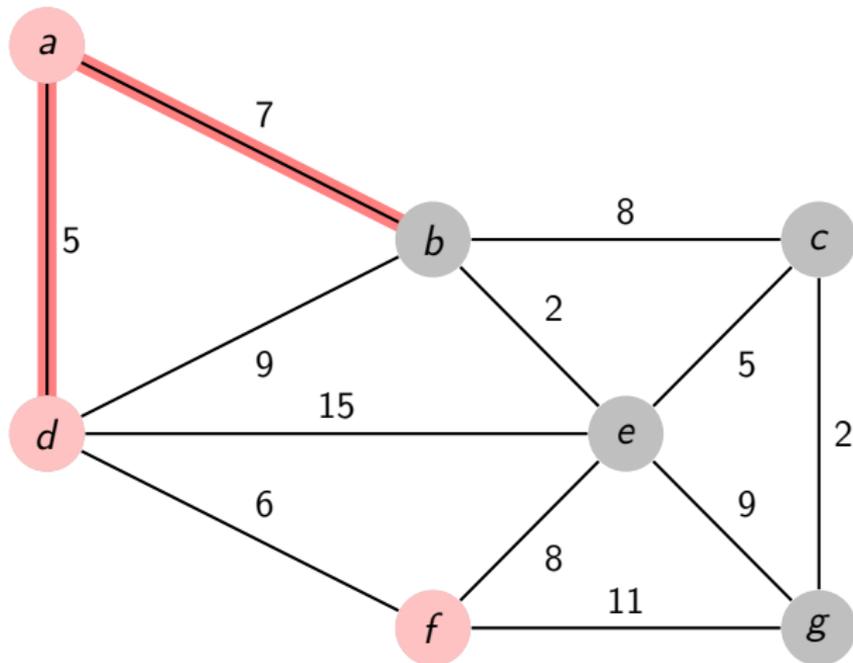
## Exemple



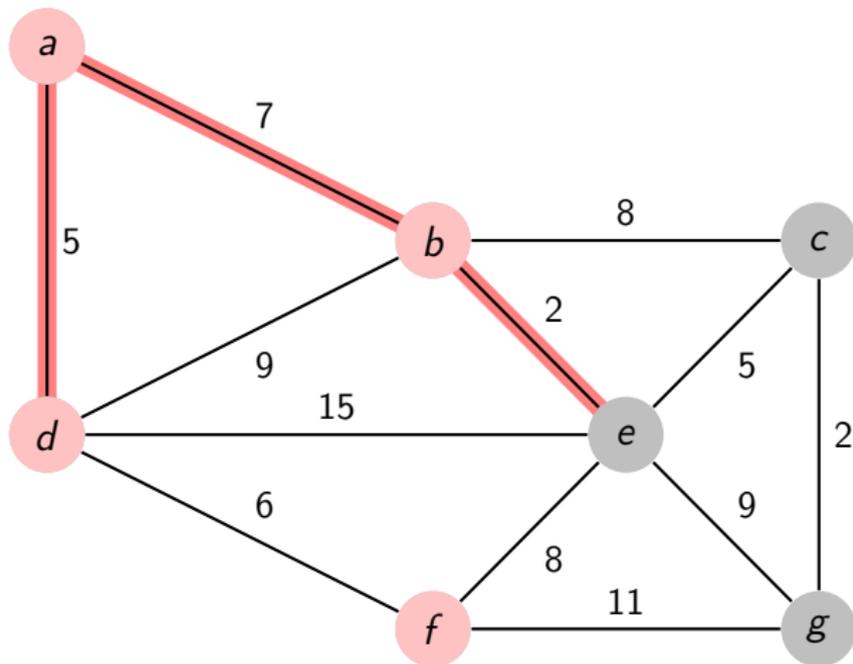
## Exemple



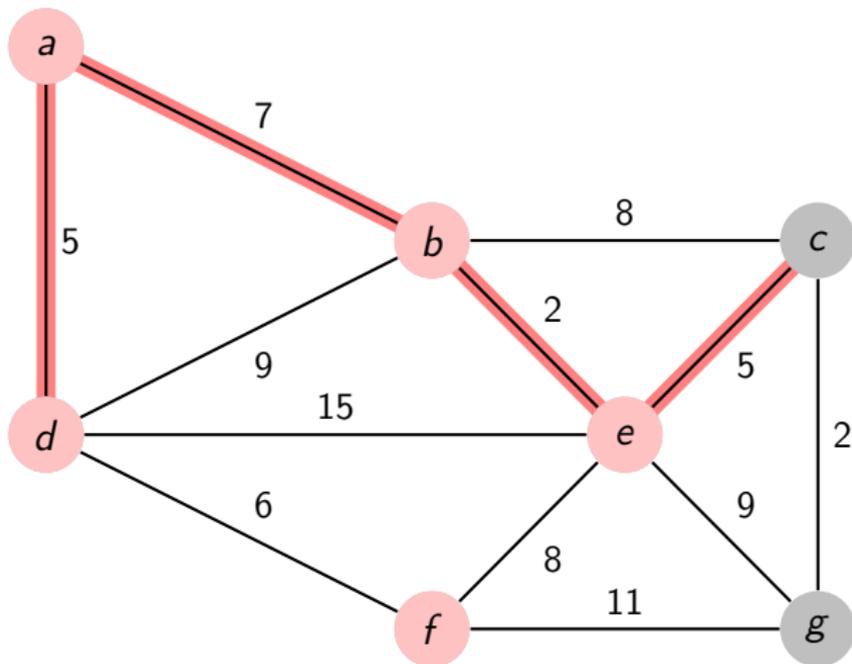
## Exemple



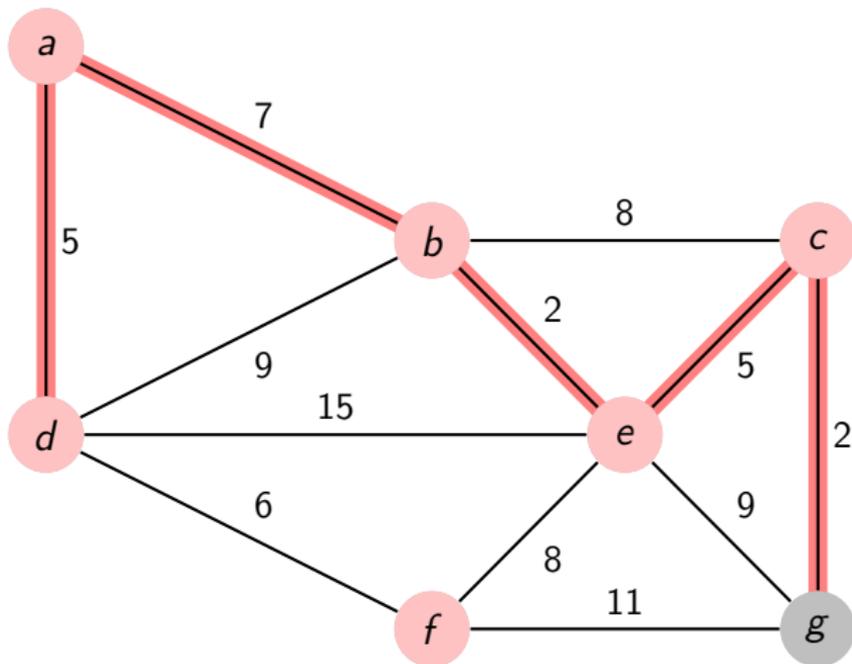
## Exemple



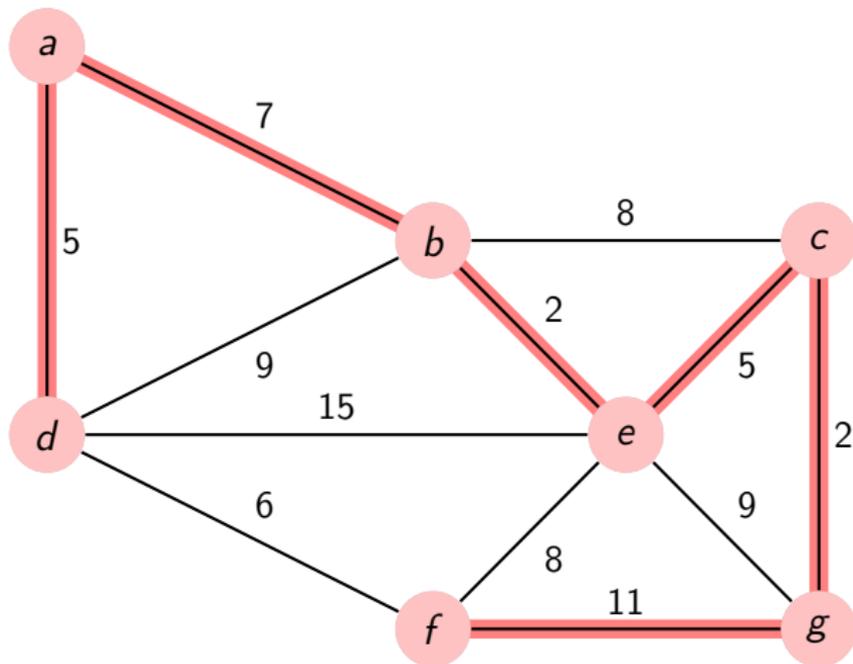
## Exemple



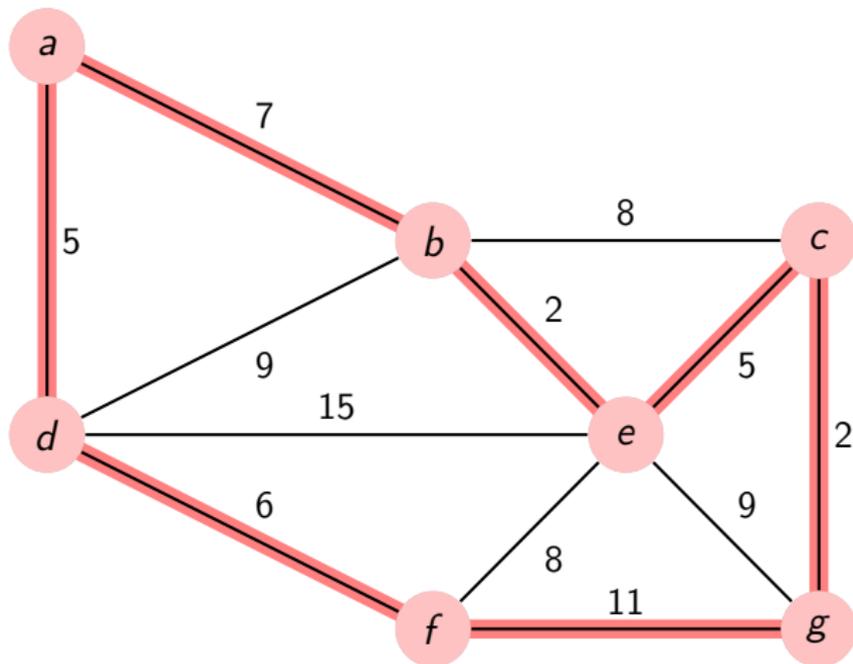
## Exemple



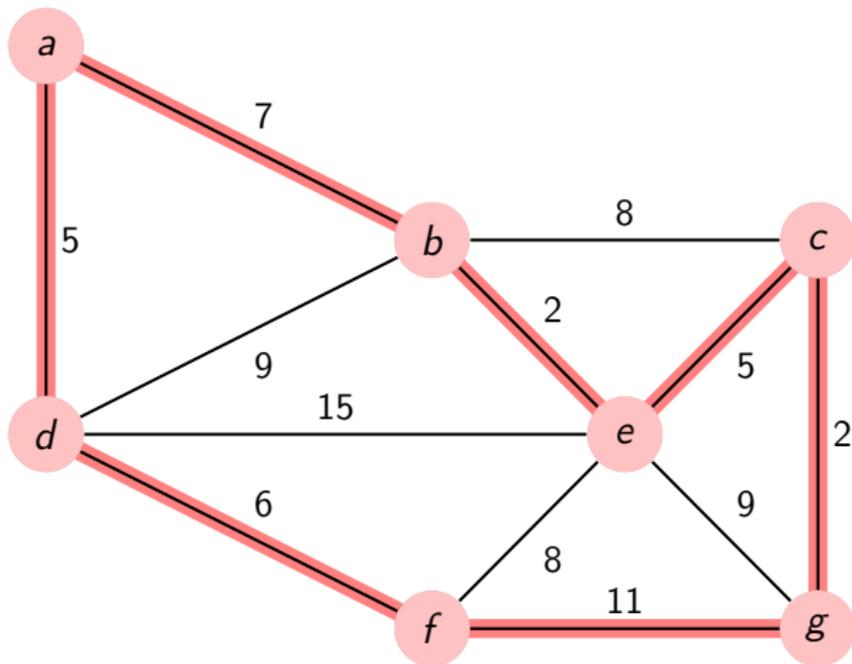
## Exemple



## Exemple



## Exemple



$$\rightarrow \text{Cout} : 5 + 7 + 2 + 5 + 2 + 11 + 6 = 38\text{Km}$$

# Démonstration !

Et si on essaye toutes les possibilités ?

## Et si on essaye toutes les possibilités ?

- 2 Villes  $\rightarrow$  1

## Et si on essaye toutes les possibilités ?

- 2 Villes  $\rightarrow$  1
- 3 Villes  $\rightarrow$  2

## Et si on essaye toutes les possibilités ?

- 2 Villes  $\rightarrow$  1
- 3 Villes  $\rightarrow$  2
- 4 Villes  $\rightarrow$  6

## Et si on essaye toutes les possibilités ?

- 2 Villes  $\rightarrow$  1
- 3 Villes  $\rightarrow$  2
- 4 Villes  $\rightarrow$  6
- 5 Villes  $\rightarrow$  24

## Et si on essaye toutes les possibilités ?

- 2 Villes  $\rightarrow$  1
- 3 Villes  $\rightarrow$  2
- 4 Villes  $\rightarrow$  6
- 5 Villes  $\rightarrow$  24
- 6 Villes  $\rightarrow$  96

## Et si on essaye toutes les possibilités ?

- 2 Villes  $\rightarrow$  1
- 3 Villes  $\rightarrow$  2
- 4 Villes  $\rightarrow$  6
- 5 Villes  $\rightarrow$  24
- 6 Villes  $\rightarrow$  96
- 7 Villes  $\rightarrow$  576

## Et si on essaye toutes les possibilités ?

- 2 Villes  $\rightarrow$  1
- 3 Villes  $\rightarrow$  2
- 4 Villes  $\rightarrow$  6
- 5 Villes  $\rightarrow$  24
- 6 Villes  $\rightarrow$  96
- 7 Villes  $\rightarrow$  576
- 8 Villes  $\rightarrow$  4032

## Et si on essaye toutes les possibilités ?

- 2 Villes  $\rightarrow$  1
- 3 Villes  $\rightarrow$  2
- 4 Villes  $\rightarrow$  6
- 5 Villes  $\rightarrow$  24
- 6 Villes  $\rightarrow$  96
- 7 Villes  $\rightarrow$  576
- 8 Villes  $\rightarrow$  4032
- 40 villes

## Et si on essaye toutes les possibilités ?

- 2 Villes  $\rightarrow$  1
- 3 Villes  $\rightarrow$  2
- 4 Villes  $\rightarrow$  6
- 5 Villes  $\rightarrow$  24
- 6 Villes  $\rightarrow$  96
- 7 Villes  $\rightarrow$  576
- 8 Villes  $\rightarrow$  4032
- 40 villes  $\rightarrow$  à peu près  $2.10^{46}$  solutions à tester !

## Et si on essaye toutes les possibilités ?

- 2 Villes  $\rightarrow$  1
- 3 Villes  $\rightarrow$  2
- 4 Villes  $\rightarrow$  6
- 5 Villes  $\rightarrow$  24
- 6 Villes  $\rightarrow$  96
- 7 Villes  $\rightarrow$  576
- 8 Villes  $\rightarrow$  4032
- 40 villes  $\rightarrow$  à peu près  $2 \cdot 10^{46}$  solutions à tester !
- Avec une machine moderne :  $3 \cdot 10^{27}$  années !

## Et si on essaye toutes les possibilités ?

- 2 Villes  $\rightarrow$  1
- 3 Villes  $\rightarrow$  2
- 4 Villes  $\rightarrow$  6
- 5 Villes  $\rightarrow$  24
- 6 Villes  $\rightarrow$  96
- 7 Villes  $\rightarrow$  576
- 8 Villes  $\rightarrow$  4032
- 40 villes  $\rightarrow$  à peu près  $2 \cdot 10^{46}$  solutions à tester !
- Avec une machine moderne :  $3 \cdot 10^{27}$  années !

Les méthodes approchées !

# L'algorithme génétique !

# L'algorithme génétique !

- Population

# L'algorithme génétique !

- Population
- Croisement

# L'algorithme génétique !

- Population
- Croisement
- Mutation

# Démonstration !



- Les problèmes de décision
- Les problèmes d'optimisation

- Les problèmes de décision
- Les problèmes d'optimisation
- Existe-t-il une méthode pour les résoudre dans un temps acceptable ?

- Les problèmes de décision
- Les problèmes d'optimisation
- Existe-t-il une méthode pour les résoudre dans un temps acceptable ?



[http://www.claymath.org/millennium/P\\_vs\\_NP/](http://www.claymath.org/millennium/P_vs_NP/)

Merci pour votre attention !