Graphes et Algorithmes - Diffusion de l'information scientifique

Dorian Mazauric

▶ **To cite this version:**

Dorian Mazauric. Graphes et Algorithmes - Diffusion de l'information scientifique. 2016, pp.403. hal-01383665

HAL Id: hal-01383665
https://inria.hal.science/hal-01383665

Submitted on 19 Oct 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Graphes et Algorithmes

Diffusion de l'information scientifique

Dorian Mazauric

Chargé de recherche

Inria Sophia Antipolis - Méditerranée

équipe-projet Algorithmes et Biologie Structurale

dorian.mazauric@inria.fr

http://www-sop.inria.fr/members/Dorian.Mazauric

Découvrir les graphes

**Pas besoin de réfléchir,
les ordinateurs calculent tellement vite ?**

La magie des graphes et du binaire

Comment gagner aux jeux combinatoires

La Recherche

Découvrir les graphes

Le problème du Monde

Le problème (Δ, D) et application

Des graphes partout

Rubik's cube, biologie structurale,
réseaux de communication...

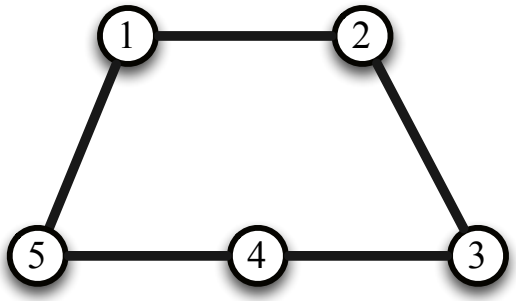
Dans une petite île, chaque route joint en ligne droite deux des villes. Le réseau routier a été construit de telle sorte que :

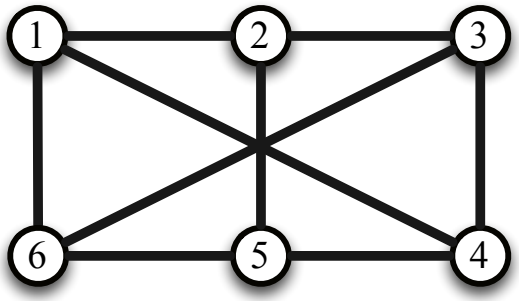
- de chaque ville partent au plus trois routes ;
- on peut toujours aller d'une ville à l'autre soit par une route directement, soit en passant au plus par une ville intermédiaire.

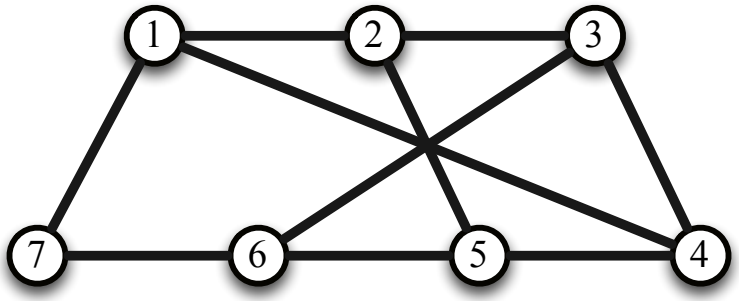
Le nombre de villes de l'île peut-il être 5 ? 6 ? 7 ?
Combien y a-t-il, au plus, de villes dans cette île ?

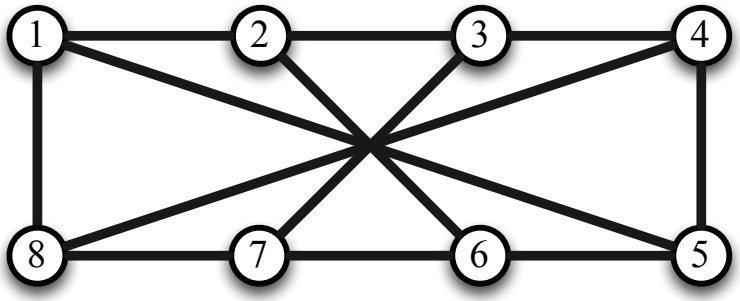
Elisabeth Busser et *Gilles Cohen*
Solution dans *Le Monde* du 4 octobre.

Solutions à 5, 6, 7 et 8 villes.



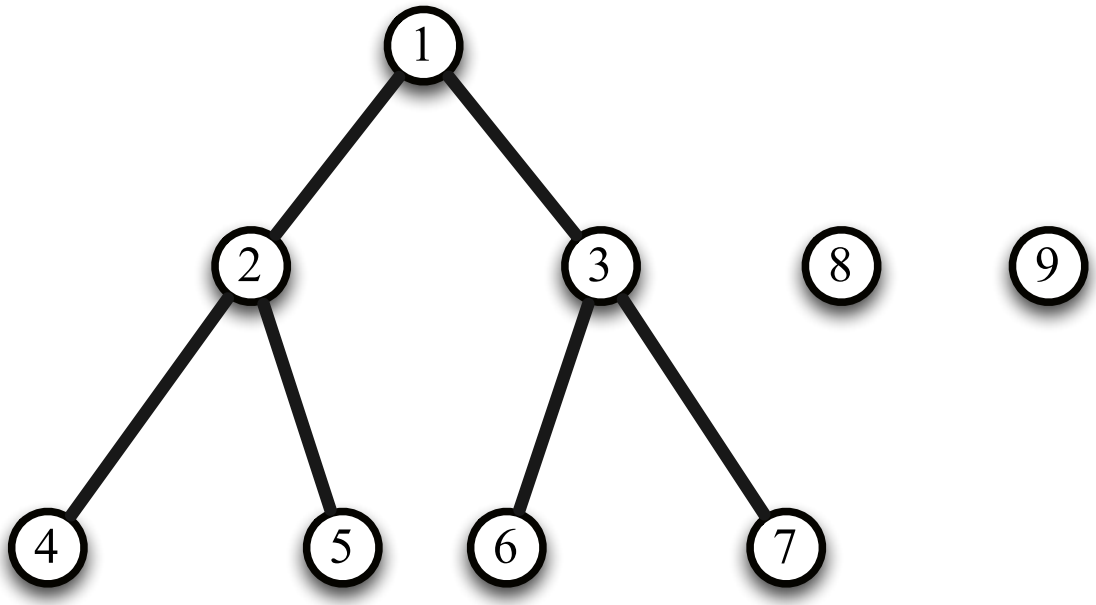






Pas de solution à 9 villes (démonstration par l'absurde).

• Il ne peut pas se faire que des 9 villes partent 3 routes.
En effet, on parviendrait à 27 extrémités de routes (nombre impair), alors que chaque route compte 2 extrémités.
• Donc s'il y a une solution à 9 villes, alors il existe une ville dont ne partent que 2 routes. Mais cela n'est pas possible non plus.



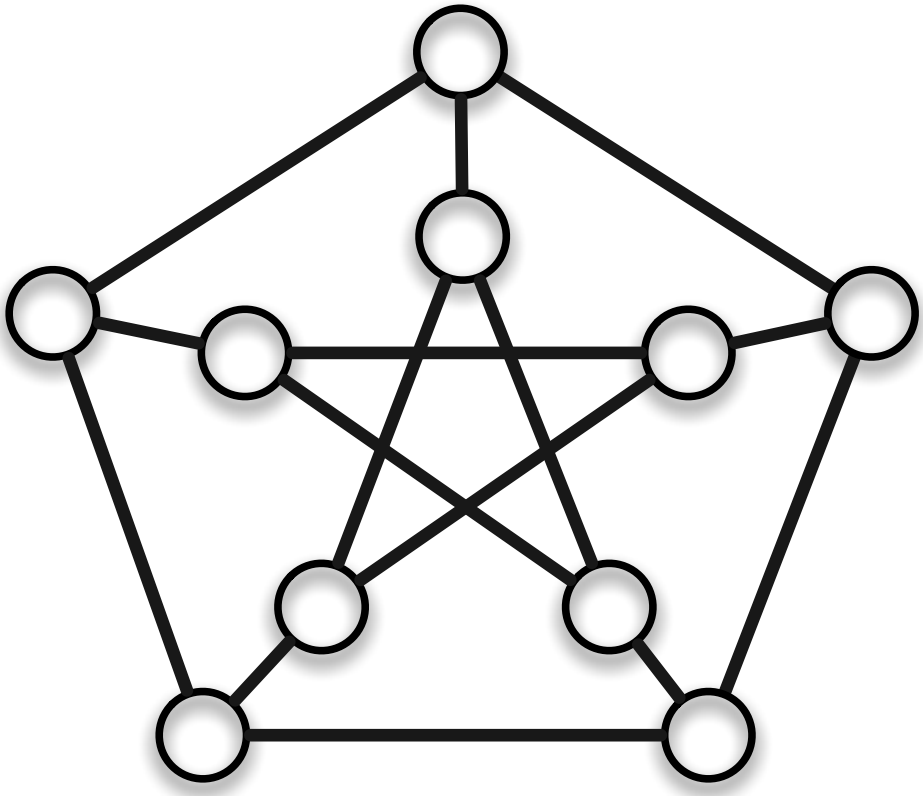
Il y a au plus 8 villes dans l'île car il y a une solution à 8 villes et il n'y a pas de solution à 9 villes.

Il y a au plus 8 villes dans l'île car il y a une solution à 8 villes et il n'y a pas de solution à 9 villes.

Solution avec 10 villes ?

Il y a au plus 8 villes dans l'île car il y a une solution à 8 villes et il n'y a pas de solution à 9 villes.

Solution avec 10 villes !



Le problème (Δ, D).

Construire un graphe

- de degré au plus Δ
- de distance entre sommets au plus D.

Objectif = maximiser le nombre de sommets $N(\Delta, D)$.

Graphe = ensemble de sommets + ensemble d'arêtes.
Degré d'un sommet = nombre d'arêtes incidentes.
Distance entre sommets = nombre d'arêtes sur un plus court chemin.

Nombre de sommets pour le problème (Δ, D).

Δ, D	2	3	4	5	6	7
3	**10**	**20**	**38**	70	132	196
4	**15**	41	96	364	740	1320
5	**24**	72	210	624	2772	5516
6	**32**	110	390	1404	7917	19383
7	**50**	168	672	2756	11988	52768
8	57	253	1100	5060	39672	131137
9	74	585	1550	8200	75893	279616
10	91	650	2286	13140	134690	583083
11	104	715	3200	19500	156864	1001268

`http://www.eyal.com.au/wiki/The_Degree/Diameter_Problem`

Application : super ordinateur EKA (TATA Industries).

En 2008 : 4e dans le monde et 1er en Asie.

`http://en.wikipedia.org/wiki/EKA_(supercomputer)`

- Eka uses an interconnect designed using concepts from projective geometry.
- The details of the interconnect are beyond the scope of this article. (Translation : I did not understand the really complex mathematics that goes on in those papers. Suffice it to say that before they are done, fairly obscure branches of mathematics get involved).
- This interconnect gives linear speedup for applications but the complexity of building the interconnect increases only near-linearly. The upshot of this is that to achieve a given application speed (i.e. number of Teraflops), Eka ends up using fewer nodes than its compatriots

Découvrir les graphes

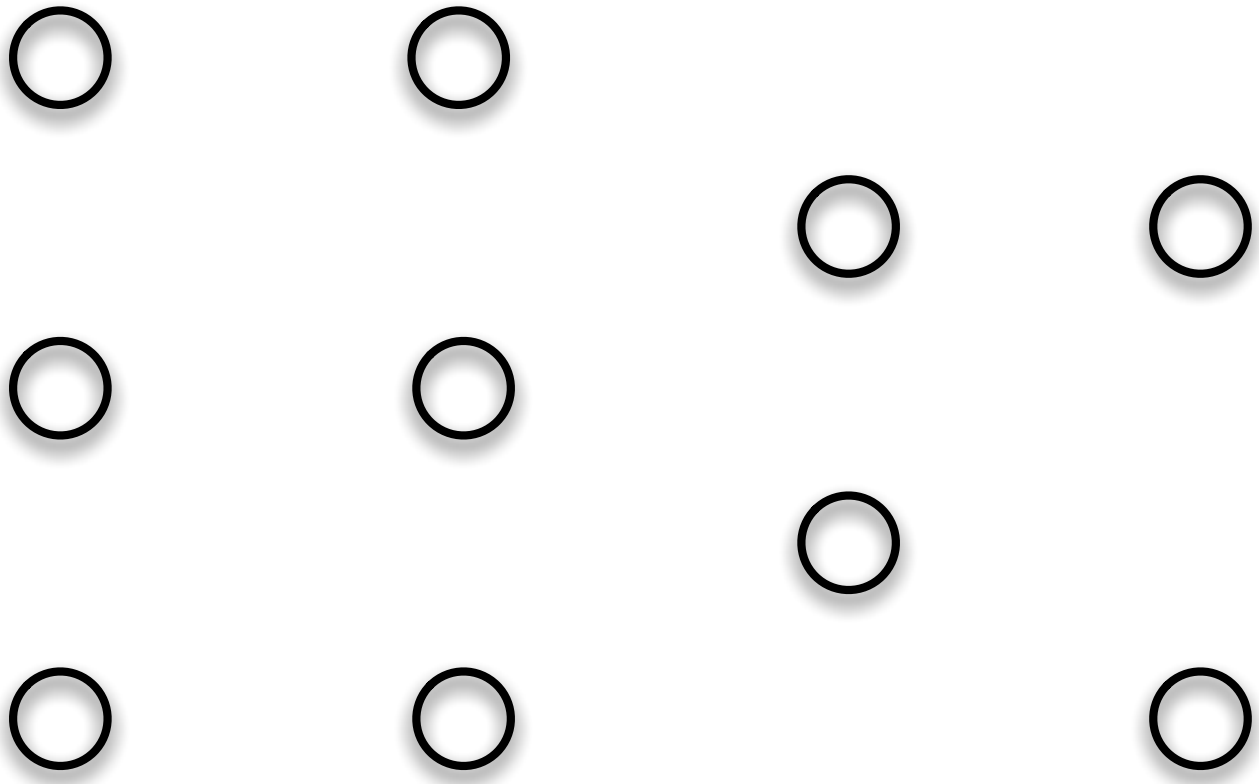
Le problème du Monde

Le problème (Δ, D) et application

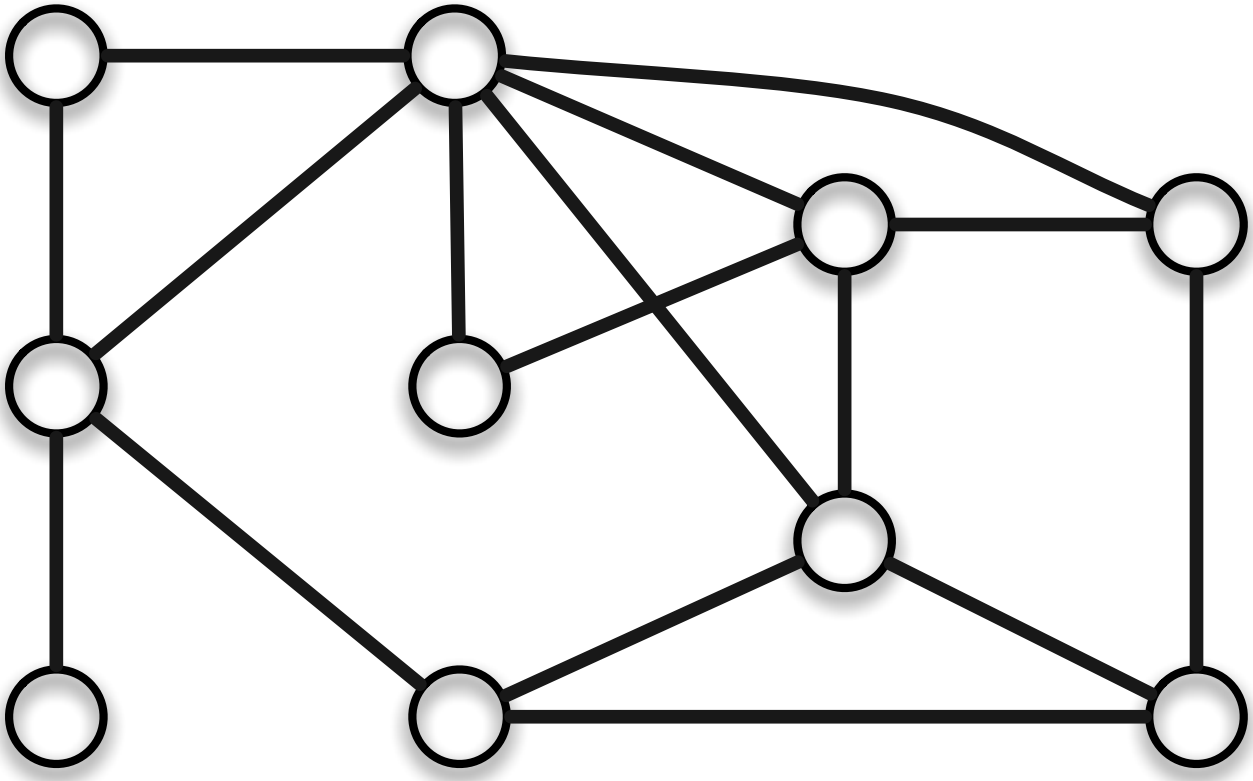
Des graphes partout

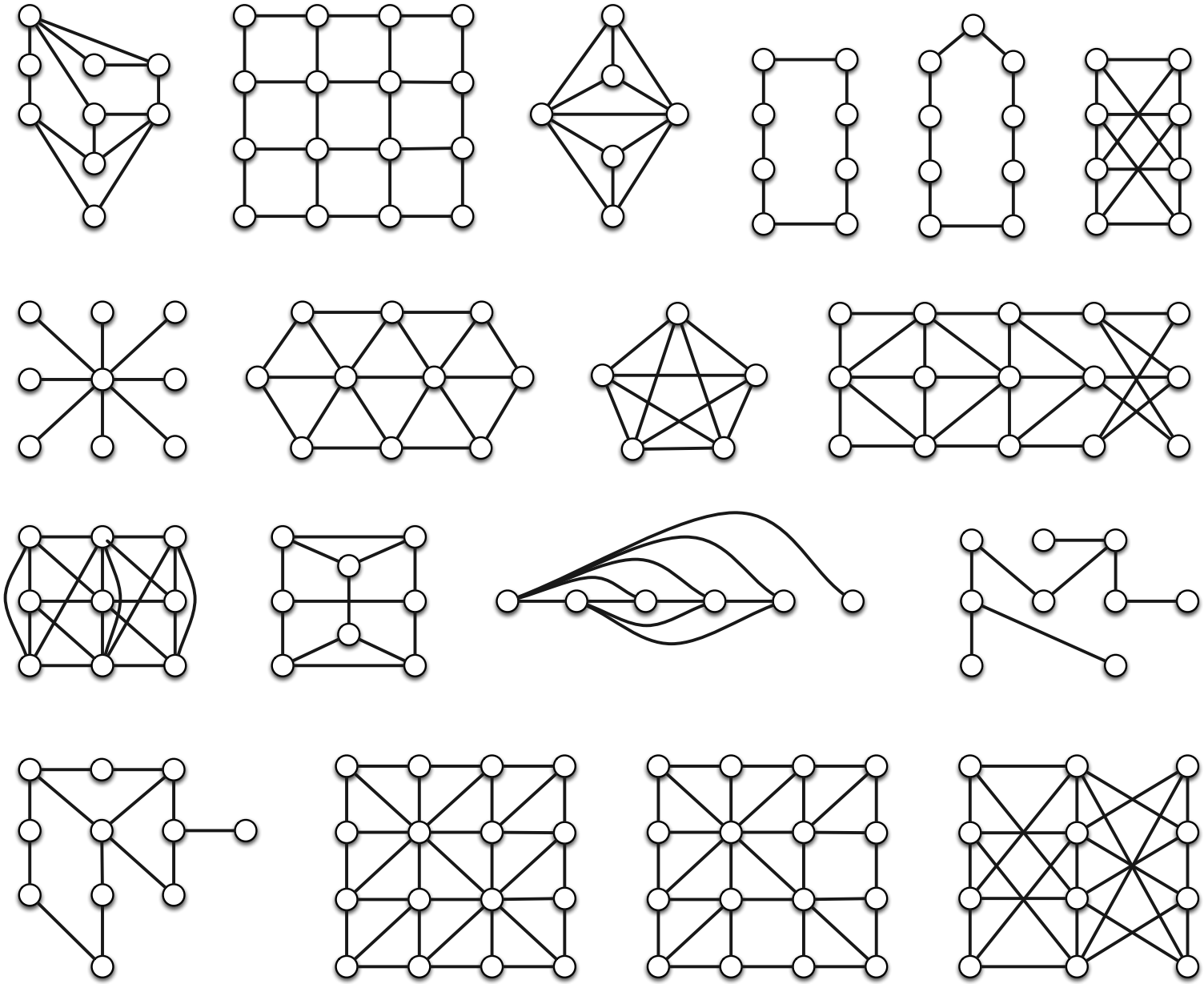
Rubik's cube, biologie structurale,
réseaux de communication...

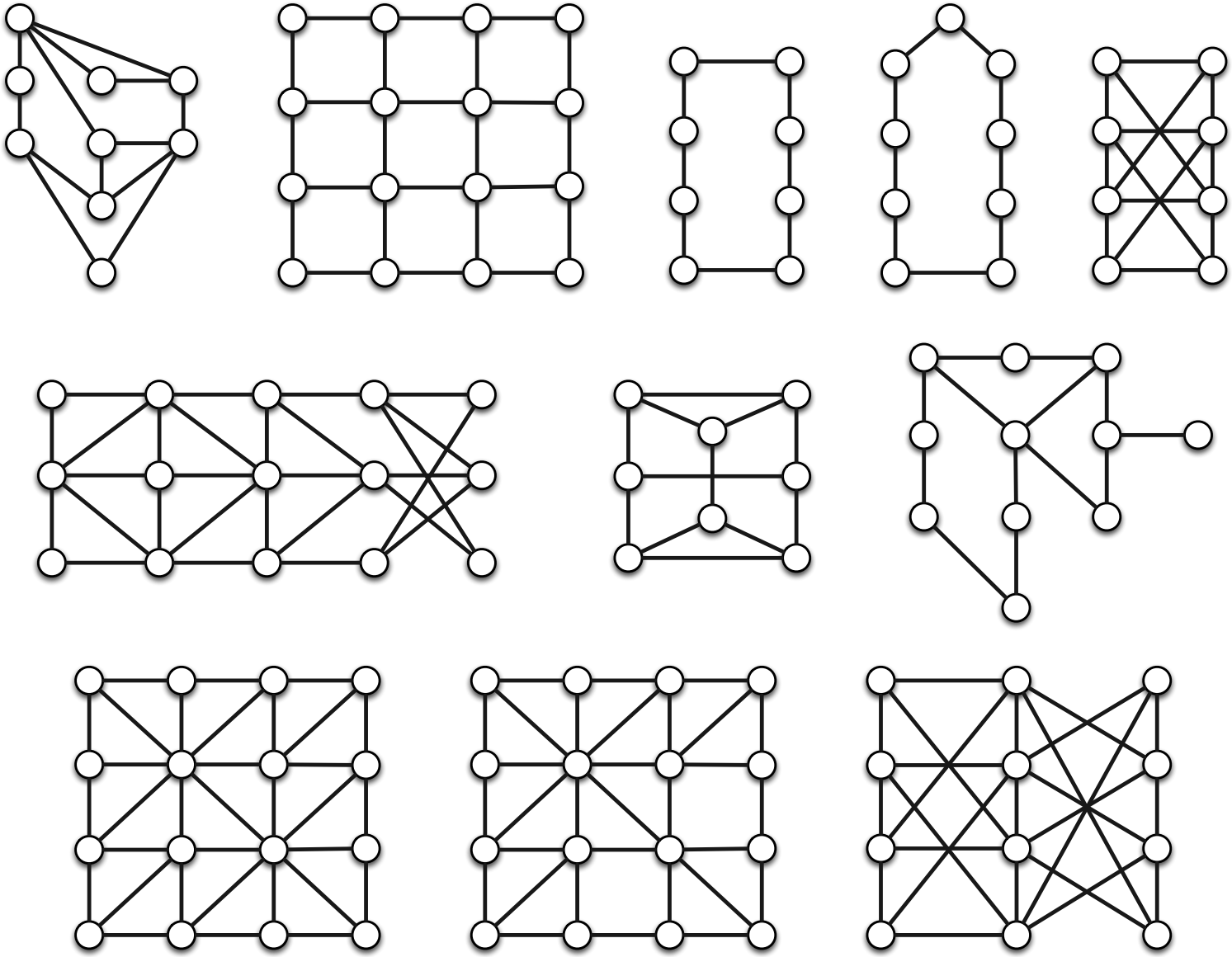
Graphe = ensemble de sommets



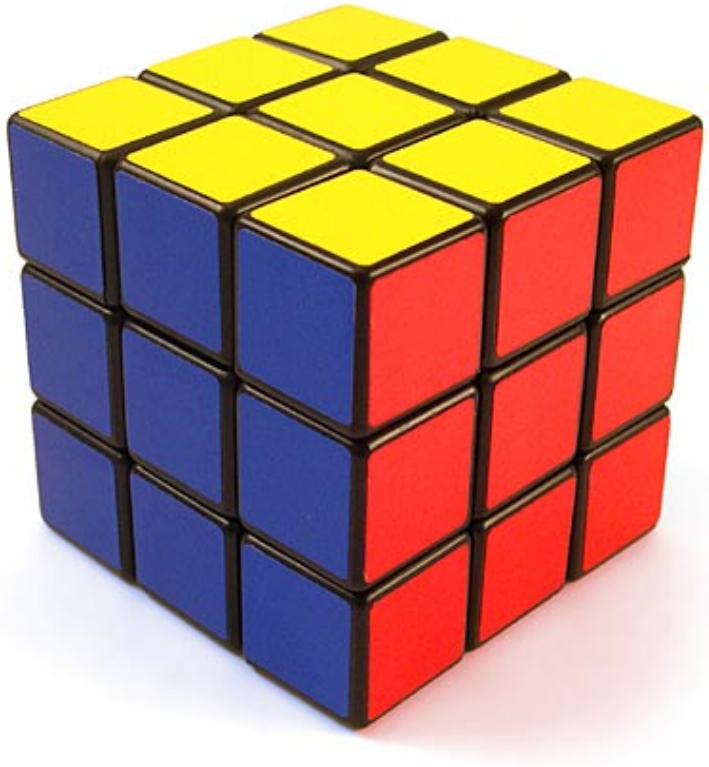
Graphe = ensemble de sommets + ensemble d'arêtes







Rubik's Cube.



Graphe des combinaisons du Rubik's Cube.

sommets = toutes les combinaisons possibles.
arêtes = rotations d'une face.

Quelle est la distance maximale entre le sommet du cube résolu et n'importe quel autre sommet ?

(diamètre = plus grande distance entre deux sommets)

Difficulté : il y a 43 252 003 274 489 856 000 sommets.

Graphe des combinaisons du Rubik's Cube.

sommets = toutes les combinaisons possibles.
arêtes = rotations d'une face.

Quelle est la distance maximale entre le sommet du cube résolu et n'importe quel autre sommet ?

(diamètre = plus grande distance entre deux sommets)

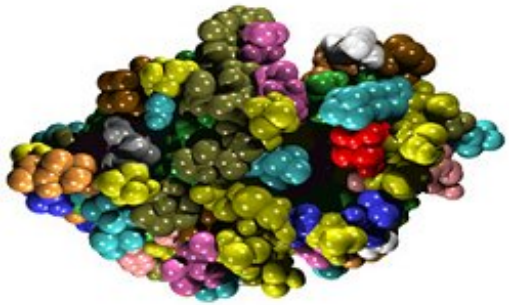
Difficulté : il y a 43 252 003 274 489 856 000 sommets.

Le Rubik's Cube peut être résolu en au plus 20 rotations.

Des semaines de calcul distribué sur un grand nombre d'ordinateurs prêtés par Google (= 35 ans de calcul sur un ordinateur haut de gamme).

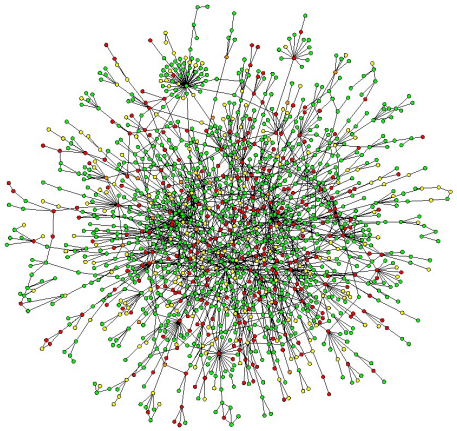
Graphe représentant une protéine

- un sommet par acide aminé
- une arête si lien entre acides aminés



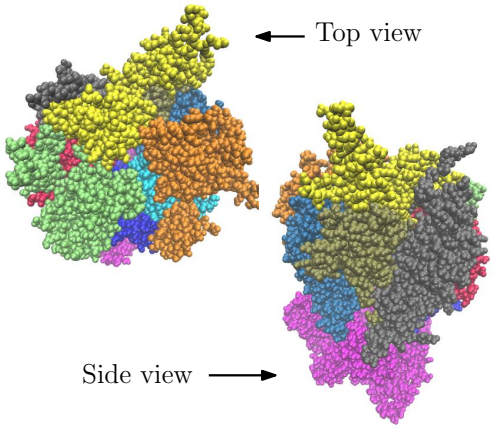
Réseau d'interactions protéiques

- un sommet par protéine
- une arête si fonction biologique commune



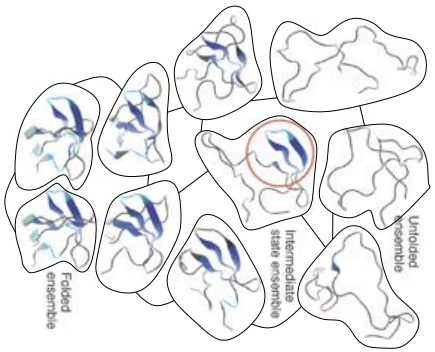
Assemblage macromoléculaire

- un sommet par protéine
- une arête si deux protéines en contact



Réseau de conformations de protéines

- un sommet est une conformation
- une arête code les similarités



Graphe = ensemble de sommets + ensemble d'arêtes

Un réseau peut être représenté par un graphe.

- Réseau routier $\rightarrow$ sommets = villes et arêtes = routes.
- Réseau social $\rightarrow$ sommets = individus et arêtes = amis.
- Réseau du Web $\rightarrow$ sommets = pages Web et arêtes = liens.
- Réseau en biologie.
- ...

Problèmes des réseaux $\rightarrow$ Problèmes de graphes.

Découvrir les graphes

**Pas besoin de réfléchir,
les ordinateurs calculent tellement vite ?**

La magie des graphes et du binaire

Comment gagner aux jeux combinatoires

La Recherche

Pas besoin de réfléchir, les ordinateurs calculent tellement vite ?

Le problème du voyageur de commerce

Un problème (trop) difficile à résoudre ?

P = NP ?

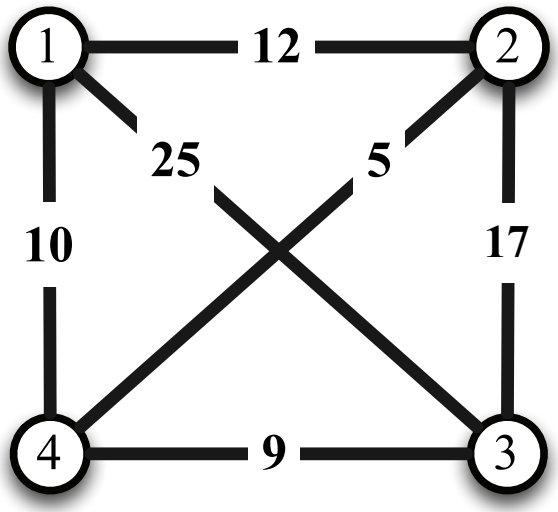
Un des problèmes du millénaire...

Le problème du plus court chemin

Un problème plus simple à résoudre

Données : un ensemble de villes et les distances entre elles.

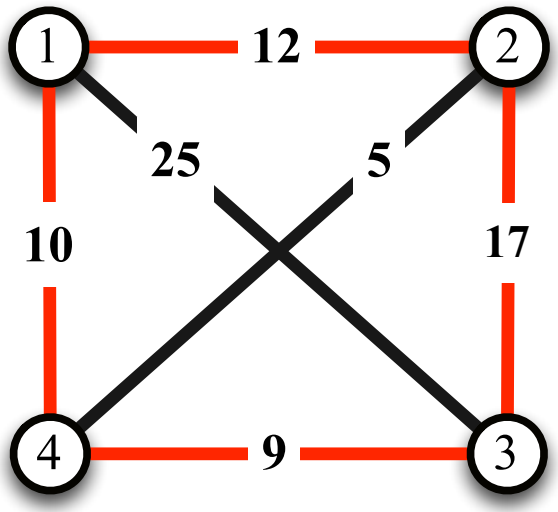
Objectif : parcourir toutes les villes en minimisant la distance parcourue (la ville 1 est le départ et l'arrivée).



Ordre	Distance totale
1, 2, 3, 4, 1	$12 + 17 + 9 + 10 = 48$
1, 2, 4, 3, 1	$12 + 5 + 9 + 25 = 51$
1, 3, 2, 4, 1	$25 + 17 + 5 + 10 = 57$
1, 3, 4, 2, 1	$25 + 9 + 5 + 12 = 51$
1, 4, 2, 3, 1	$10 + 5 + 17 + 25 = 57$
1, 4, 3, 2, 1	$10 + 9 + 17 + 12 = 48$

Données : un ensemble de villes et les distances entre elles.

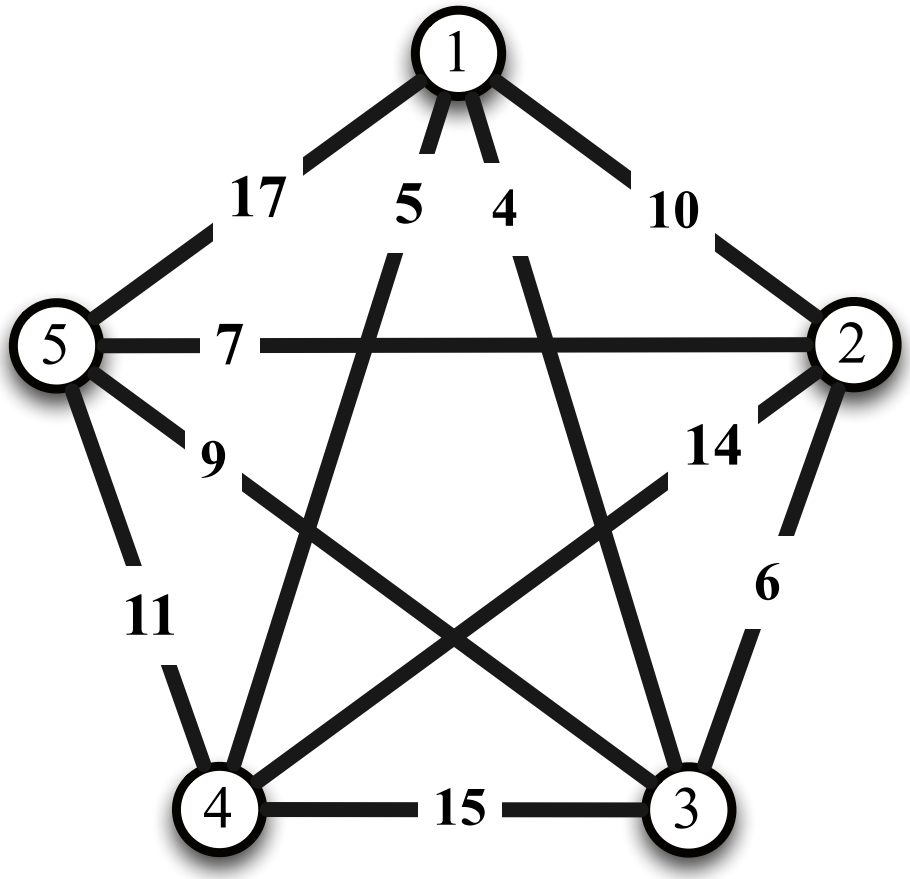
Objectif : parcourir toutes les villes en minimisant la distance parcourue (la ville 1 est le départ et l'arrivée).



Ordre	Distance totale
1, 2, 3, 4, 1	$12 + 17 + 9 + 10 = 48$
1, 2, 4, 3, 1	$12 + 5 + 9 + 25 = 51$
1, 3, 2, 4, 1	$25 + 17 + 5 + 10 = 57$
1, 3, 4, 2, 1	$25 + 9 + 5 + 12 = 51$
1, 4, 2, 3, 1	$10 + 5 + 17 + 25 = 57$
1, 4, 3, 2, 1	$10 + 9 + 17 + 12 = 48$

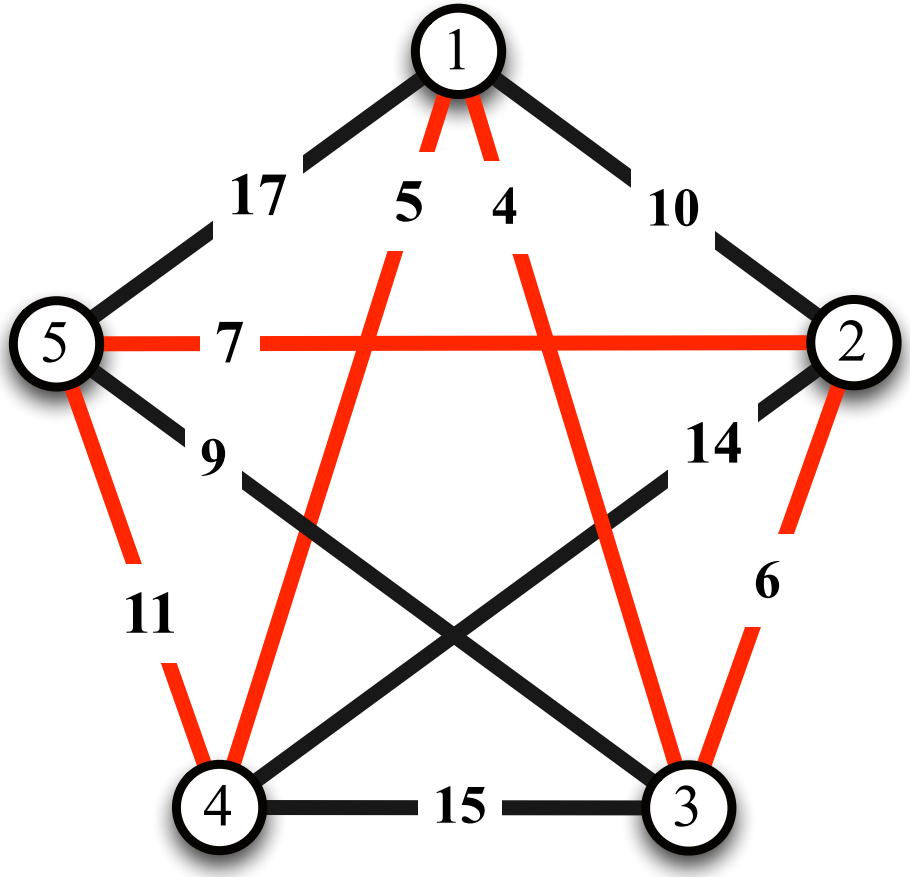
Données : un ensemble de villes et les distances entre elles.

Objectif : parcourir toutes les villes en minimisant la distance parcourue (la ville 1 est le départ et l'arrivée).



Données : un ensemble de villes et les distances entre elles.

Objectif : parcourir toutes les villes en minimisant la distance parcourue (la ville 1 est le départ et l'arrivée).



Données : un ensemble de villes et les distances entre elles.

Objectif : parcourir toutes les villes en minimisant la distance parcourue (la ville 1 est le départ et l'arrivée).

- Avec 5 villes, il y a 24 parcours possibles :

$(1,2,3,4,5,1)$, $(1,2,3,5,4,1)$, $(1,2,4,3,5,1)$, $(1,2,4,5,3,1)$,
$(1,2,5,3,4,1)$, $(1,2,5,4,3,1)$, $(1,3,2,4,5,1)$, $(1,3,2,5,4,1)$,
$(1,3,4,2,5,1)$, $(1,3,4,5,2,1)$, $(1,3,5,2,4,1)$, $(1,3,5,4,2,1)$,
$(1,4,2,3,5,1)$, $(1,4,2,5,3,1)$, $(1,4,3,2,5,1)$, $(1,4,3,5,2,1)$,
$(1,4,5,2,3,1)$, $(1,4,5,3,2,1)$, $(1,5,2,3,4,1)$, $(1,5,2,4,3,1)$,
$(1,5,3,2,4,1)$, $(1,5,3,4,2,1)$, $(1,5,4,2,3,1)$, $(1,5,4,3,2,1)$.

- Avec n villes, il y a $(n-1)!$ parcours possibles.

$(n-1)! = (n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times \ldots \times 3 \times 2 \times 1$

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
4	6	$\approx$ 2 nanosecondes
5	24	$\approx$ 12 nanosecondes
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
4	6	$\approx$ 2 nanosecondes
5	24	$\approx$ 12 nanosecondes
6	$5! = 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$	
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
4	6	$\approx$ 2 nanosecondes
5	24	$\approx$ 12 nanosecondes
6	120	$\approx$ 60 nanosecondes
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
4	6	$\approx$ 2 nanosecondes
5	24	$\approx$ 12 nanosecondes
6	120	$\approx$ 60 nanosecondes
7	$6! = 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2$	
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
4	6	$\approx$ 2 nanosecondes
5	24	$\approx$ 12 nanosecondes
6	120	$\approx$ 60 nanosecondes
7	720	$\approx$ 360 nanosecondes
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
4	6	$\approx$ 2 nanosecondes
5	24	$\approx$ 12 nanosecondes
6	120	$\approx$ 60 nanosecondes
7	720	$\approx$ 360 nanosecondes
8	5 040	$\approx$ 2.5 microsecondes
9	40 320	$\approx$ 20 microsecondes
10	362 880	$\approx$ 181 microsecondes
11	3 628 800	$\approx$ 1.8 millisecondes
12	39 916 800	$\approx$ 20 millisecondes
13	479 001 600	$\approx$ 239 millisecondes
14	6 227 020 800	$\approx$ 3 secondes

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
15	87 178 291 200	$\approx$ 43 secondes
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
...		
100		

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
14	6 227 020 800	$\approx$ 3 secondes
15	87 178 291 200	$\approx$ 43 secondes
16	1 307 674 400 000	$\approx$ 11 minutes
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
...		
100		

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
14	6 227 020 800	$\approx$ 3 secondes
15	87 178 291 200	$\approx$ 43 secondes
16	1 307 674 400 000	$\approx$ 11 minutes
17	20 922 790 000 000	$\approx$ 3 heures
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
...		
100		

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
14	6 227 020 800	$\approx$ 3 secondes
15	87 178 291 200	$\approx$ 43 secondes
16	1 307 674 400 000	$\approx$ 11 minutes
17	20 922 790 000 000	$\approx$ 3 heures
18	355 687 430 000 000	$\approx$ 2 jours
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
...		
100		

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
14	6 227 020 800	$\approx$ 3 secondes
15	87 178 291 200	$\approx$ 43 secondes
16	1 307 674 400 000	$\approx$ 11 minutes
17	20 922 790 000 000	$\approx$ 3 heures
18	355 687 430 000 000	$\approx$ 2 jours
19	6 402 373 700 000 000	$\approx$ 37 jours
20		
21		
22		
23		
24		
25		
...		
100		

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
14	6 227 020 800	$\approx$ 3 secondes
15	87 178 291 200	$\approx$ 43 secondes
16	1 307 674 400 000	$\approx$ 11 minutes
17	20 922 790 000 000	$\approx$ 3 heures
18	355 687 430 000 000	$\approx$ 2 jours
19	6 402 373 700 000 000	$\approx$ 37 jours
20	121 645 100 000 000 000	$\approx$ 23 mois
21		
22		
23		
24		
25		
...		
100		

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
14	6 227 020 800	$\approx$ 3 secondes
15	87 178 291 200	$\approx$ 43 secondes
16	1 307 674 400 000	$\approx$ 11 minutes
17	20 922 790 000 000	$\approx$ 3 heures
18	355 687 430 000 000	$\approx$ 2 jours
19	6 402 373 700 000 000	$\approx$ 37 jours
20	121 645 100 000 000 000	$\approx$ 23 mois
21	$\approx 2.4 \times 10^{18}$	$\approx$ 38 années
22		
23		
24		
25		
...		
100		

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
14	6 227 020 800	$\approx$ 3 secondes
15	87 178 291 200	$\approx$ 43 secondes
16	1 307 674 400 000	$\approx$ 11 minutes
17	20 922 790 000 000	$\approx$ 3 heures
18	355 687 430 000 000	$\approx$ 2 jours
19	6 402 373 700 000 000	$\approx$ 37 jours
20	121 645 100 000 000 000	$\approx$ 23 mois
21	$\approx 2.4 \times 10^{18}$	$\approx$ 38 années
22	$\approx 5.1 \times 10^{19}$	810 années
23		
24		
25		
...		
100		

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
14	6 227 020 800	$\approx$ 3 secondes
15	87 178 291 200	$\approx$ 43 secondes
16	1 307 674 400 000	$\approx$ 11 minutes
17	20 922 790 000 000	$\approx$ 3 heures
18	355 687 430 000 000	$\approx$ 2 jours
19	6 402 373 700 000 000	$\approx$ 37 jours
20	121 645 100 000 000 000	$\approx$ 23 mois
21	$\approx 2.4 \times 10^{18}$	$\approx$ 38 années
22	$\approx 5.1 \times 10^{19}$	810 années
23	$\approx 1.1 \times 10^{21}$	170 siècles
24		
25		
...		
100		

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
14	6 227 020 800	$\approx$ 3 secondes
15	87 178 291 200	$\approx$ 43 secondes
16	1 307 674 400 000	$\approx$ 11 minutes
17	20 922 790 000 000	$\approx$ 3 heures
18	355 687 430 000 000	$\approx$ 2 jours
19	6 402 373 700 000 000	$\approx$ 37 jours
20	121 645 100 000 000 000	$\approx$ 23 mois
21	$\approx 2.4 \times 10^{18}$	$\approx$ 38 années
22	$\approx 5.1 \times 10^{19}$	810 années
23	$\approx 1.1 \times 10^{21}$	170 siècles
24	$\approx 2.5 \times 10^{22}$	409 millénaires
25		
...		
100		

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
14	6 227 020 800	$\approx$ 3 secondes
15	87 178 291 200	$\approx$ 43 secondes
16	1 307 674 400 000	$\approx$ 11 minutes
17	20 922 790 000 000	$\approx$ 3 heures
18	355 687 430 000 000	$\approx$ 2 jours
19	6 402 373 700 000 000	$\approx$ 37 jours
20	121 645 100 000 000 000	$\approx$ 23 mois
21	$\approx 2.4 \times 10^{18}$	$\approx$ 38 années
22	$\approx 5.1 \times 10^{19}$	810 années
23	$\approx 1.1 \times 10^{21}$	170 siècles
24	$\approx 2.5 \times 10^{22}$	409 millénaires
25	$\approx 6.2 \times 10^{23}$	9 837 millénaires
...		
100		

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Nombre de villes	Nombre de parcours	Temps de calcul
14	6 227 020 800	$\approx$ 3 secondes
15	87 178 291 200	$\approx$ 43 secondes
16	1 307 674 400 000	$\approx$ 11 minutes
17	20 922 790 000 000	$\approx$ 3 heures
18	355 687 430 000 000	$\approx$ 2 jours
19	6 402 373 700 000 000	$\approx$ 37 jours
20	121 645 100 000 000 000	$\approx$ 23 mois
21	$\approx 2.4 \times 10^{18}$	$\approx$ 38 années
22	$\approx 5.1 \times 10^{19}$	810 années
23	$\approx 1.1 \times 10^{21}$	170 siècles
24	$\approx 2.5 \times 10^{22}$	409 millénaires
25	$\approx 6.2 \times 10^{23}$	9 837 millénaires
...	...	...
100	$\approx 9.3 \times 10^{155}$	$> 10^{136}$ millénaires

2 milliards d'opérations par seconde (processeur de 2 GHz).

Les ordinateurs sont très rapides mais il faut réfléchir et trouver des méthodes plus astucieuses.

Existe-t-il un algorithme (une méthode) qui calcule une solution optimale en temps "raisonnable", c'est-à-dire sans énumérer toutes les possibilités ?

Les ordinateurs sont très rapides mais il faut réfléchir et trouver des méthodes plus astucieuses.

Existe-t-il un algorithme (une méthode) qui calcule une solution optimale en temps "raisonnable", c'est-à-dire sans énumérer toutes les possibilités ?

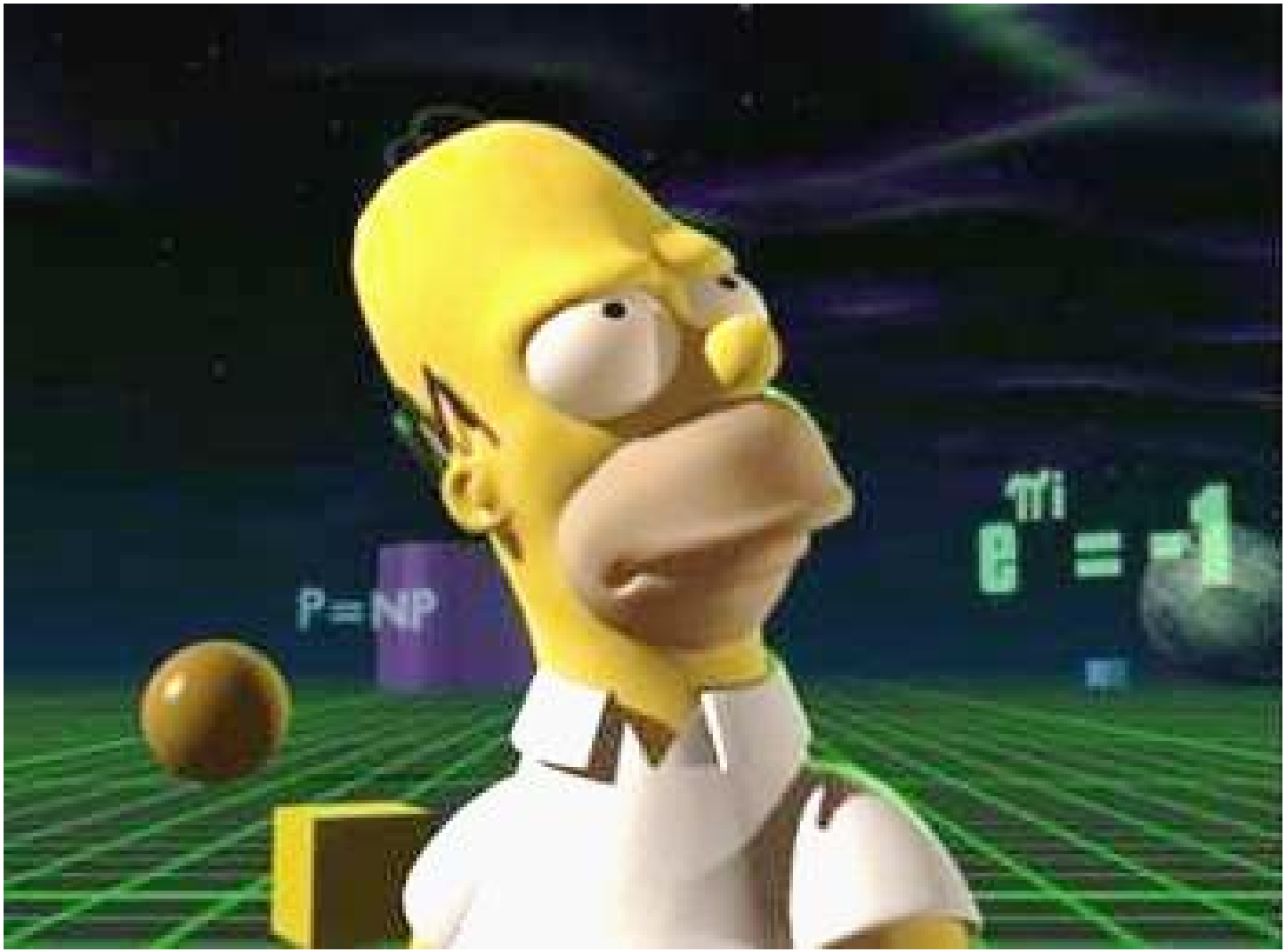
Personne ne connaît la réponse ! ! !

P = NP ?

La question "P = NP ?" est l'un des sept problèmes du millénaire sélectionnés par l'Institut de mathématiques Clay en l'an 2000.

Comme pour les six autres, une somme d'un million de dollars attend celle(s), celui ou ceux qui le résoudront.

Homer et un monde dans lequel P = NP (épisode 6, saison 7).



Une enquête criminelle à Columbia University (épisode 2, saison 2).

Un mathématicien qui avait presque prouvé P = NP est assassiné...

Les sept problèmes à un million de dollars.

- Hypothèse de Riemann (formulée en 1859)
- *Conjecture de Poincaré (formulée en 1904 et résolue en 2003 par Grigori Perelman)*
- Problème P = NP (formulée dans les années 1950)
- Conjecture de Hodge (formulée dans les années 1930)
- Conjecture de Birch et Swinnerton-Dyer (formulée dans les années 1960)
- Équations de Navier-Stokes (formulée au 19^e siècle)
- Équations de Yang-Mills (formulée dans les années 1950)

Conjecture de Poincaré.

Formulée en 1904 et résolue en 2003 par Grigori Perelman.

"Pourquoi ai-je mis tant d'annés pour résoudre la conjecture de Poincaré ? J'ai appris à détecter les vides. Avec mes collègues nous étudions les mécanismes visant à combler les vides sociaux et économiques. Les vides sont partout. On peut les détecter et cela donne beaucoup de possibilités. . . Je sais comment diriger l'Univers. Dites-moi alors, à quoi bon courir après un million de dollars ?"

Un grand nombre de problèmes ouverts en mathématiques et en informatique.

Exemple : conjecture de Syracuse (ou Collatz ou 3n+1).

"Nous choisissons n'importe quel nombre entier positif. S'il est pair, nous le divisons par 2, sinon (nombre impair) nous le multiplions par 3 et nous ajoutons 1. Et nous recommençons..."

Il est conjecturé que nous obtiendrons le nombre 1 après un certain nombre d'étapes mais personne ne peut le prouver !

$17 \to 52 \to 26 \to 13 \to 40 \to 20 \to 10 \to 5 \to 16 \to 8 \to 4 \to 2 \to 1$

Un grand nombre de problèmes sont équivalents au problème du voyageur de commerce et soulèvent la même question (à un million de dollars).

- Logique : problème 3SAT...
- Théorie des graphes : coloration d'un graphe, ensemble indépendant de cardinalité maximale, couverture minimum de sommets, chemin hamiltonien...
- Routage : problème du voyageur de commerce...
- Flot : directed two-commodity integral flow...
- Ordonnancement : flow-shop scheduling...
- Jeux : démineur, sudoku, picross, tetris, mastermind...
- ...

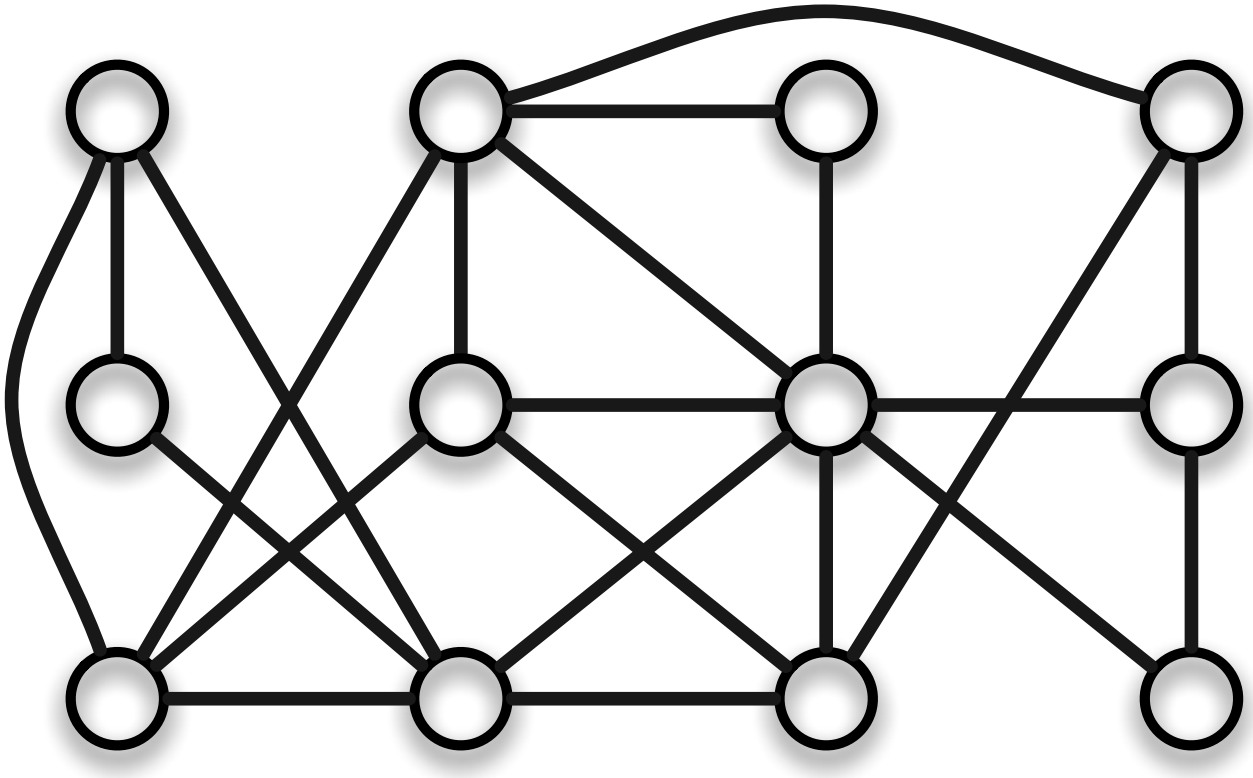
Répondre à la question pour un des problèmes,
permettrait de répondre pour tous les problèmes.

Un grand nombre de problèmes sont équivalents au problème du voyageur de commerce et soulèvent la même question (à un million de dollars).

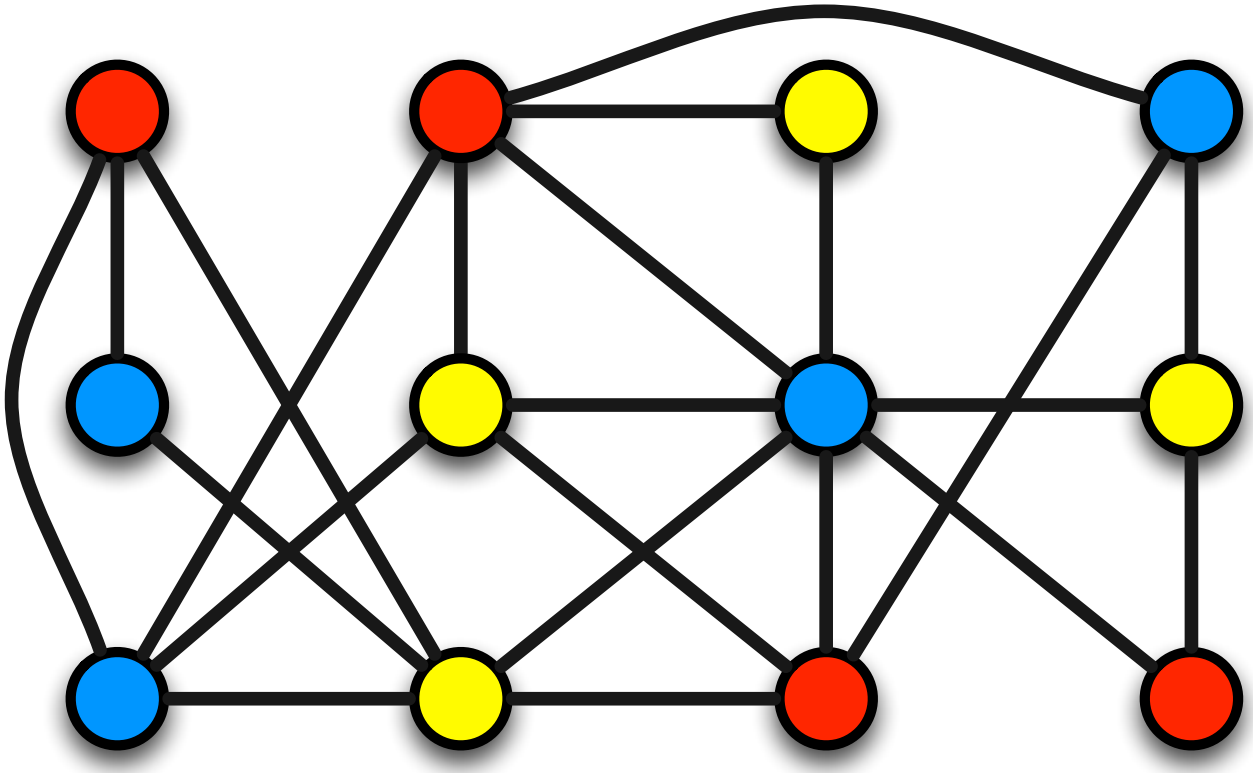
- Logique : problème 3SAT...
- Théorie des graphes : coloration d'un graphe, ensemble indépendant de cardinalité maximale, couverture minimum de sommets, chemin hamiltonien...
- Routage : problème du voyageur de commerce...
- Flot : directed two-commodity integral flow...
- Ordonnancement : flow-shop scheduling...
- Jeux : démineur, sudoku, picross, tetris, mastermind...
- ...

Répondre à la question pour un des problèmes,
permettrait de répondre pour tous les problèmes.

Choisir une couleur pour chacun des sommets
(deux sommets de même couleur ne sont pas reliés par une arête).
$\Rightarrow$ **On veut minimiser le nombre de couleurs (fréquences).**

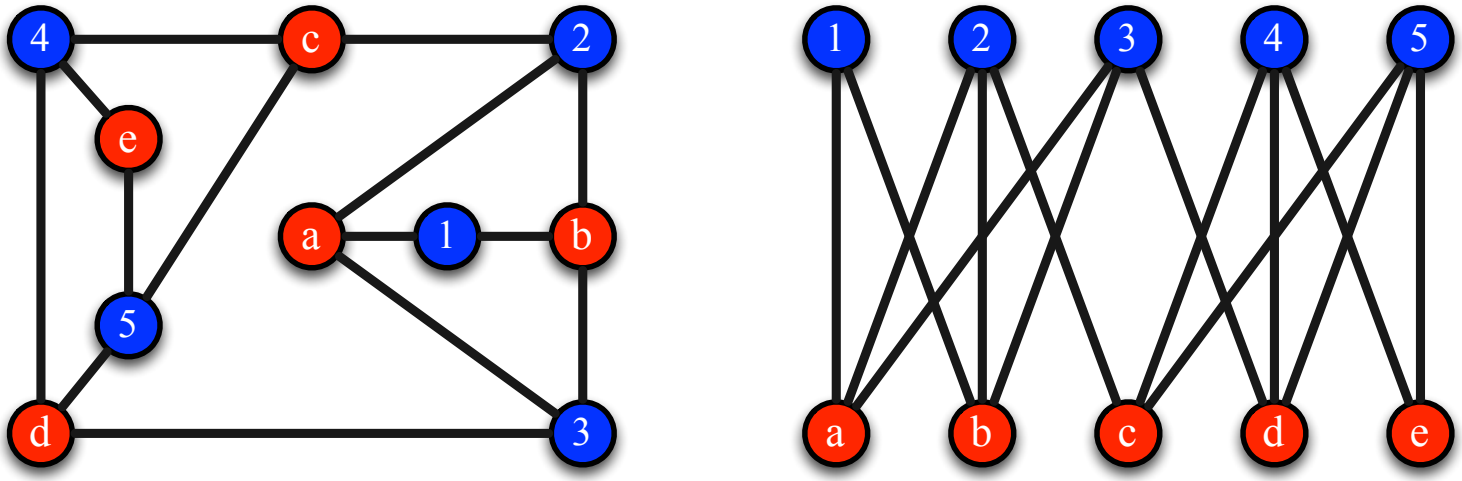


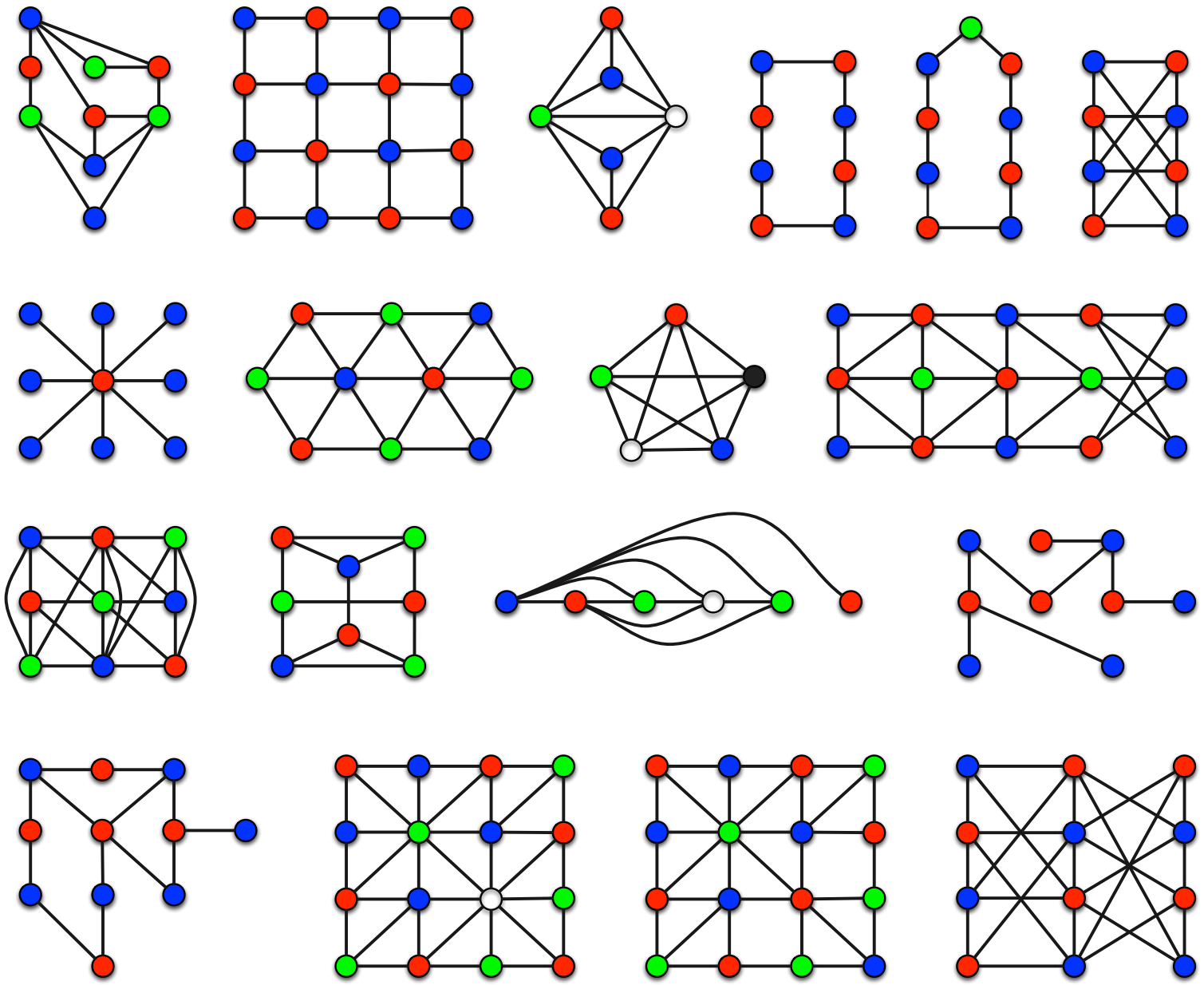
Choisir une couleur pour chacun des sommets
(deux sommets de même couleur ne sont pas reliés par une arête).
$\Rightarrow$ **On veut minimiser le nombre de couleurs (fréquences).**

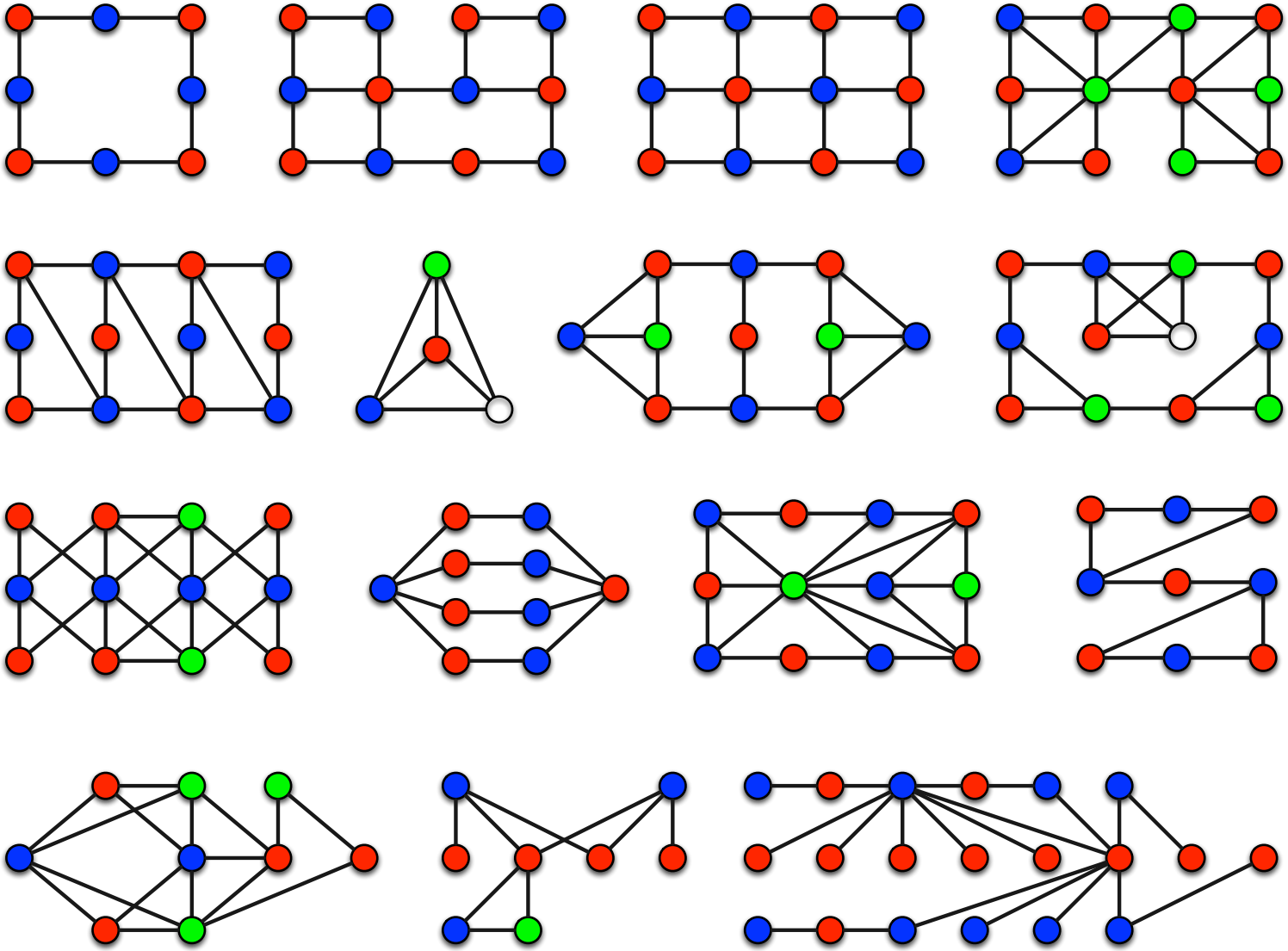


Problème facile dans certains cas.

Deux couleurs sont suffisantes $\Leftrightarrow$ Graphe biparti.







• Certains de ces problèmes peuvent être résolus de manière approchée en temps raisonnable.

• Nous savons résoudre efficacement ces problèmes dans certains cas particuliers.

• D'autres problèmes peuvent être toujours résolus de manière exacte en temps raisonnable.

→ Problème du plus court chemin (*un GPS calcule pour nous un plus court chemin entre deux villes très rapidement*),

→ Arbre couvrant de poids minimum (*construction d'un réseau électrique couvrant toutes les villes et minimisant la taille*),

→ Tri d'éléments (*ordonner des listes*),

→ ...

Pas besoin de réfléchir, les ordinateurs calculent tellement vite ?

Le problème du voyageur de commerce

Un problème (trop) difficile à résoudre ?

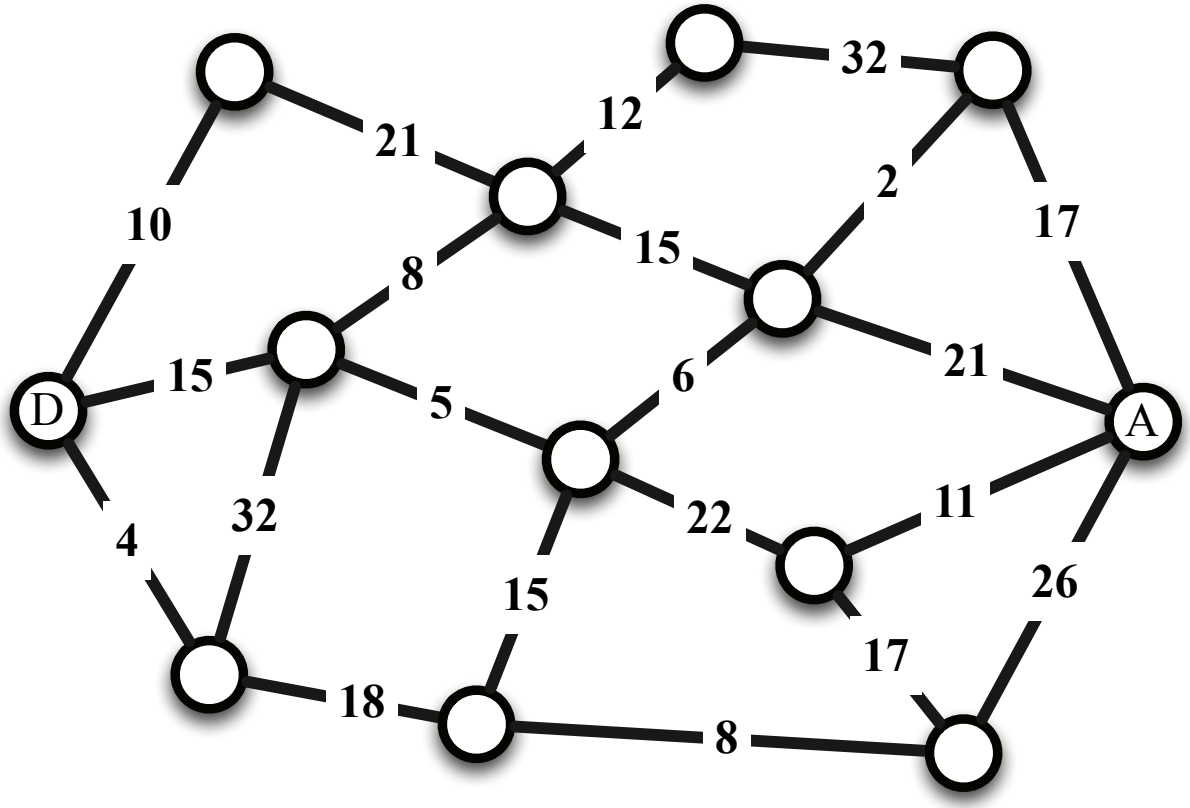
P = NP ?

Un des problèmes du millénaire...

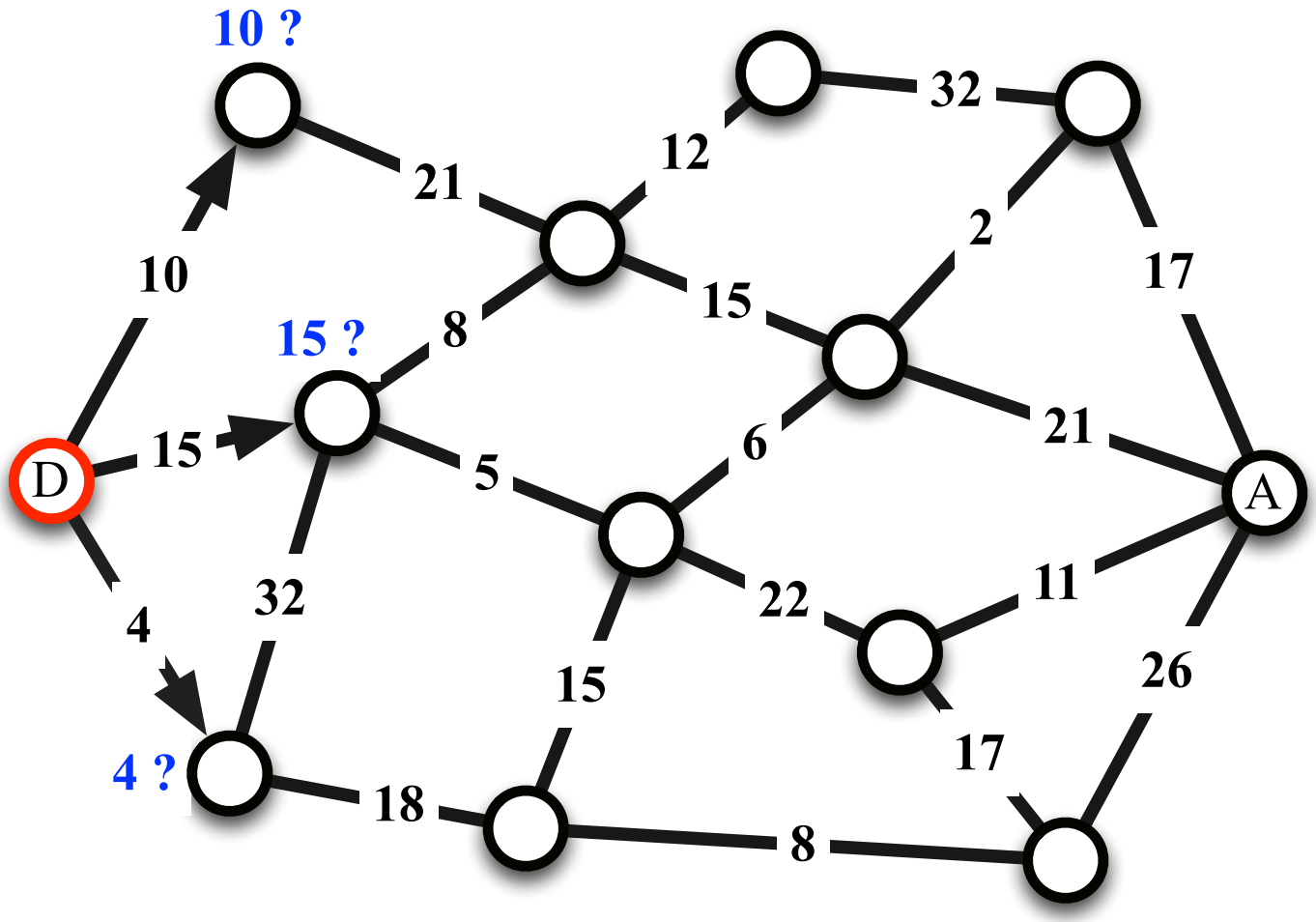
Le problème du plus court chemin

Un problème plus simple à résoudre

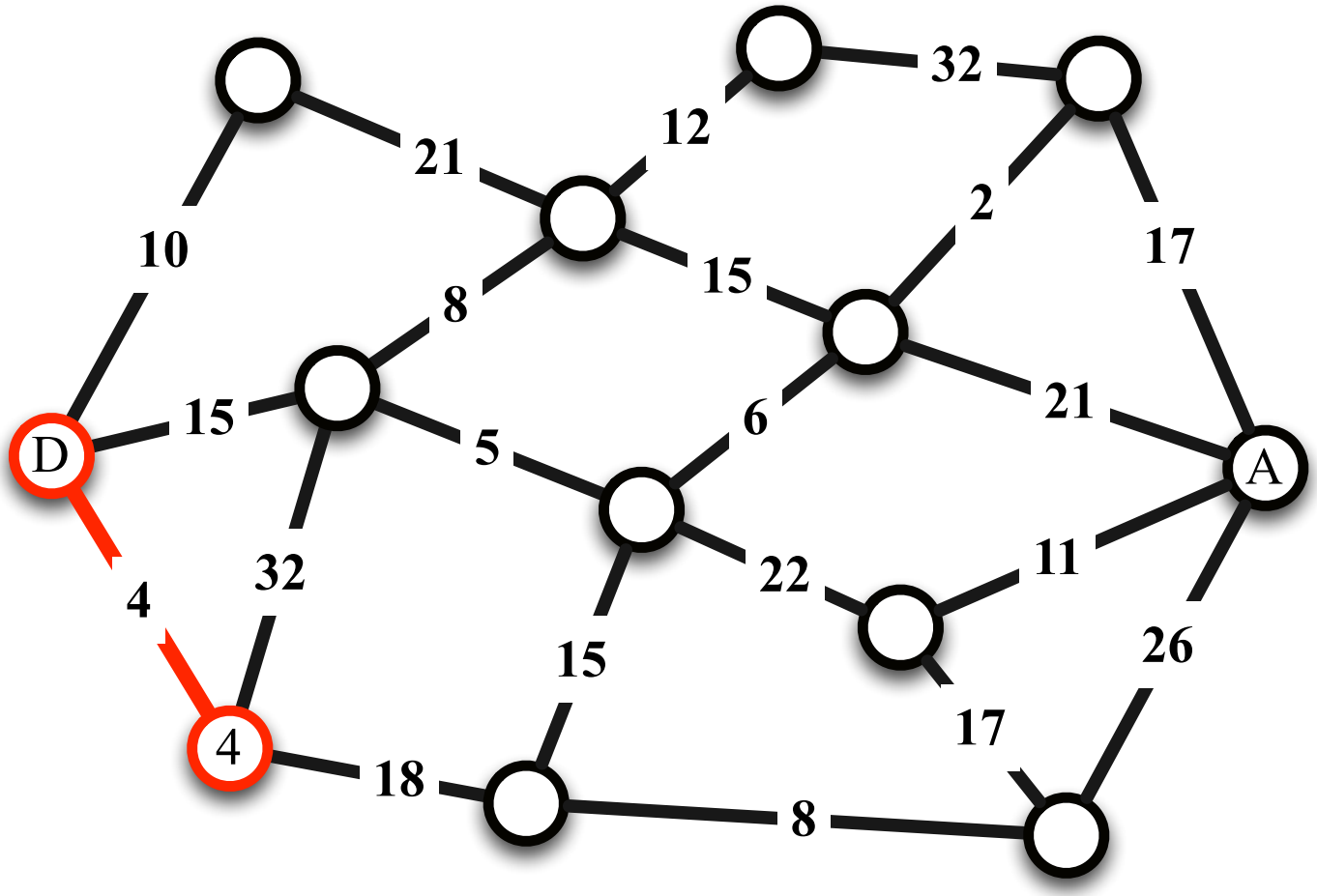
Données : un ensemble de villes, une ville de départ D, une ville d'arrivée A, les distances entre les villes (un graphe).
Objectif : trouver un chemin entre la ville de départ et la ville d'arrivée qui minimise la distance parcourue.



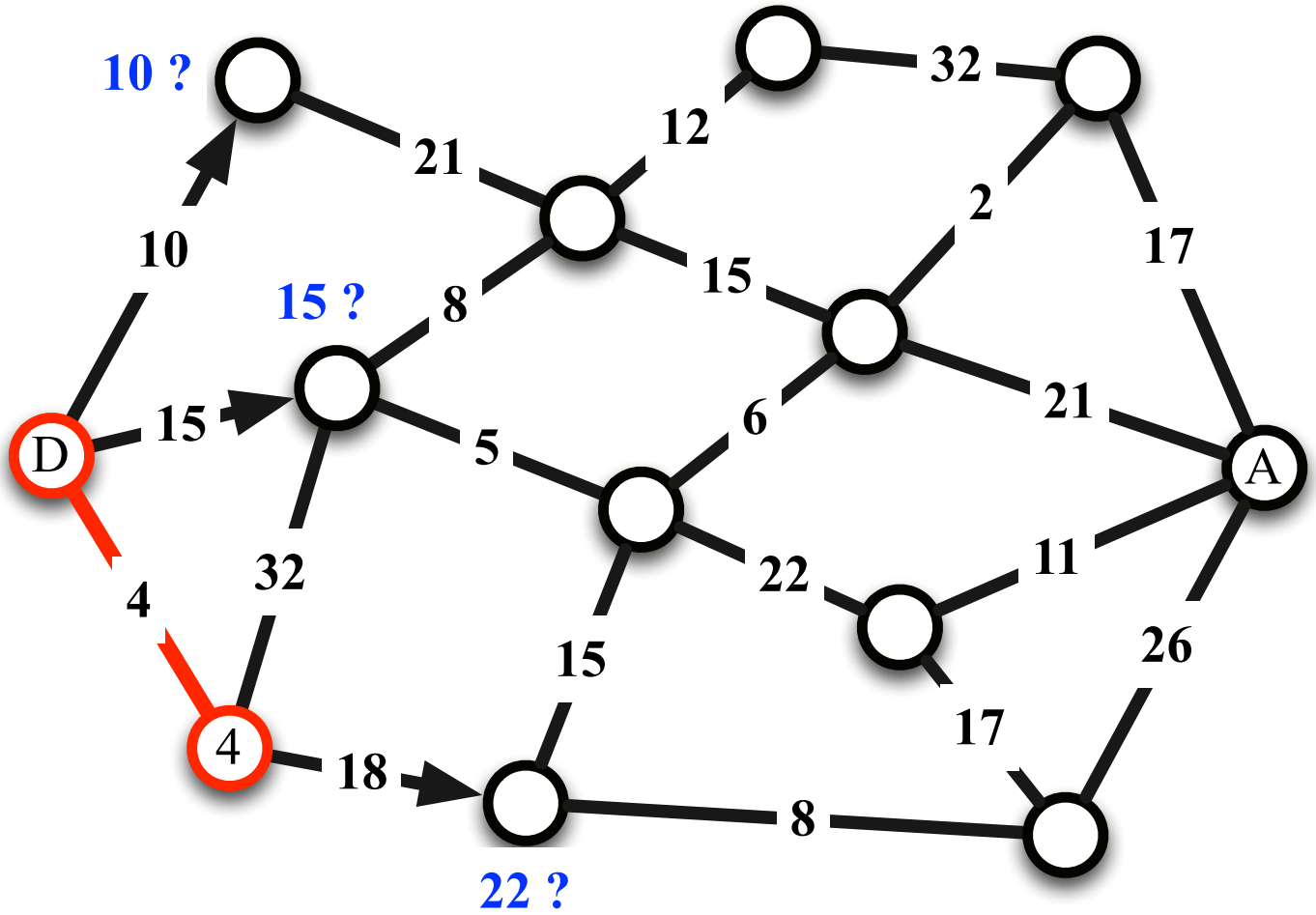
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



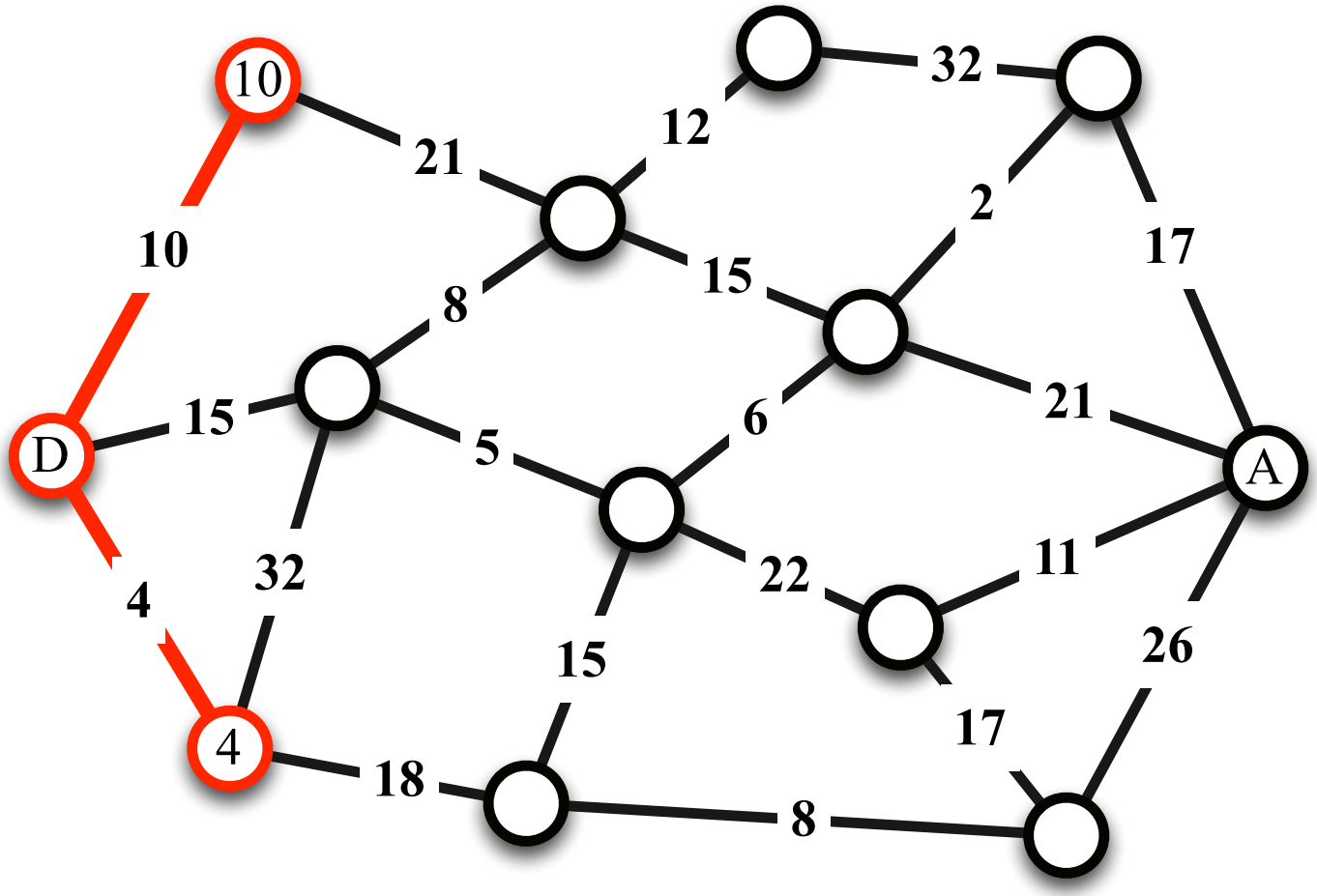
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



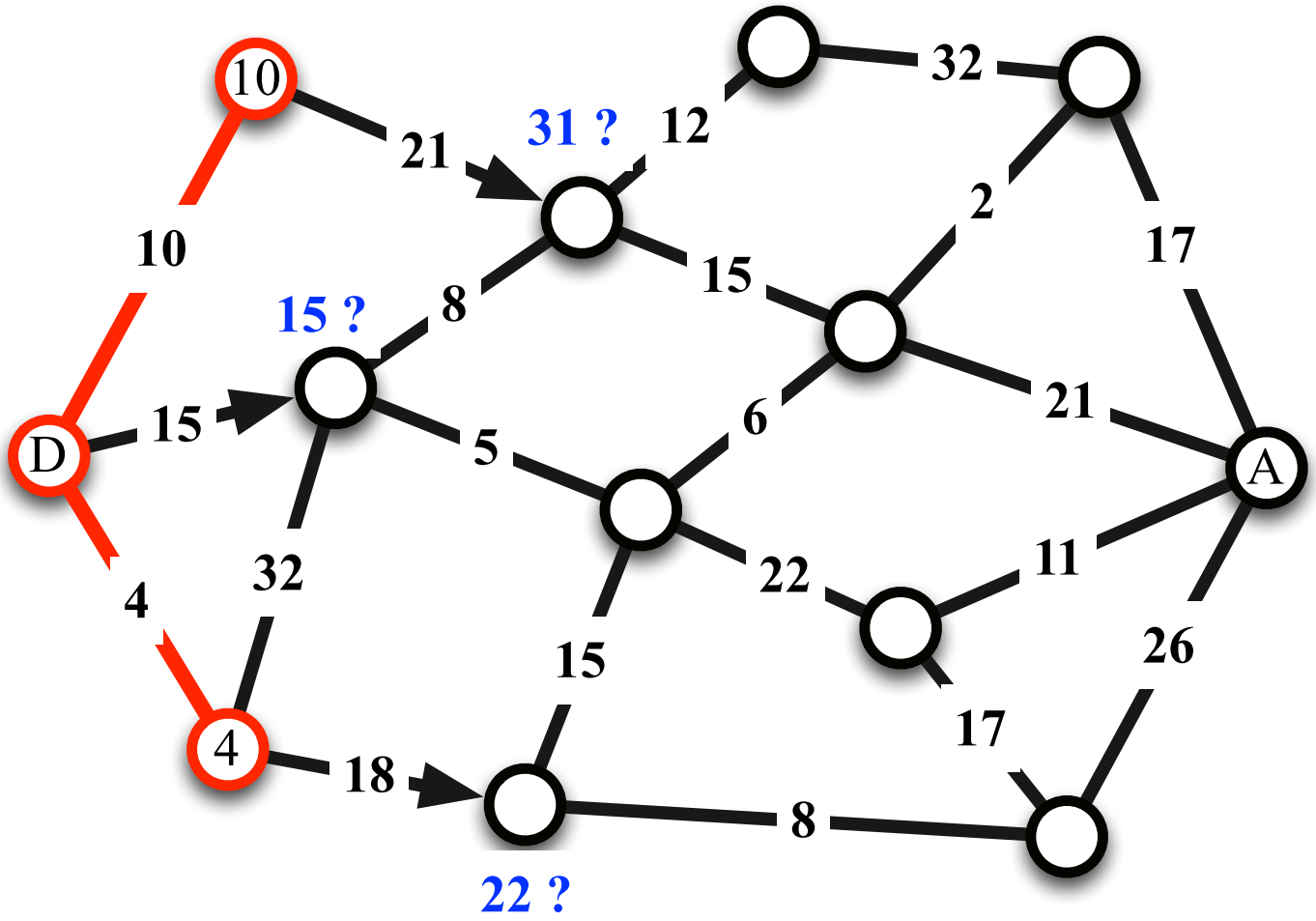
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



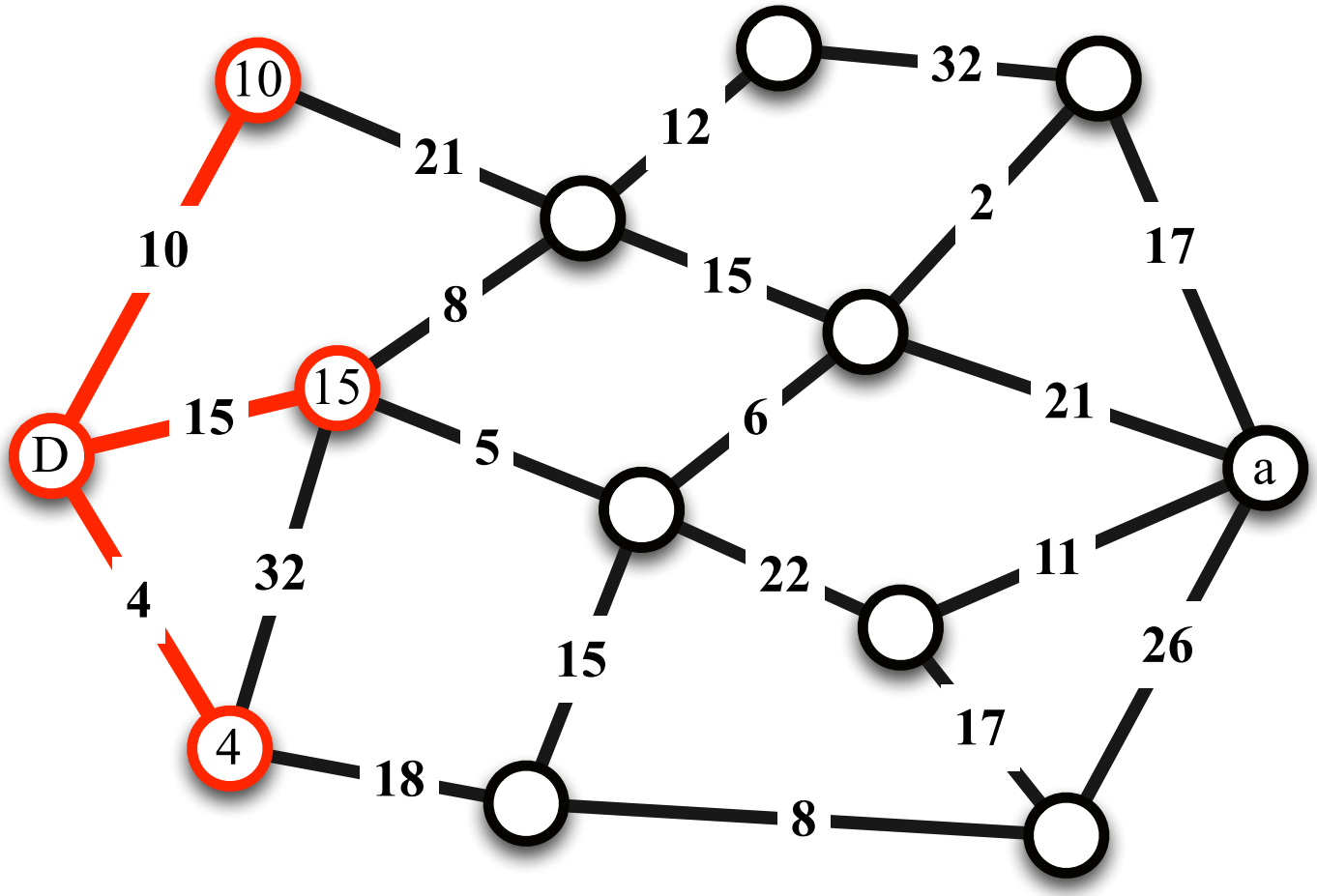
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



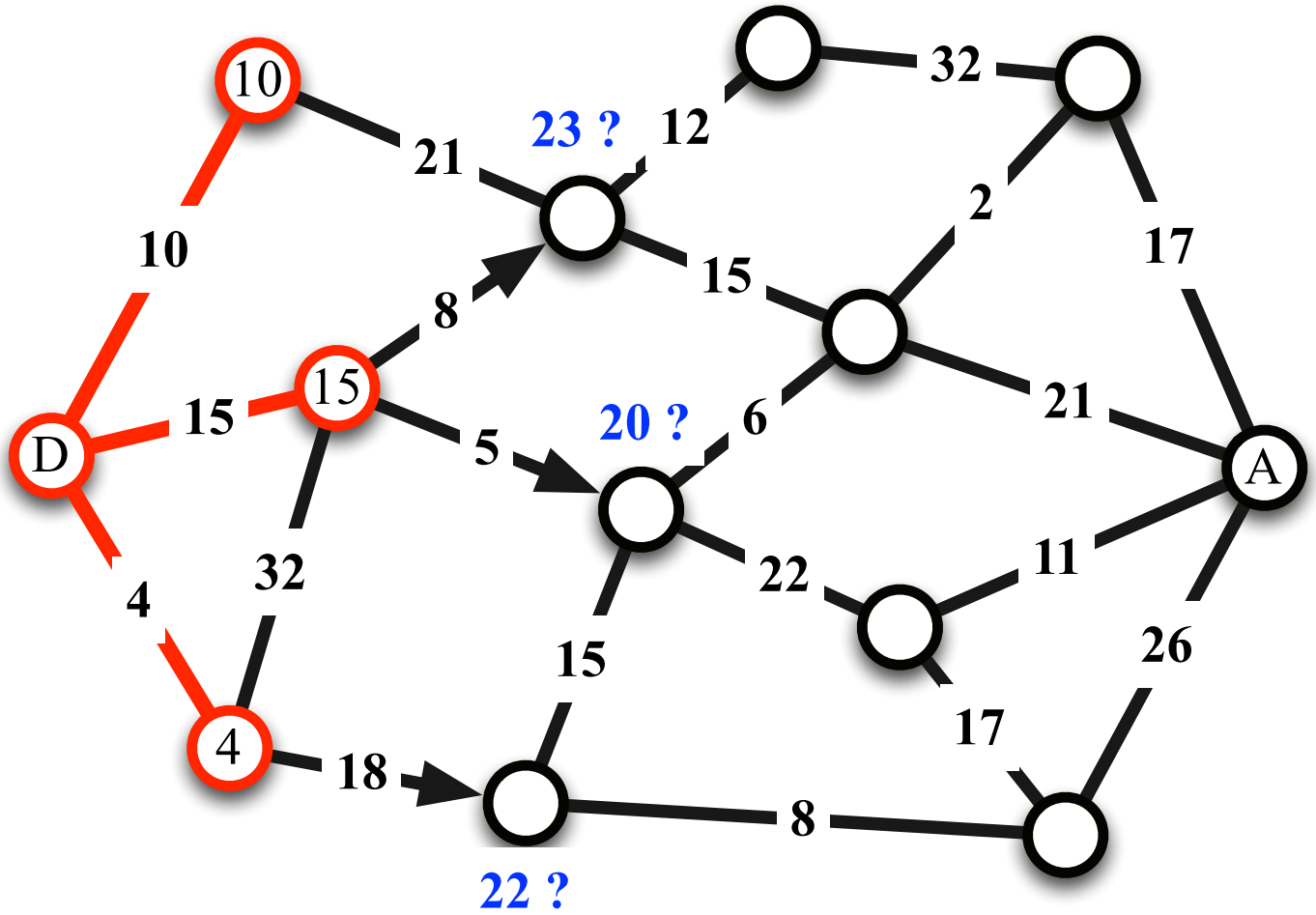
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



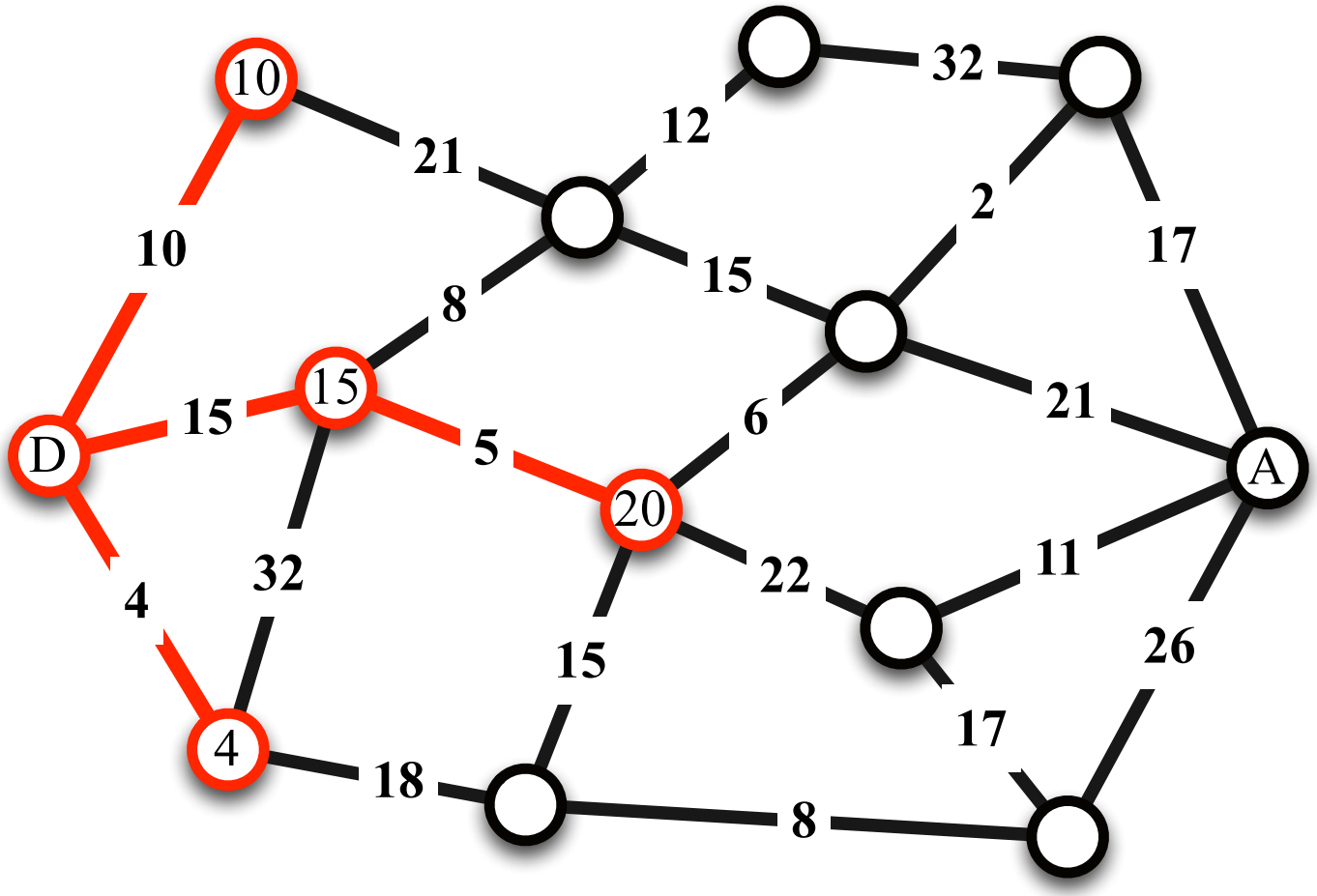
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



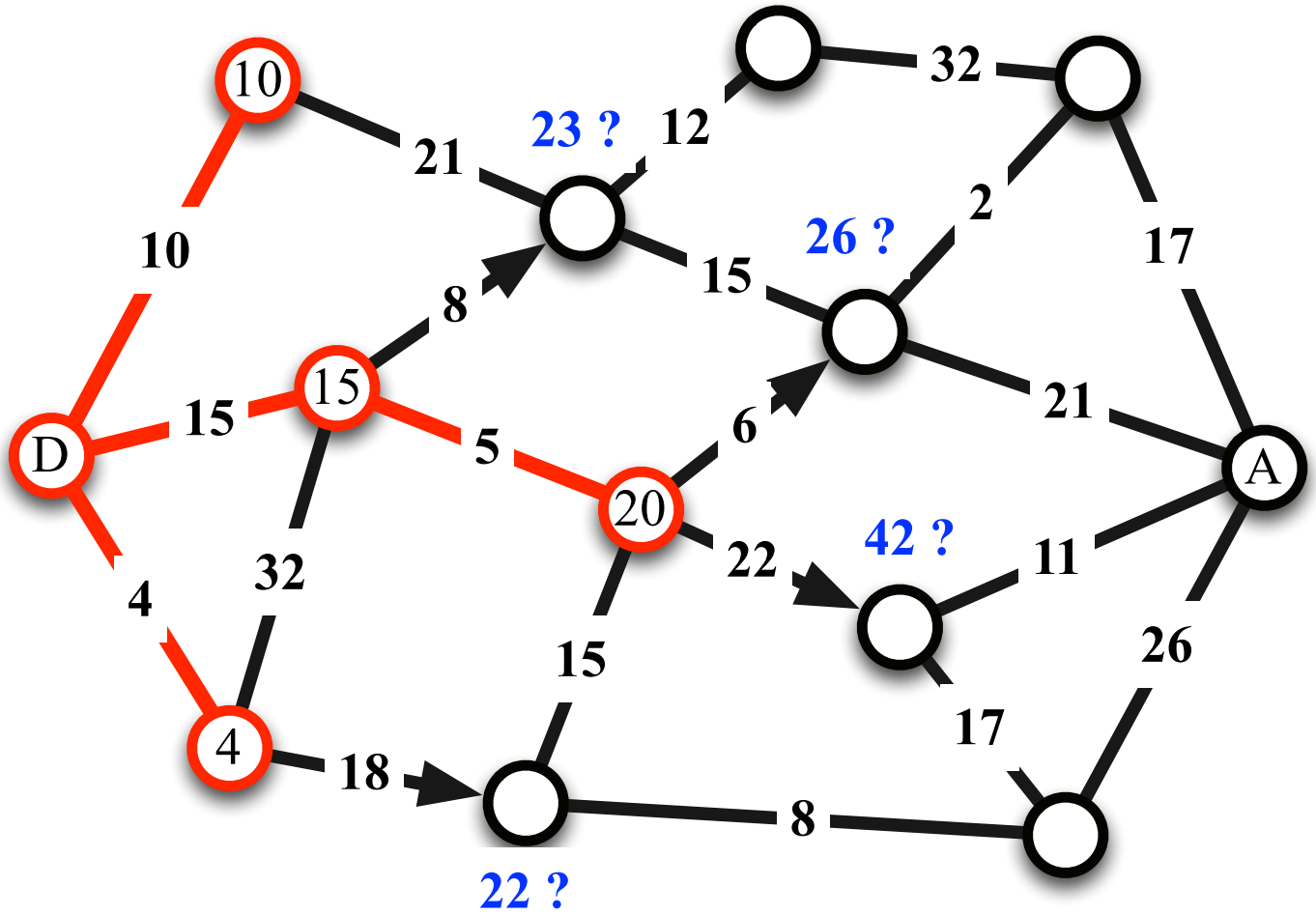
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



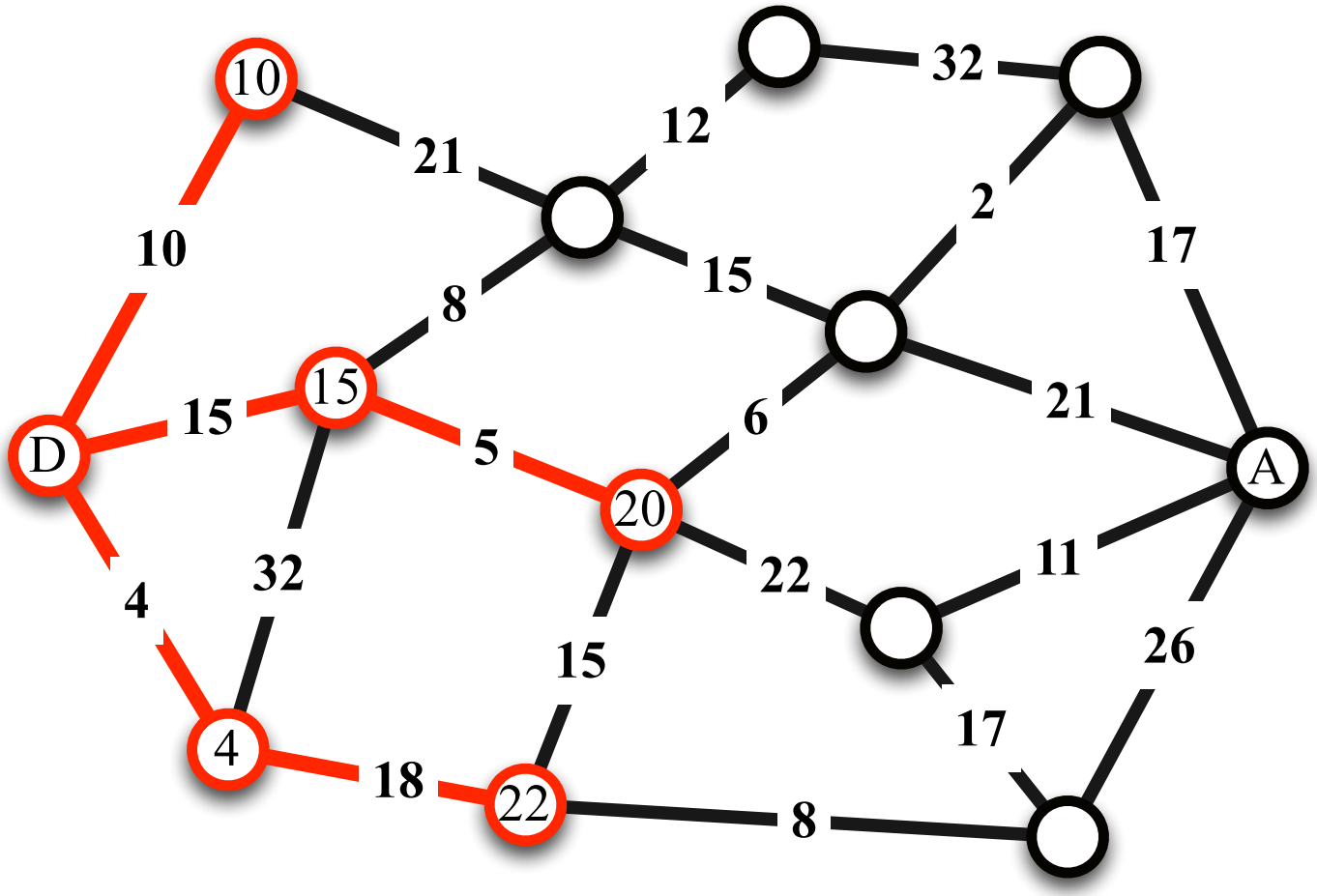
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



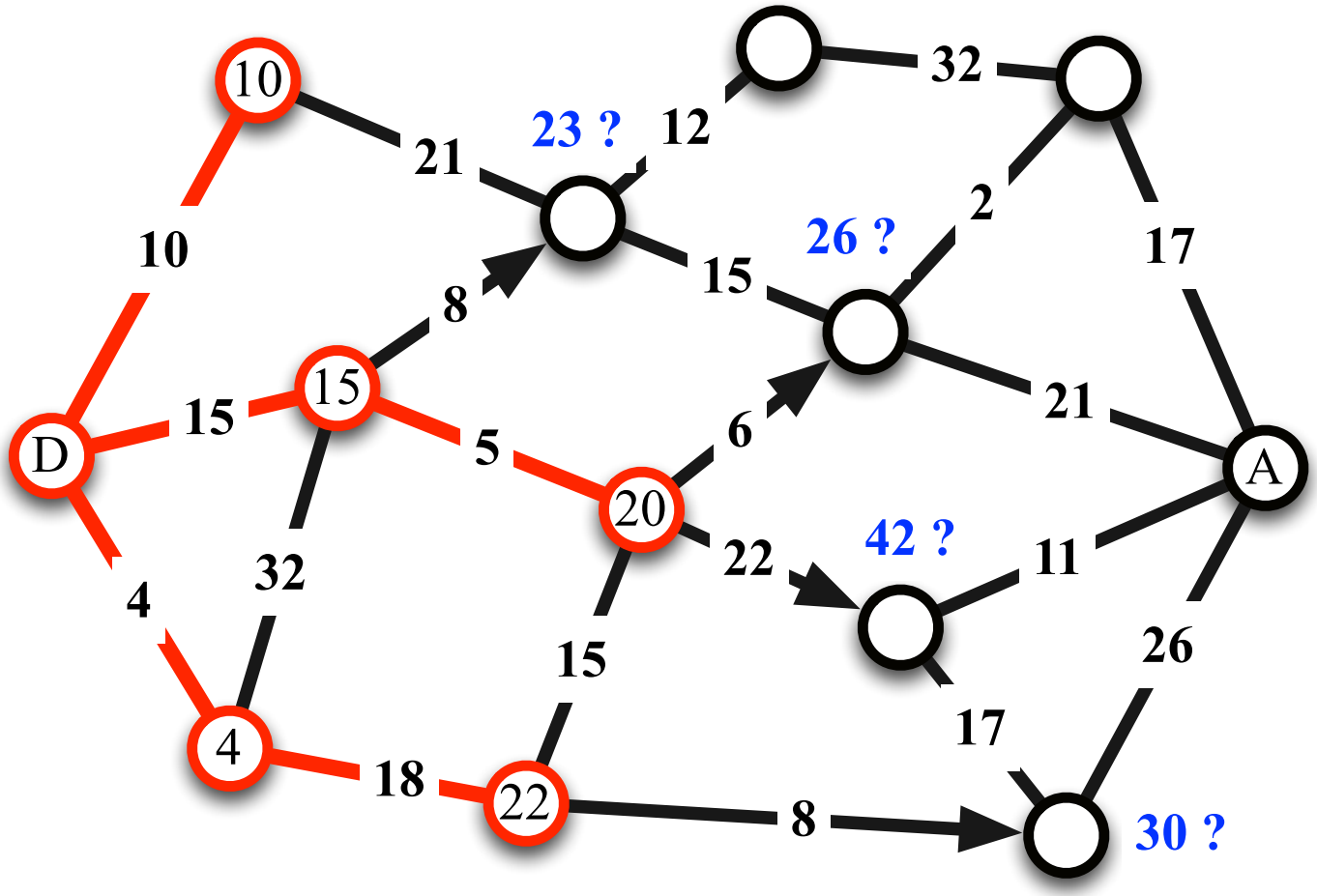
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



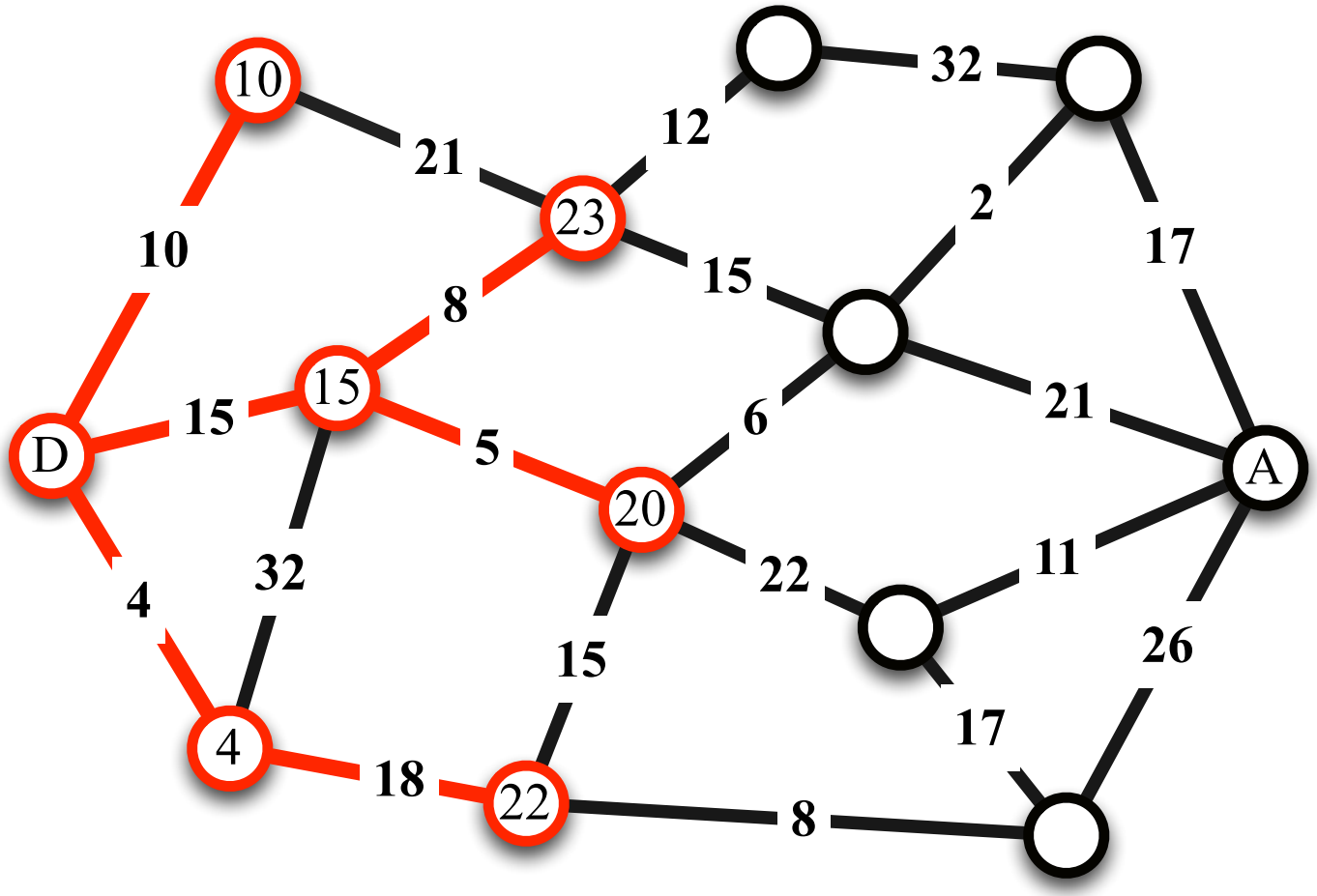
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



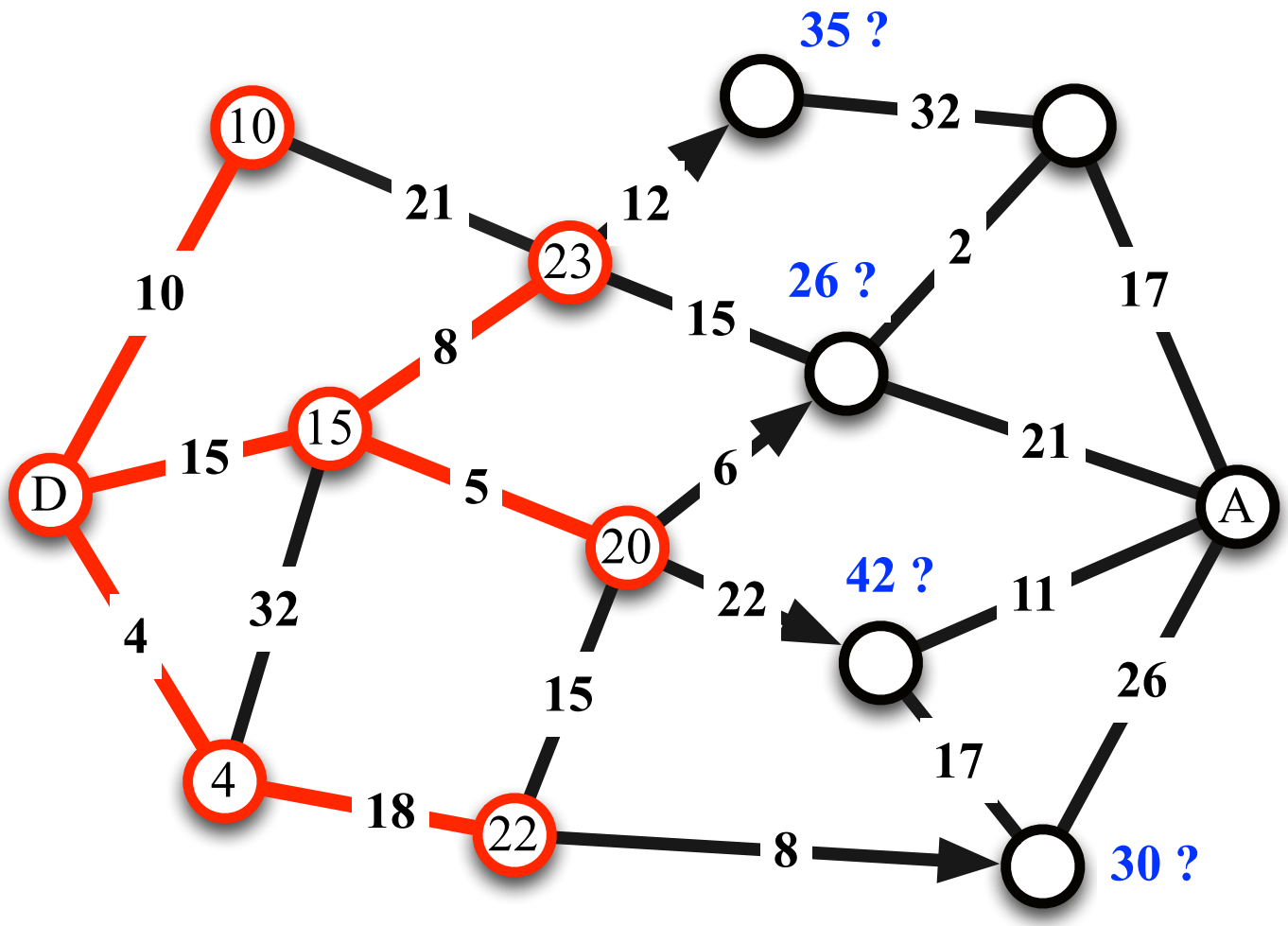
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



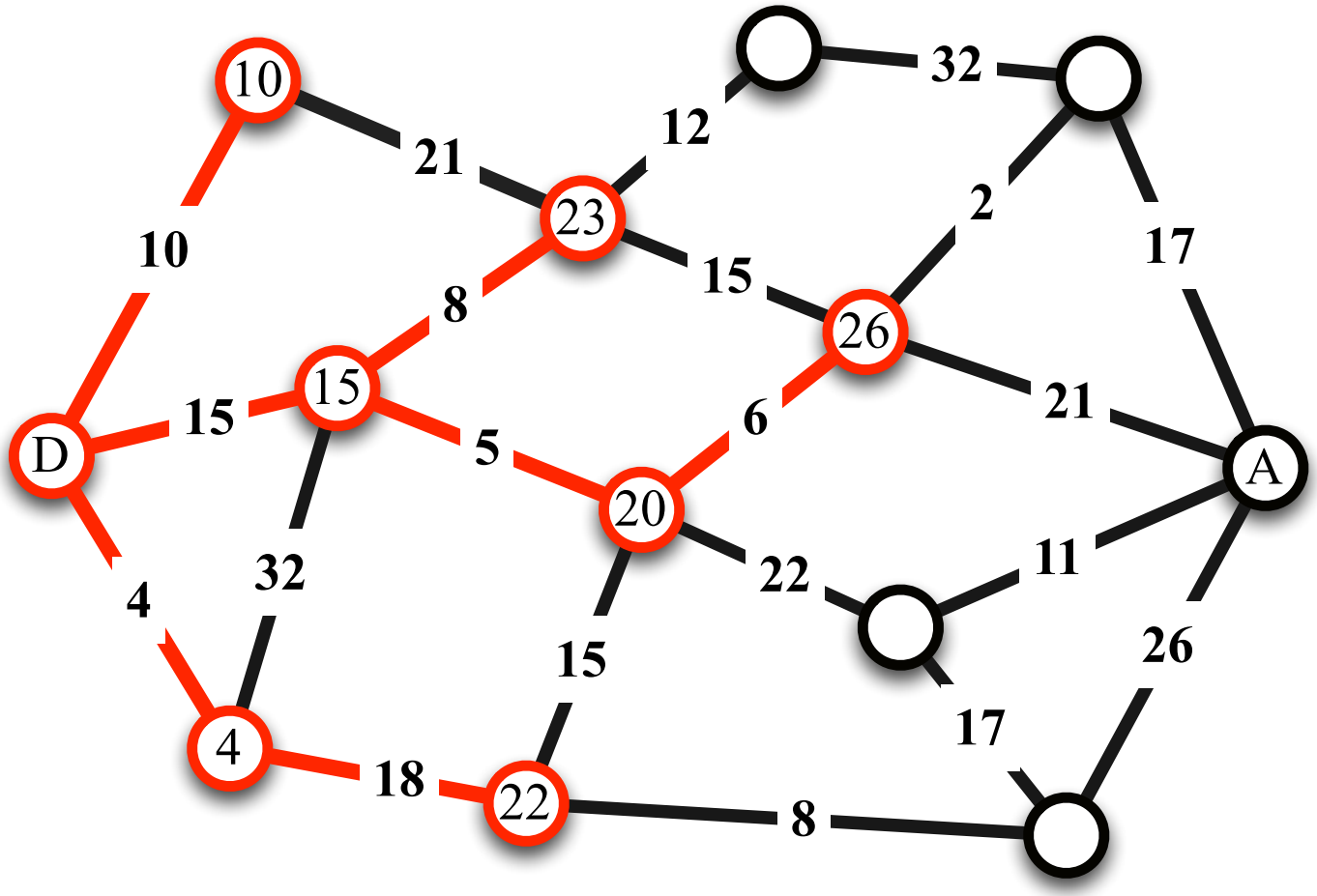
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



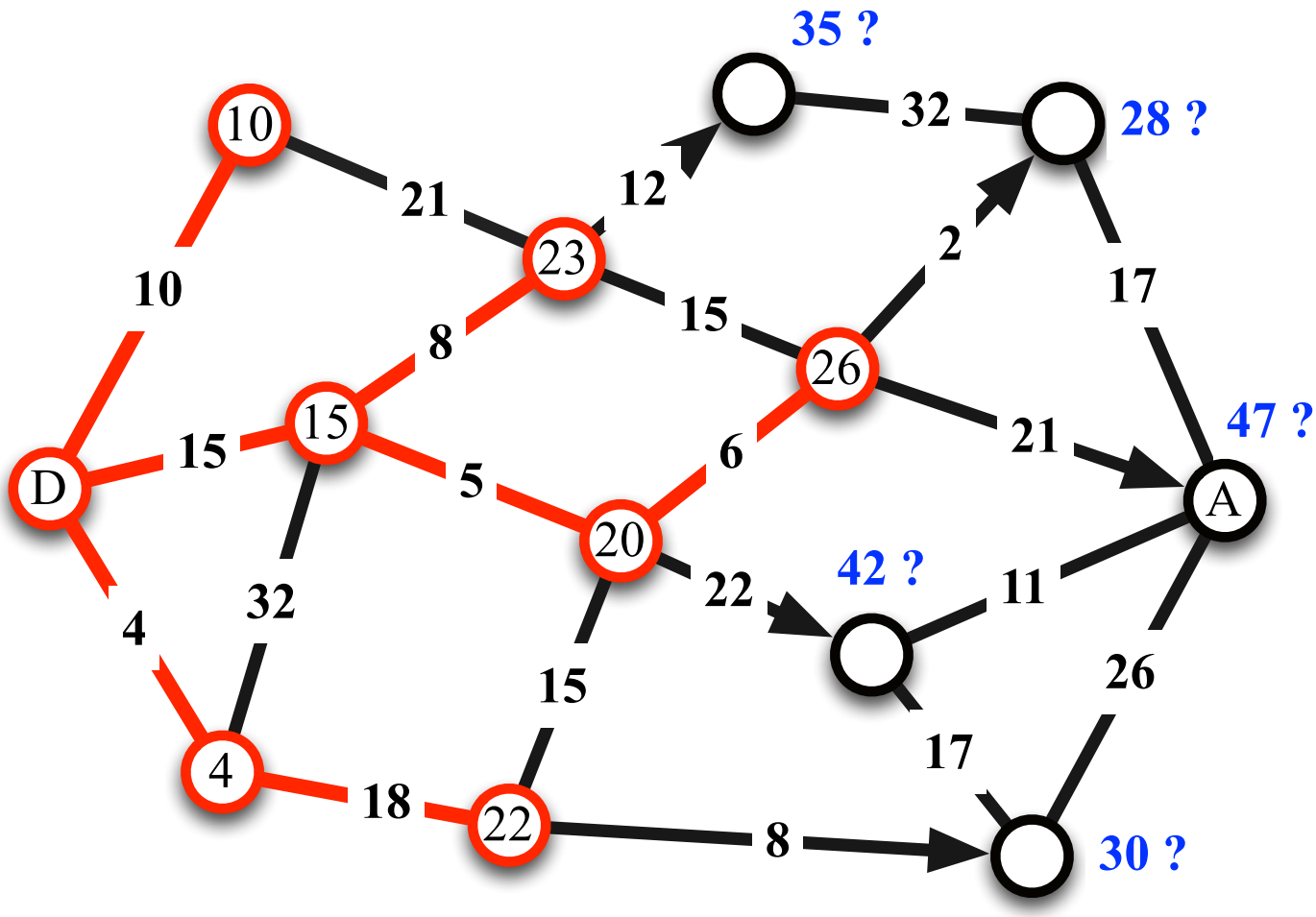
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



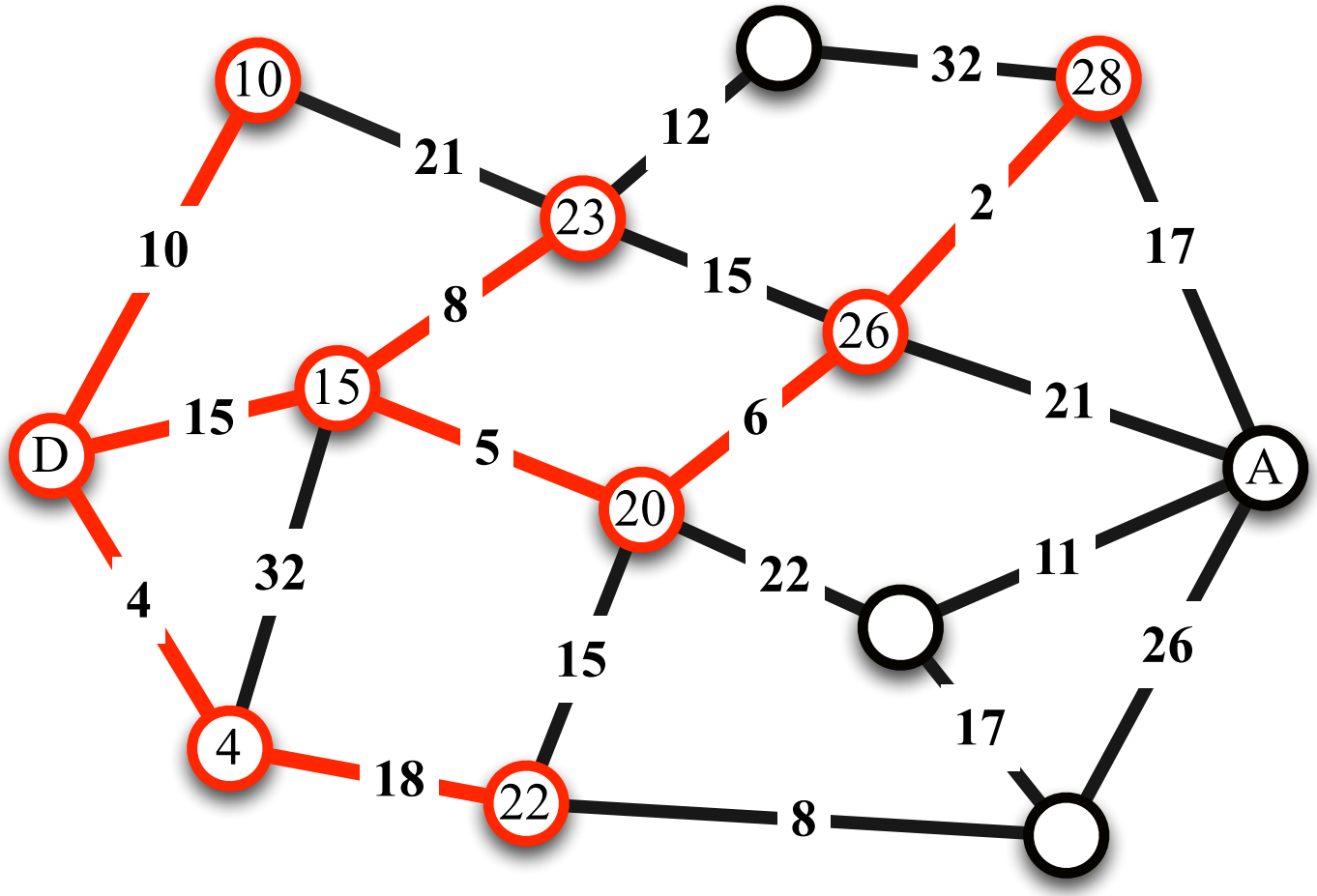
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



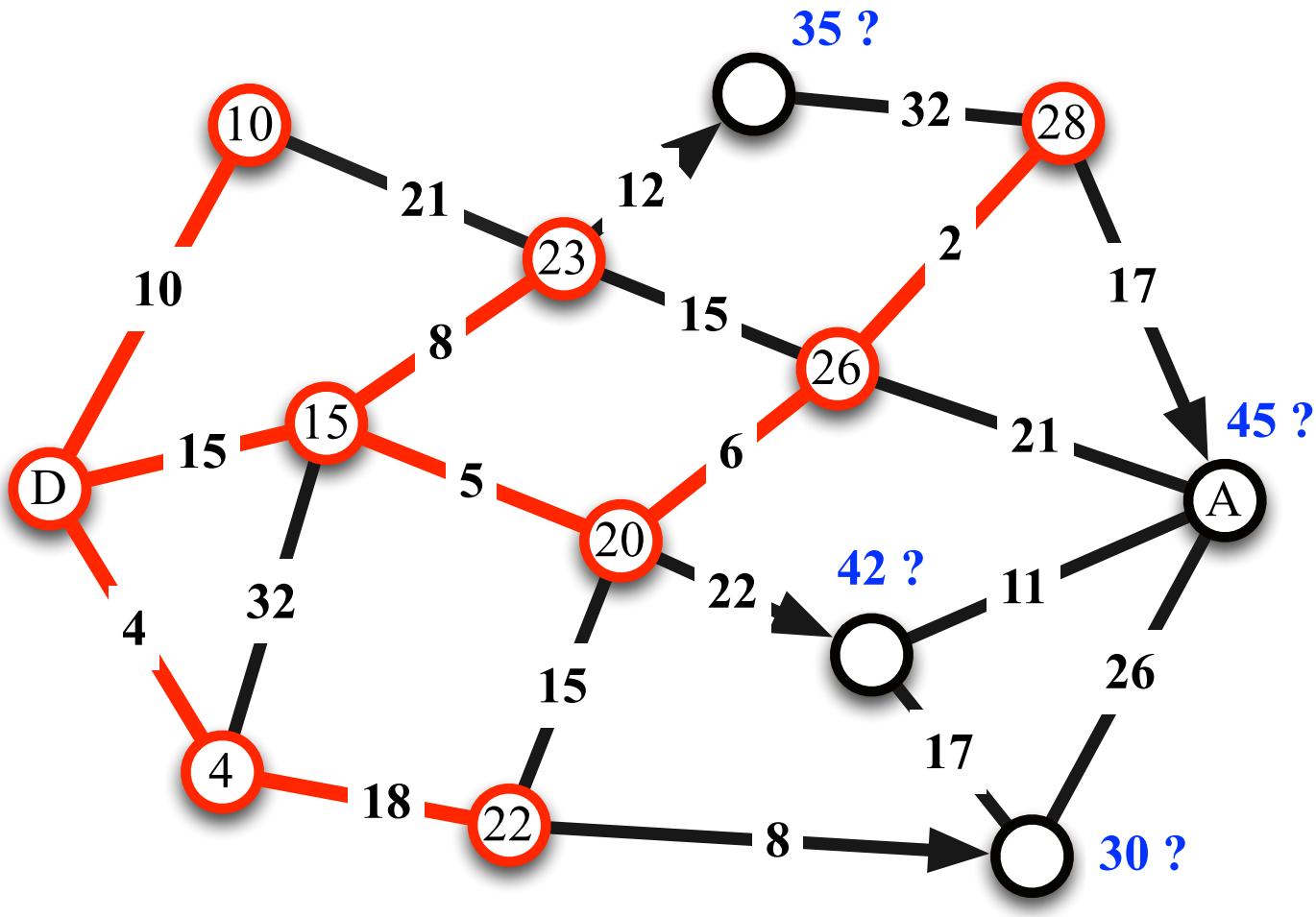
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



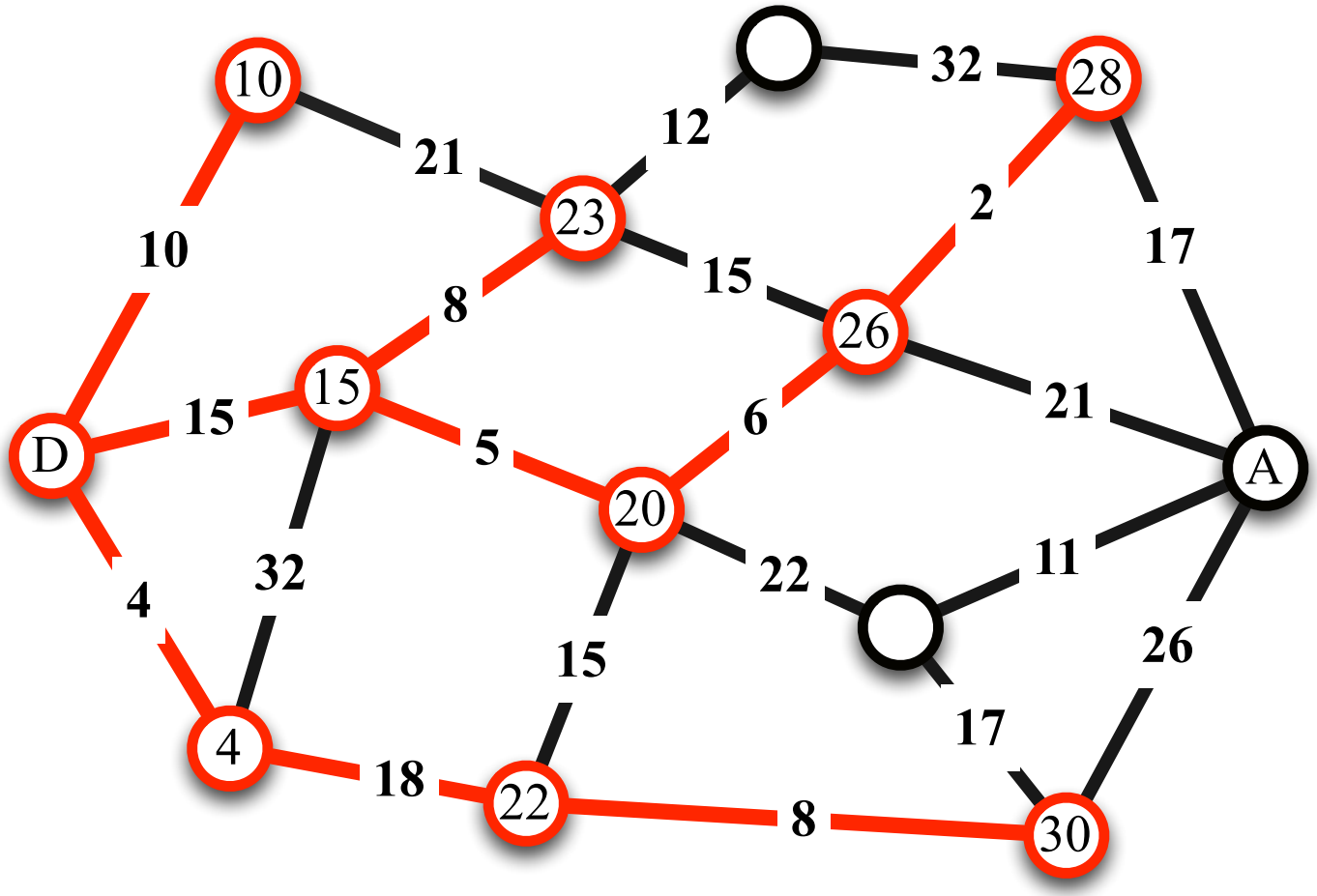
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



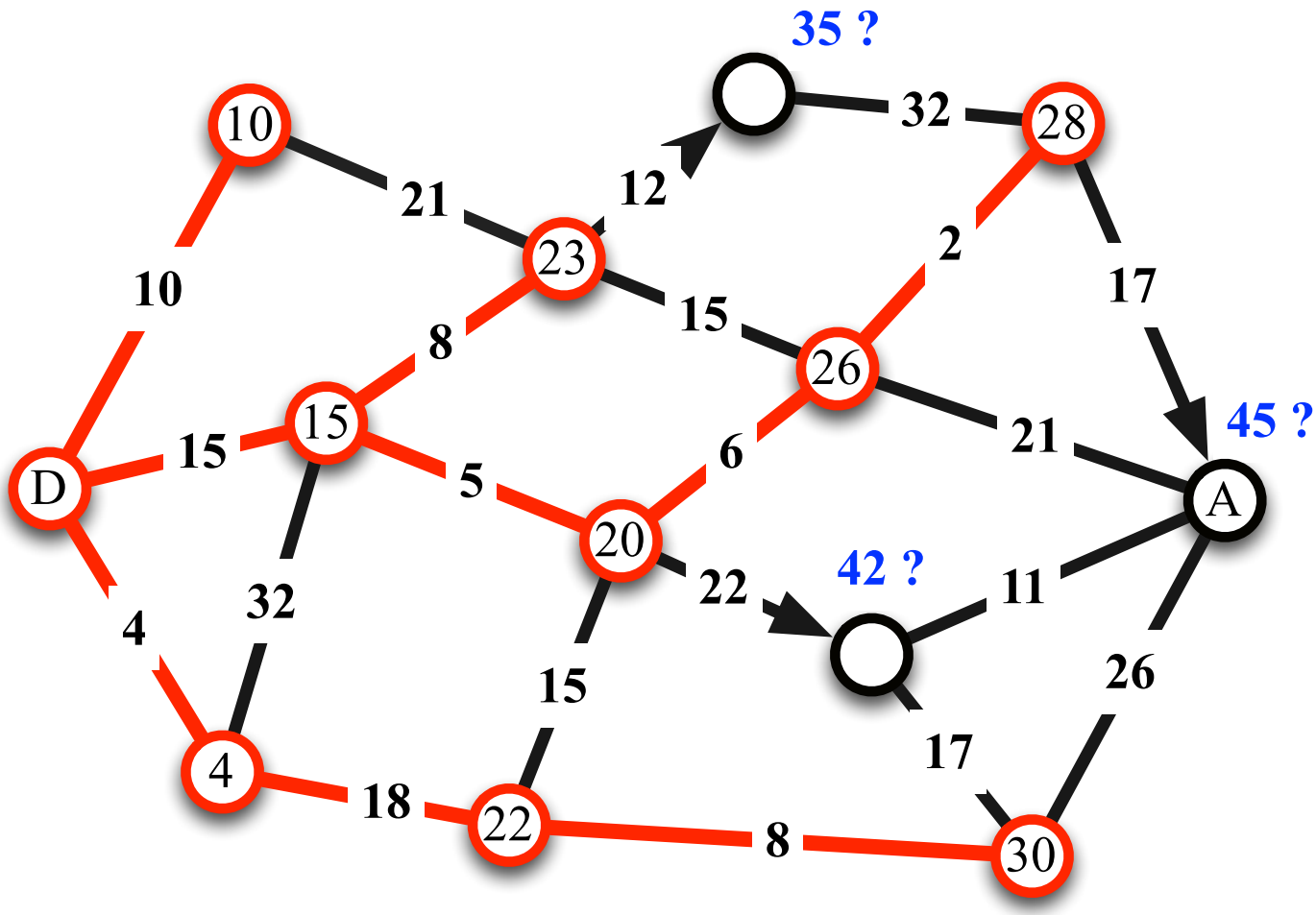
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



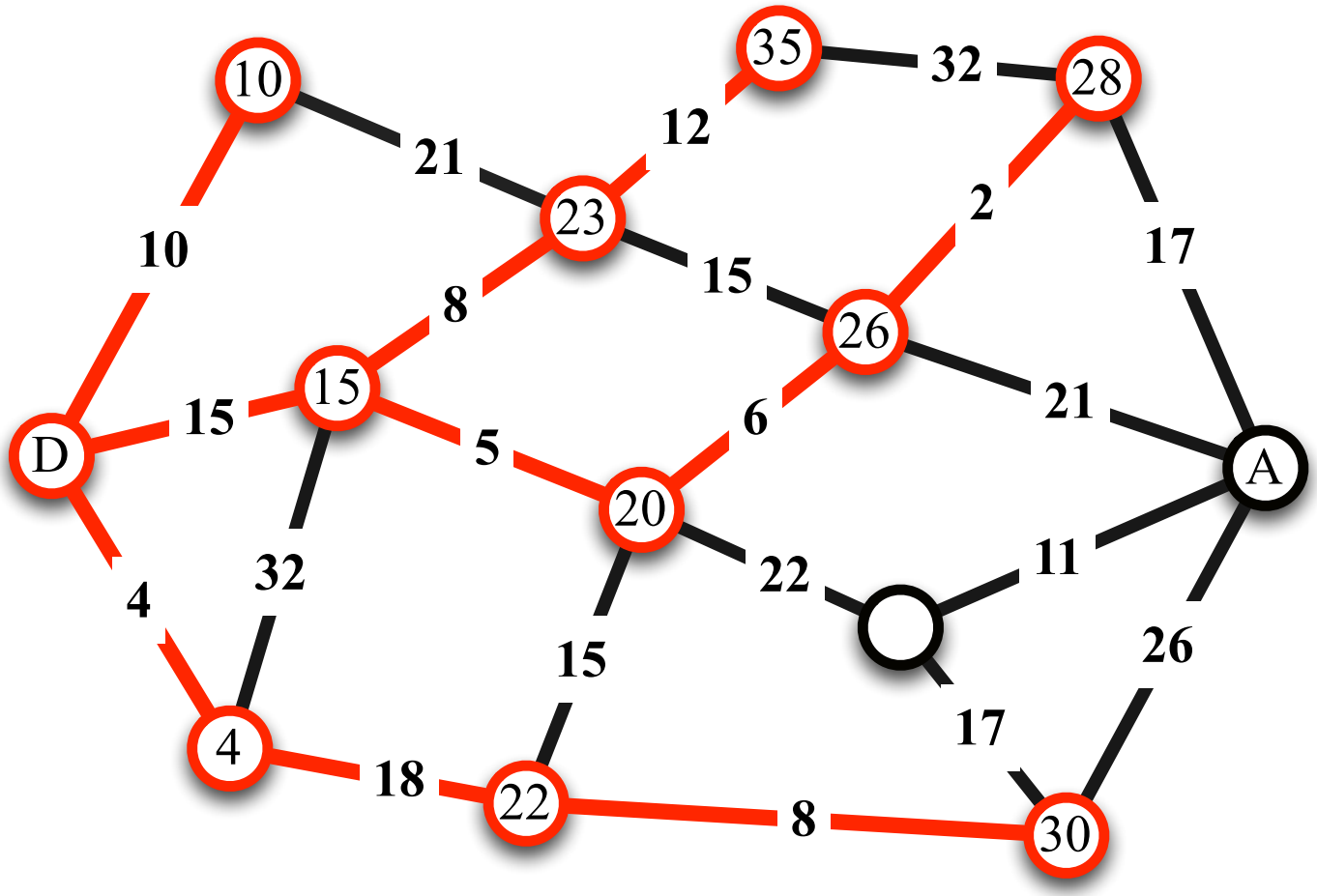
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



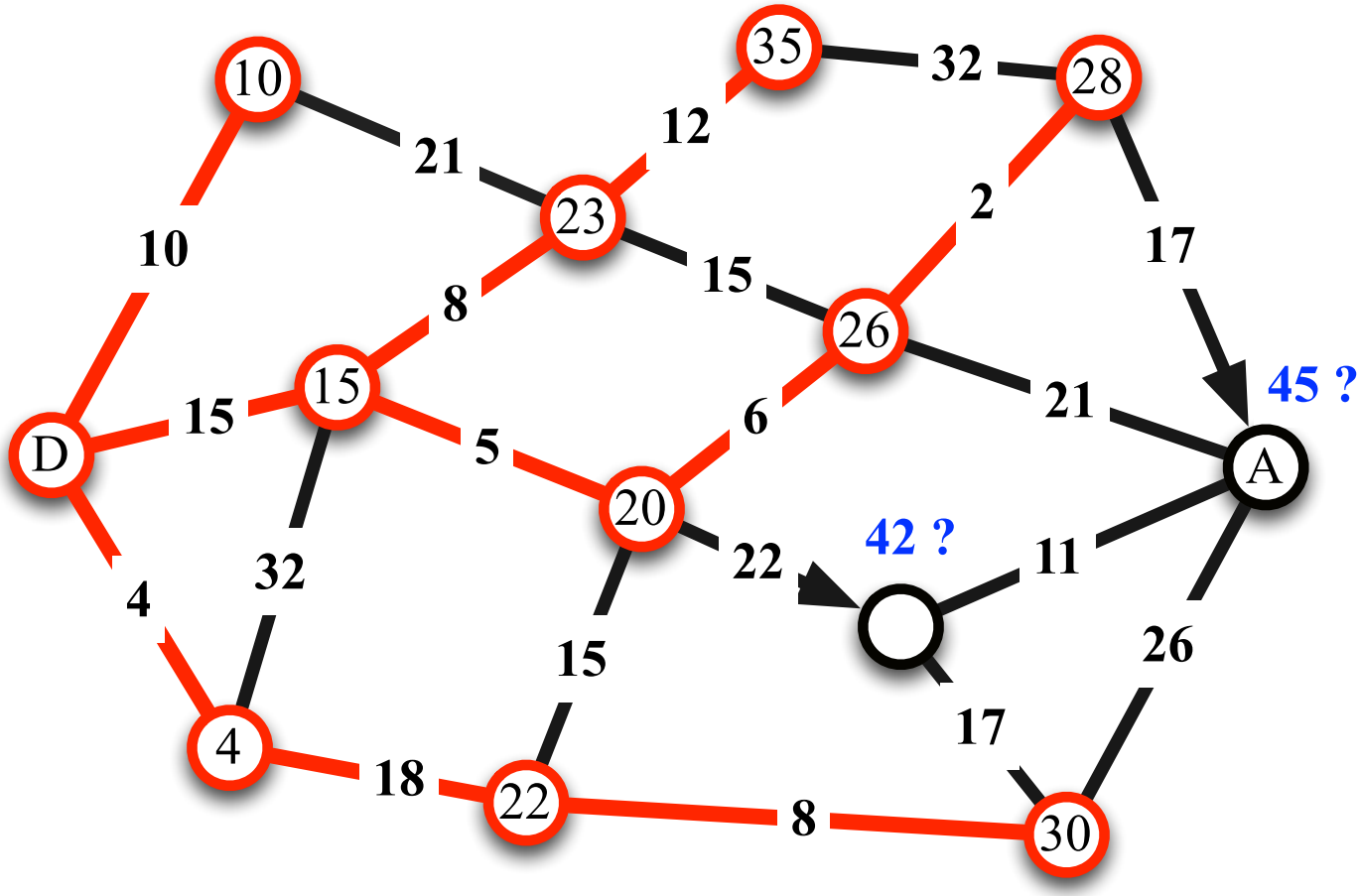
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



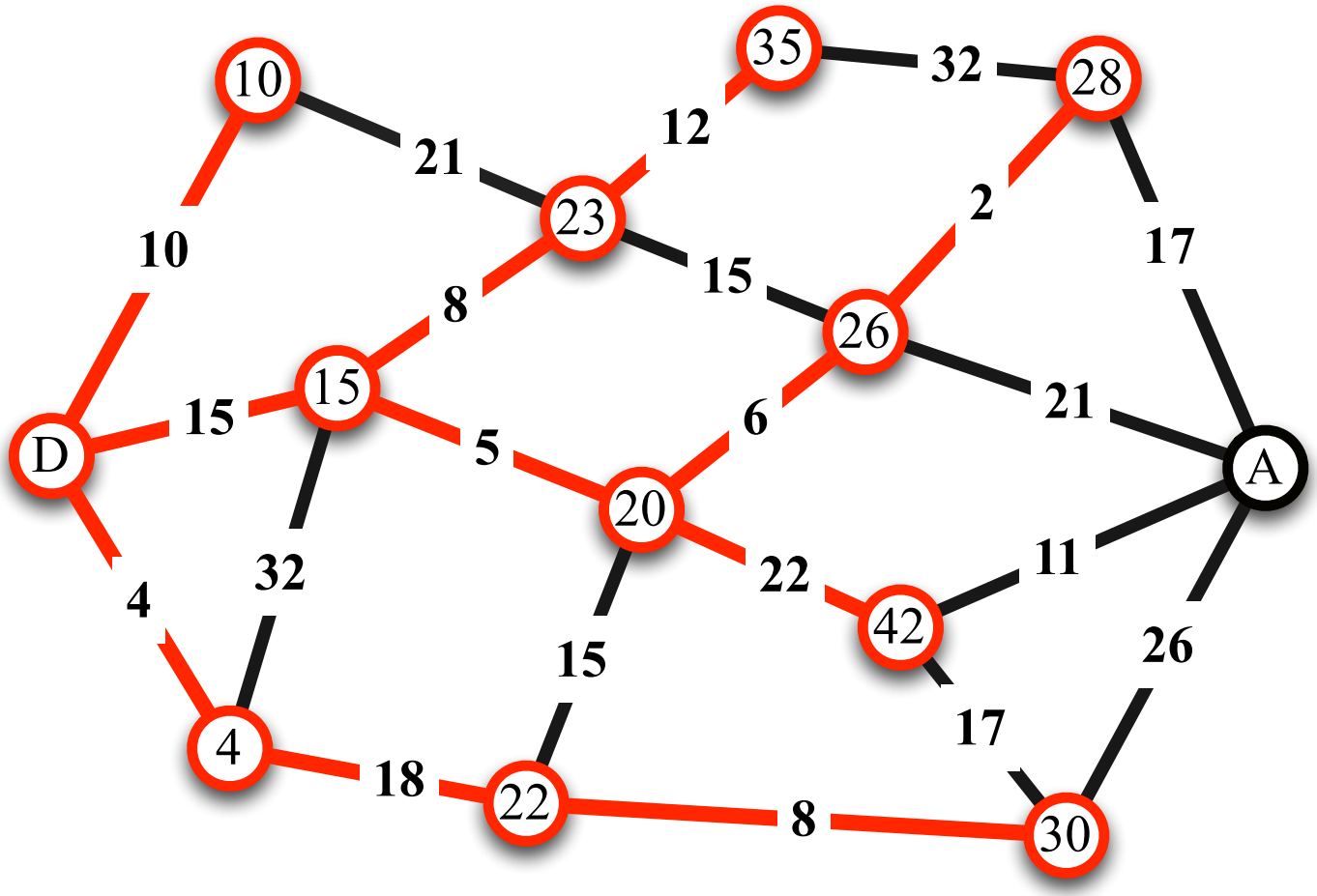
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



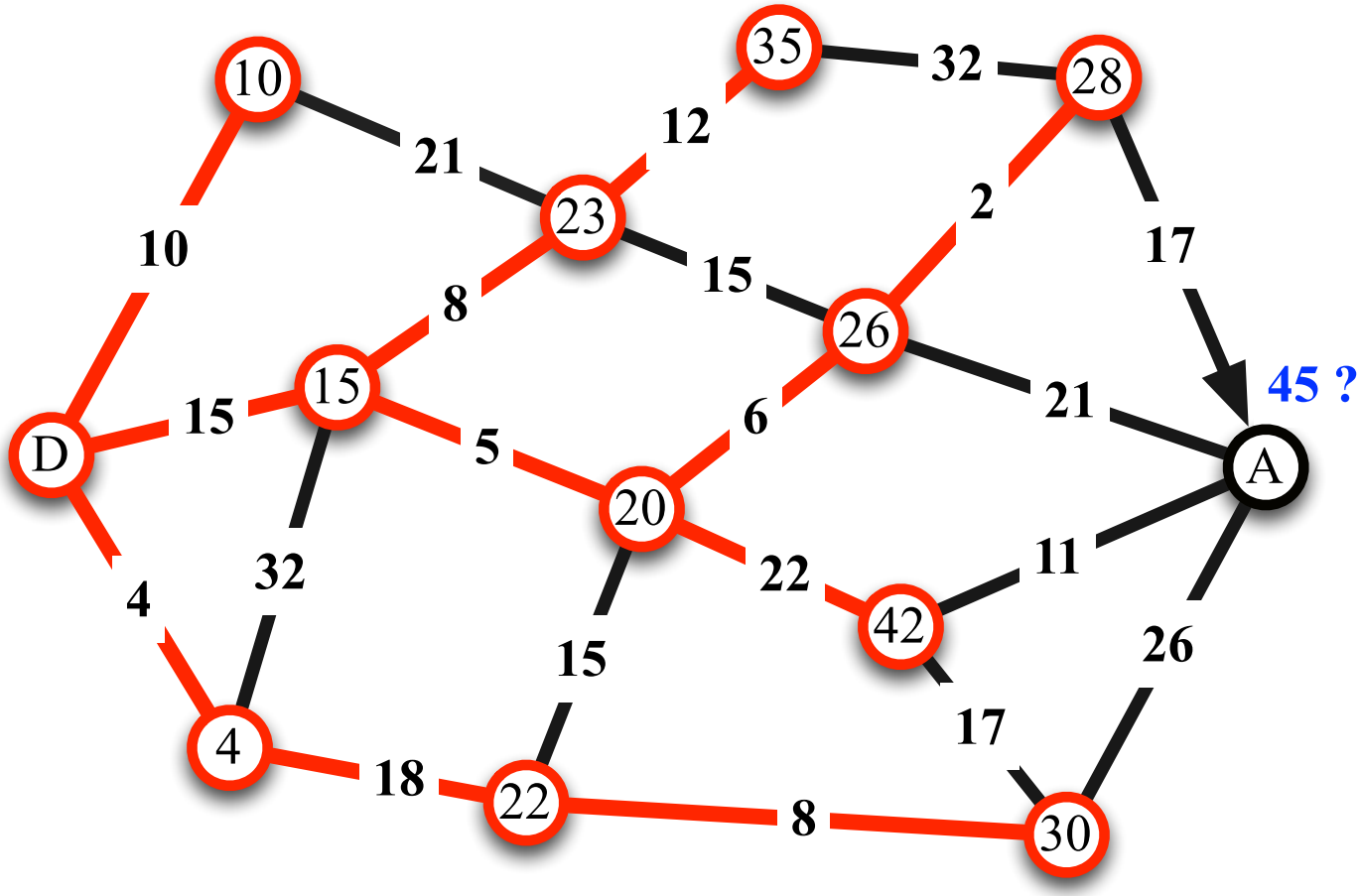
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



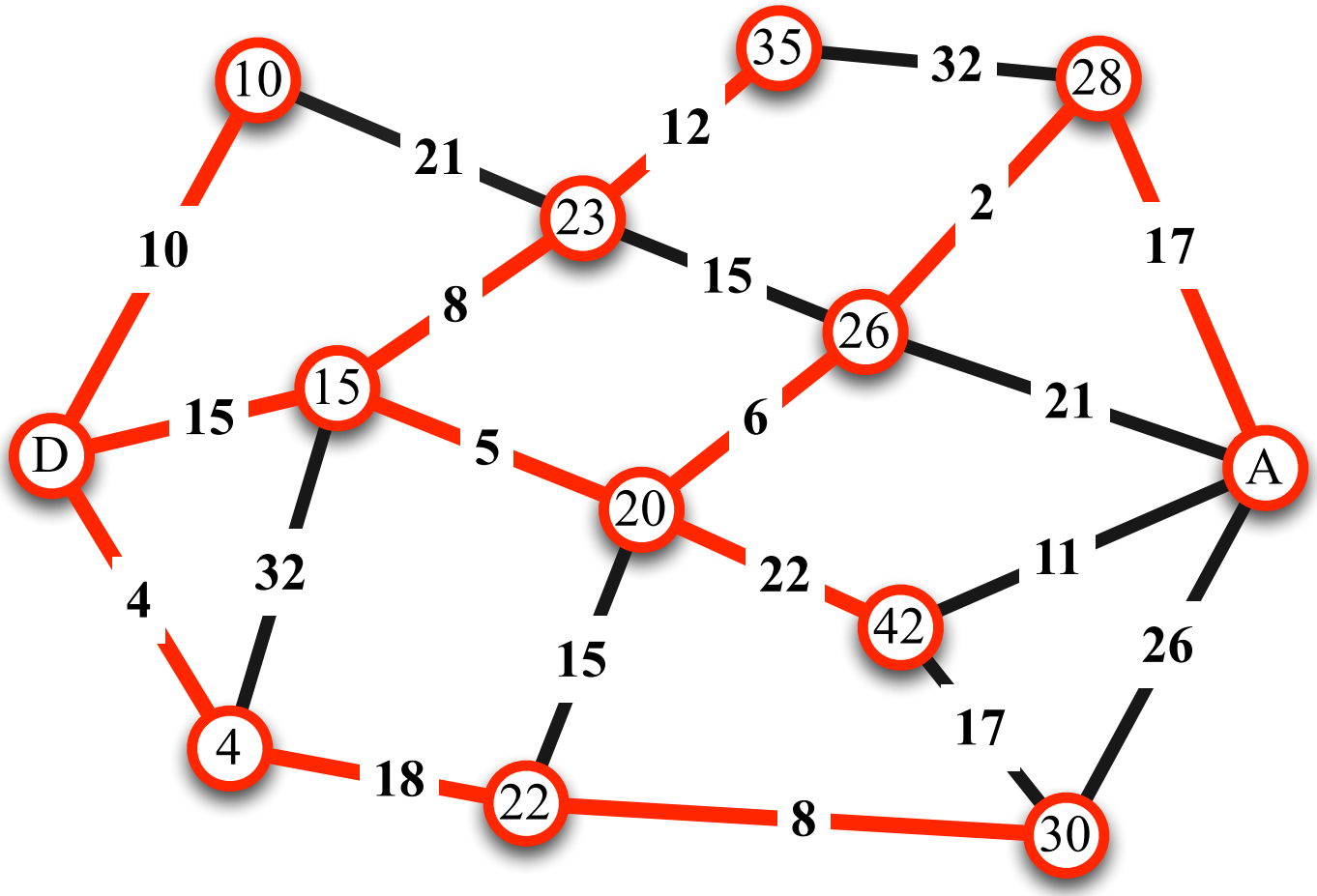
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



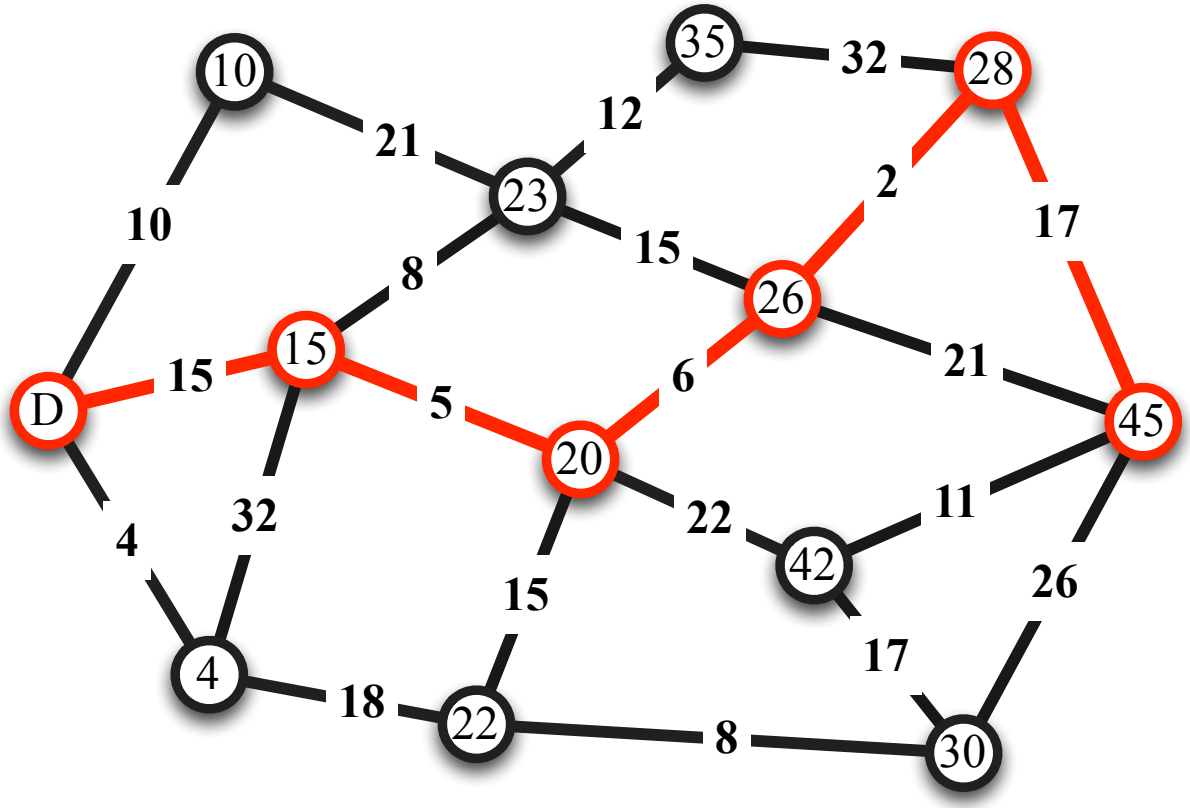
Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



Ville la plus proche de D qui n'a pas déjà été sélectionnée ?



Données : un ensemble de villes, une ville de départ D, une ville d'arrivée A, les distances entre les villes (un graphe).
Objectif : trouver un chemin entre la ville de départ et la ville d'arrivée qui minimise la distance parcourue.



Les réseaux sont modélisés par des graphes.

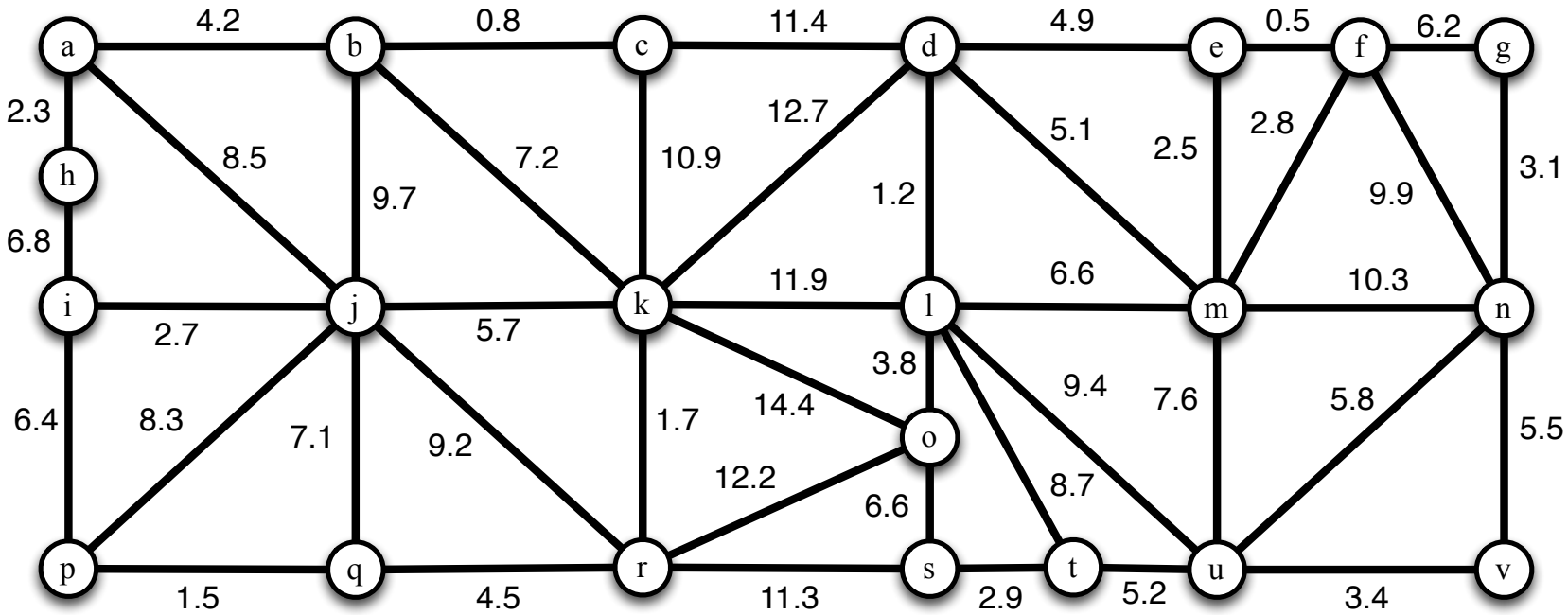
Réseau routier, réseau du Web, réseau social, réseau électrique, réseau biologique, réseau pair-à-pair, réseau sans fil...

Analyser et optimiser les réseaux posent des problèmes algorithmiques sur les graphes.

- Des problèmes que nous ne savons pas résoudre efficacement (voyageur de commerce). *Un million de dollars à gagner...*

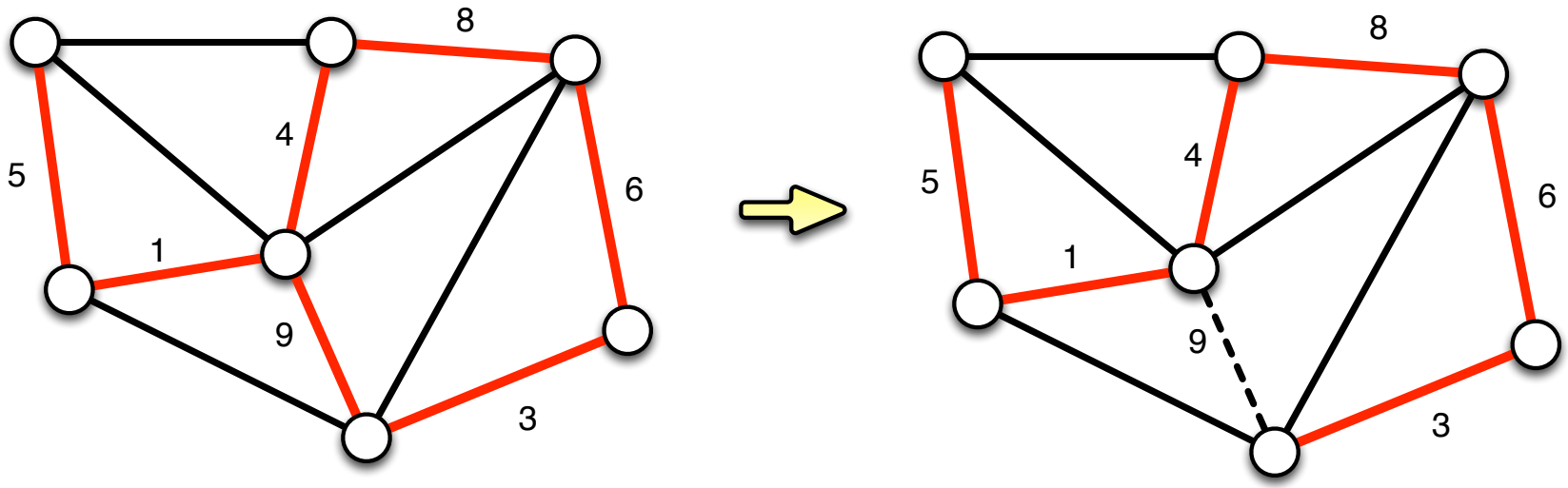
- Et d'autres que oui (plus court chemin, arbre couvrant de poids minimum...).

Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.

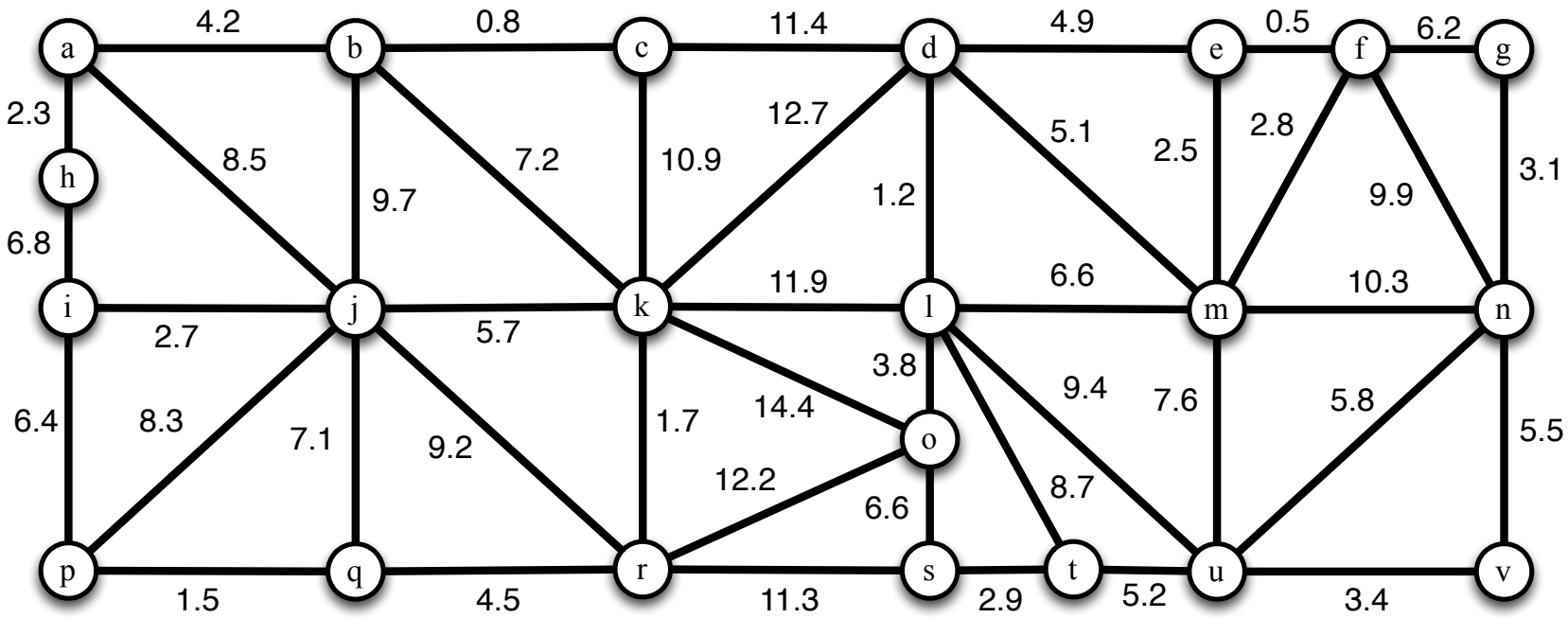


Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.

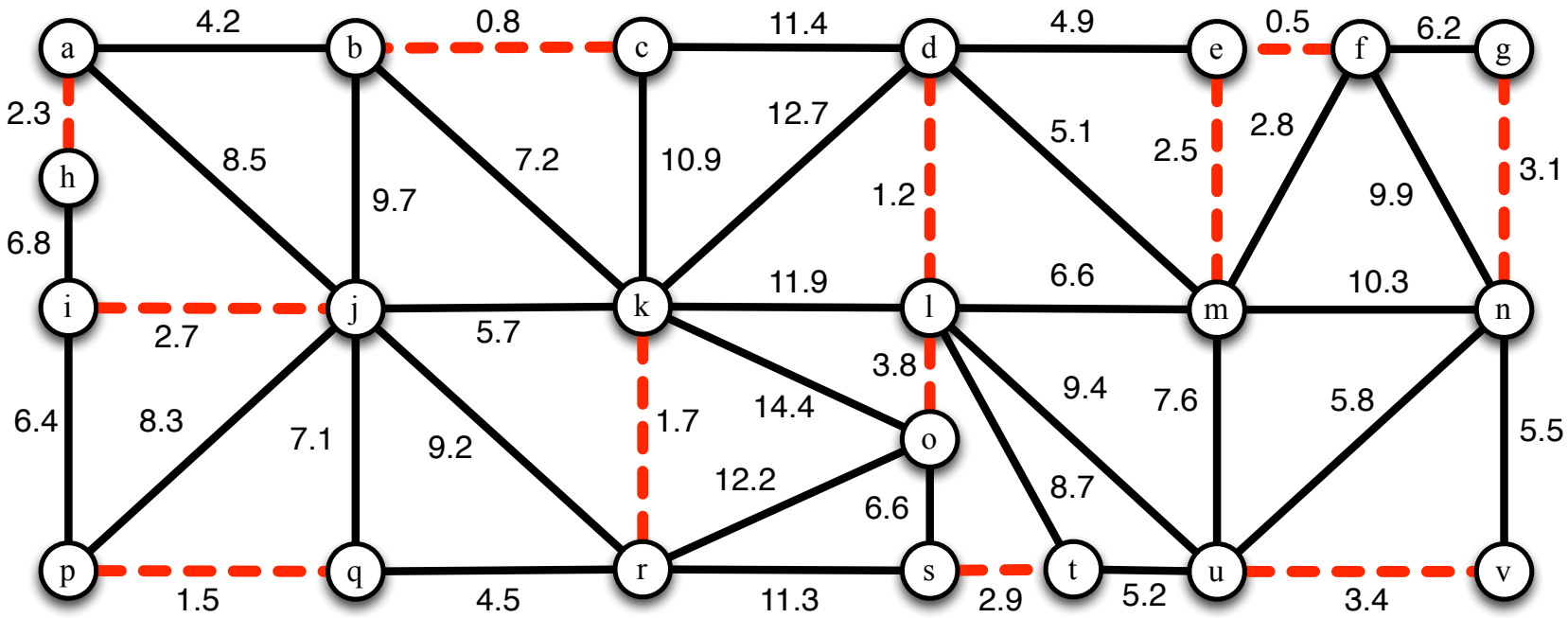
Il n'y a pas de cycle dans un sous-réseau optimal.



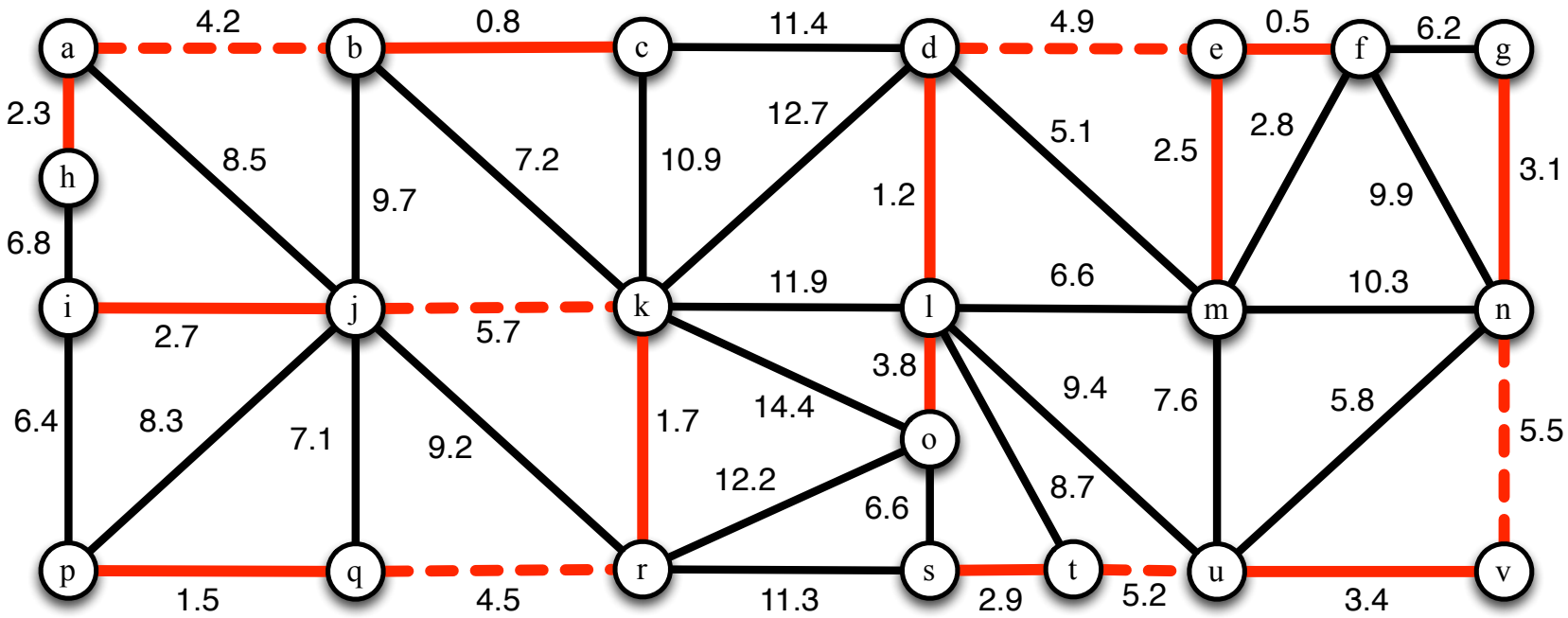
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



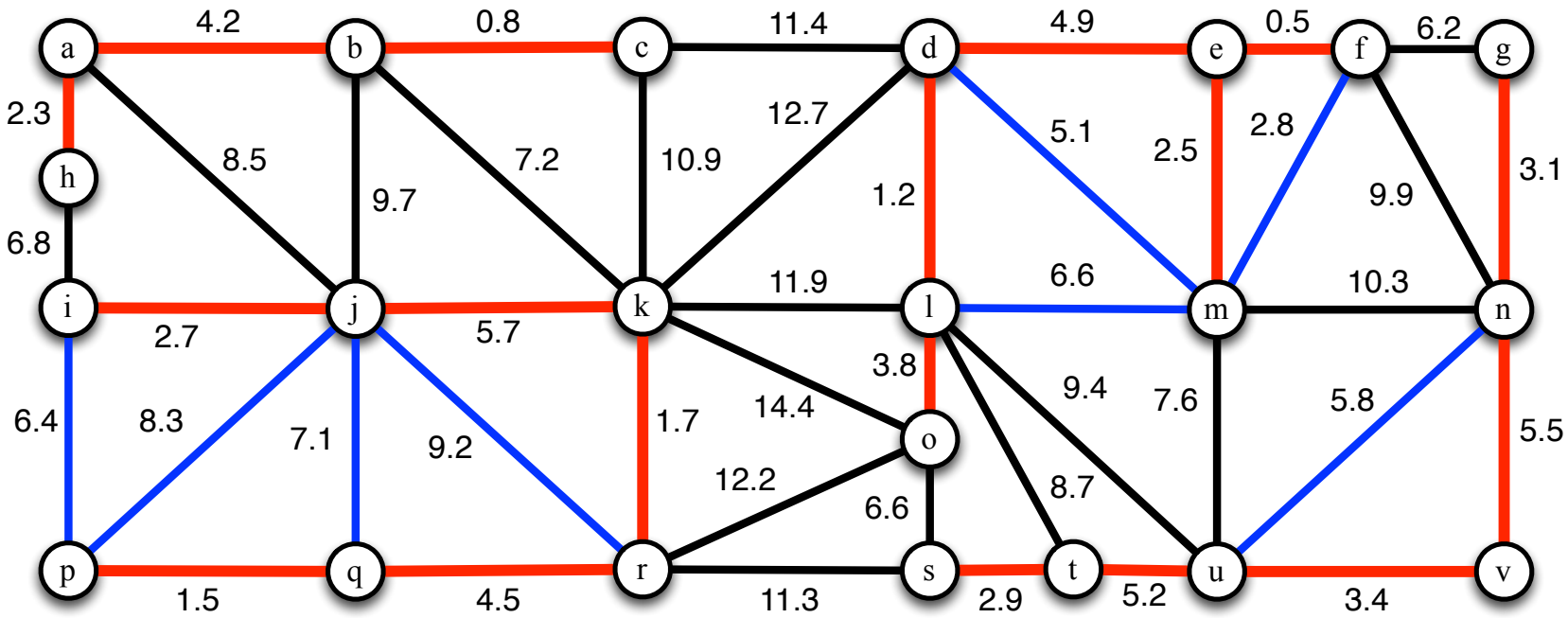
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



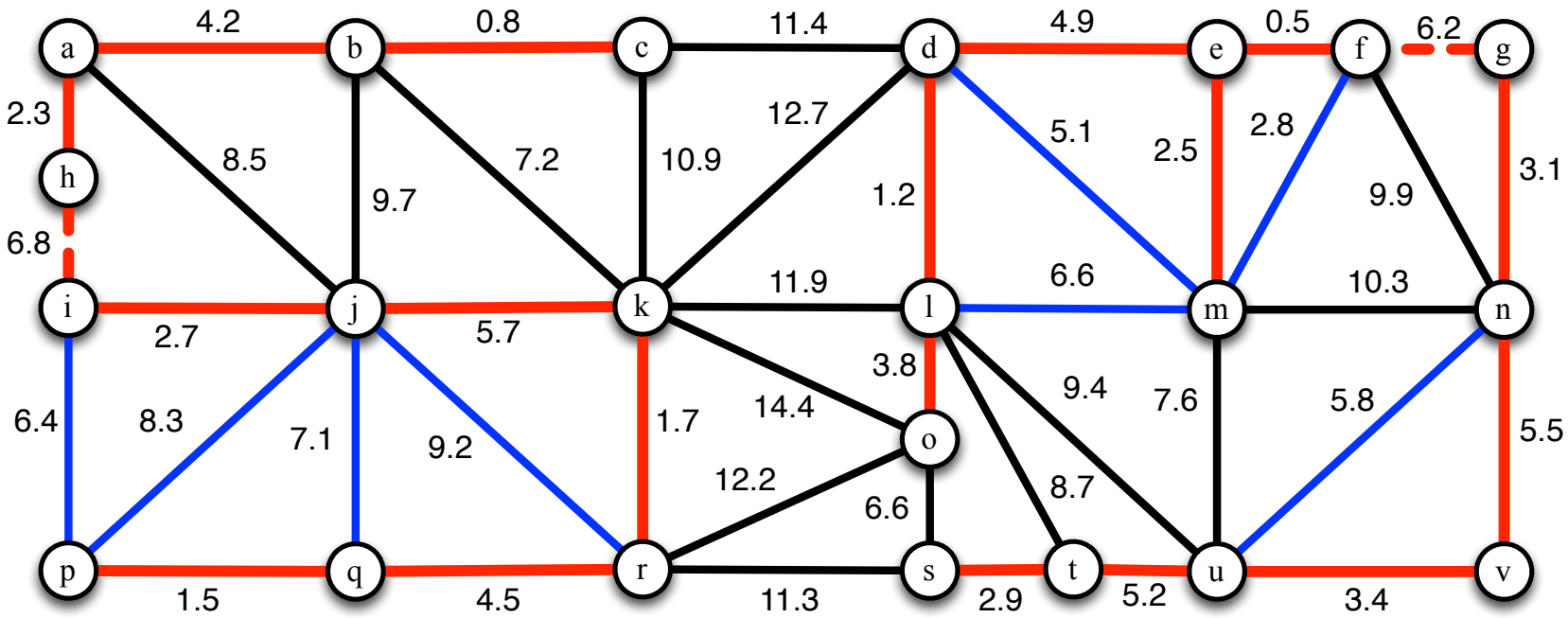
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



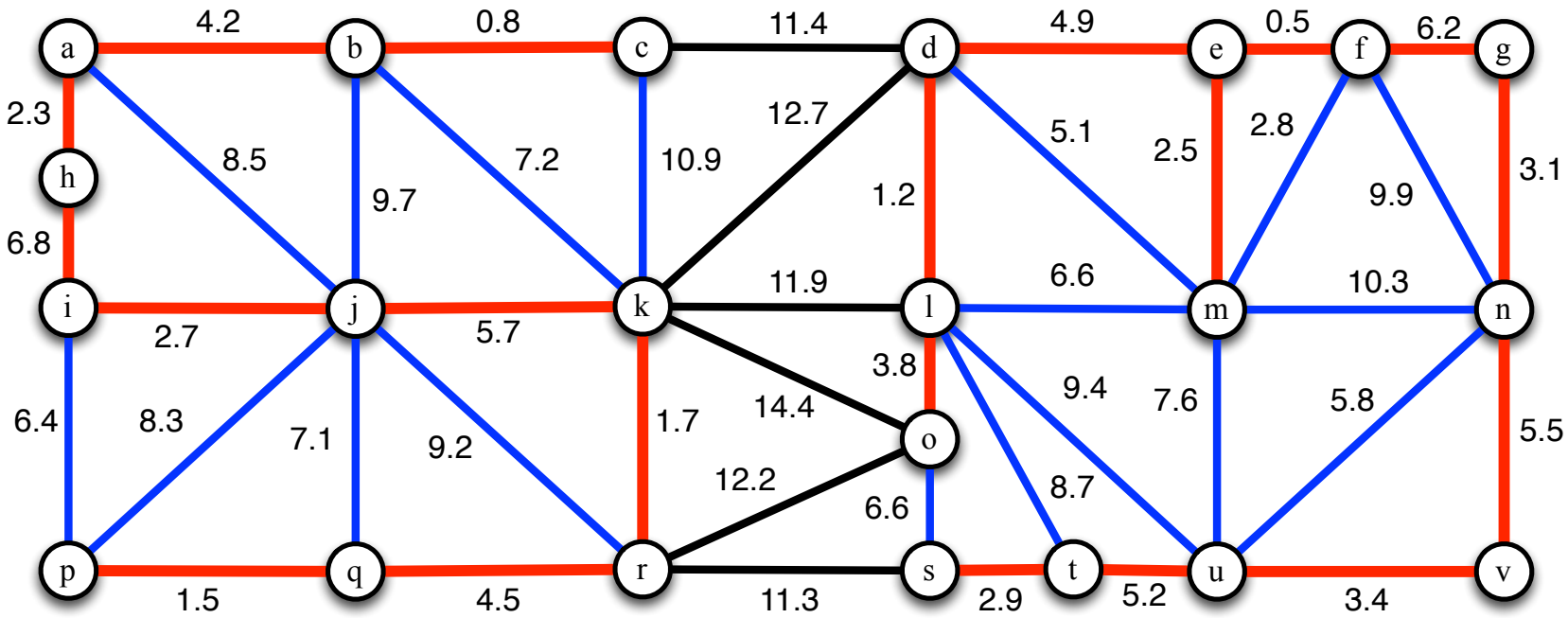
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



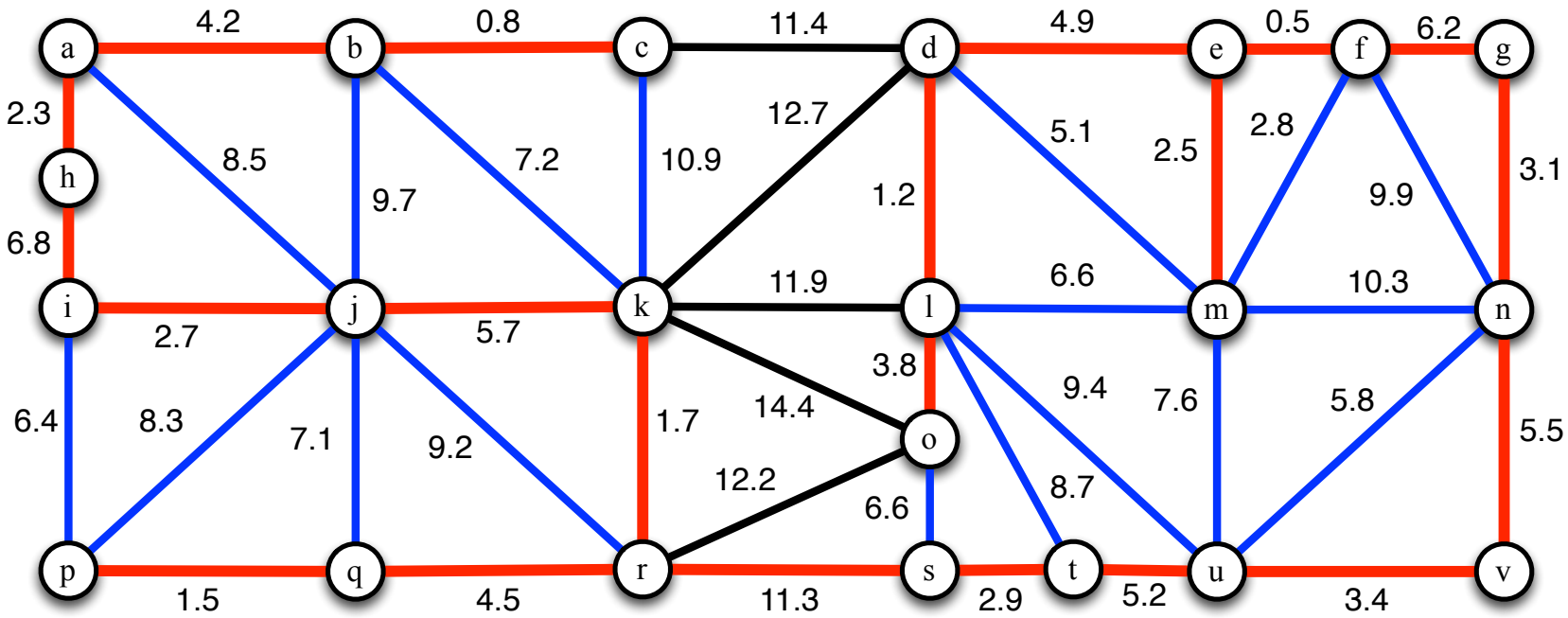
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



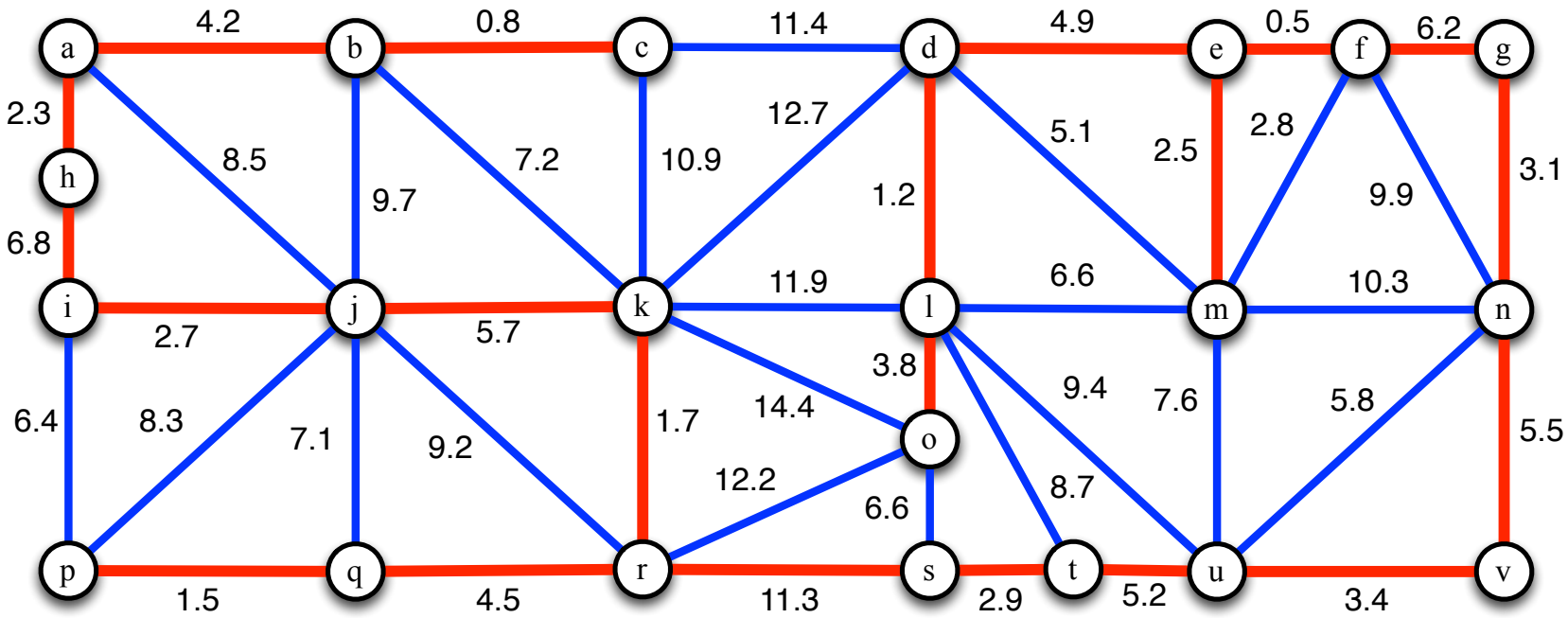
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



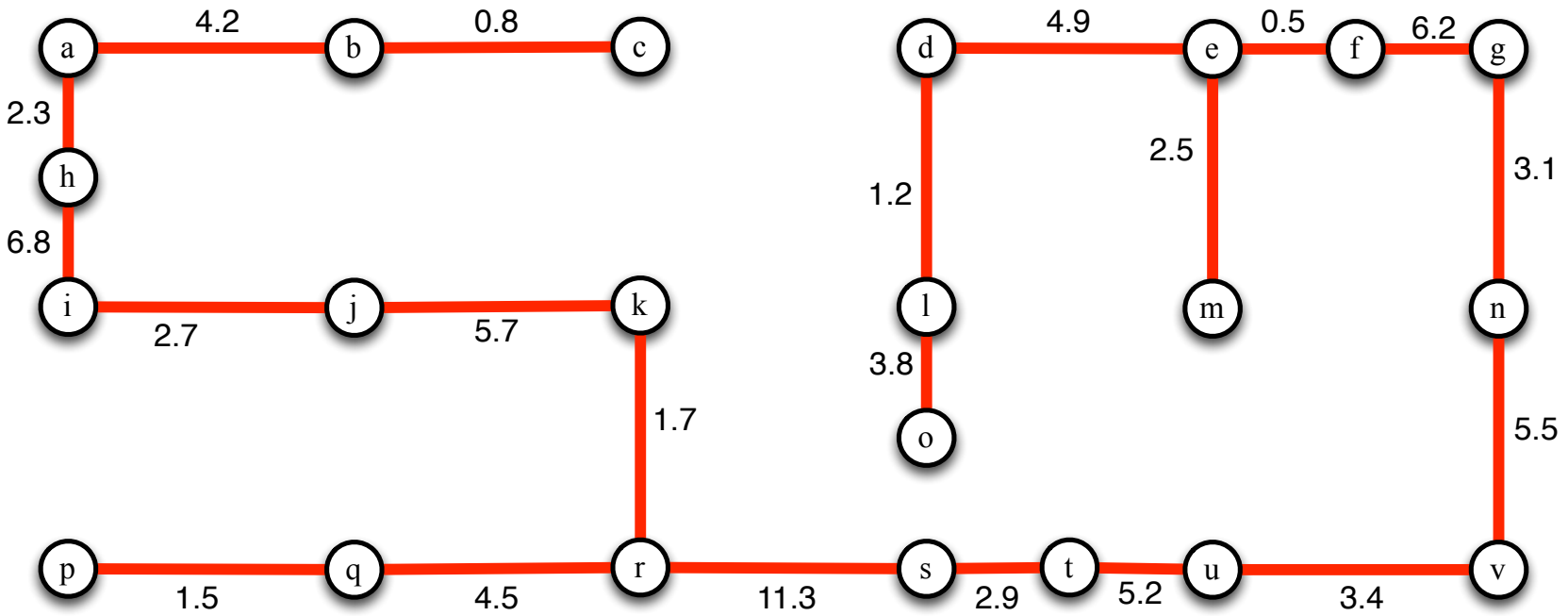
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.

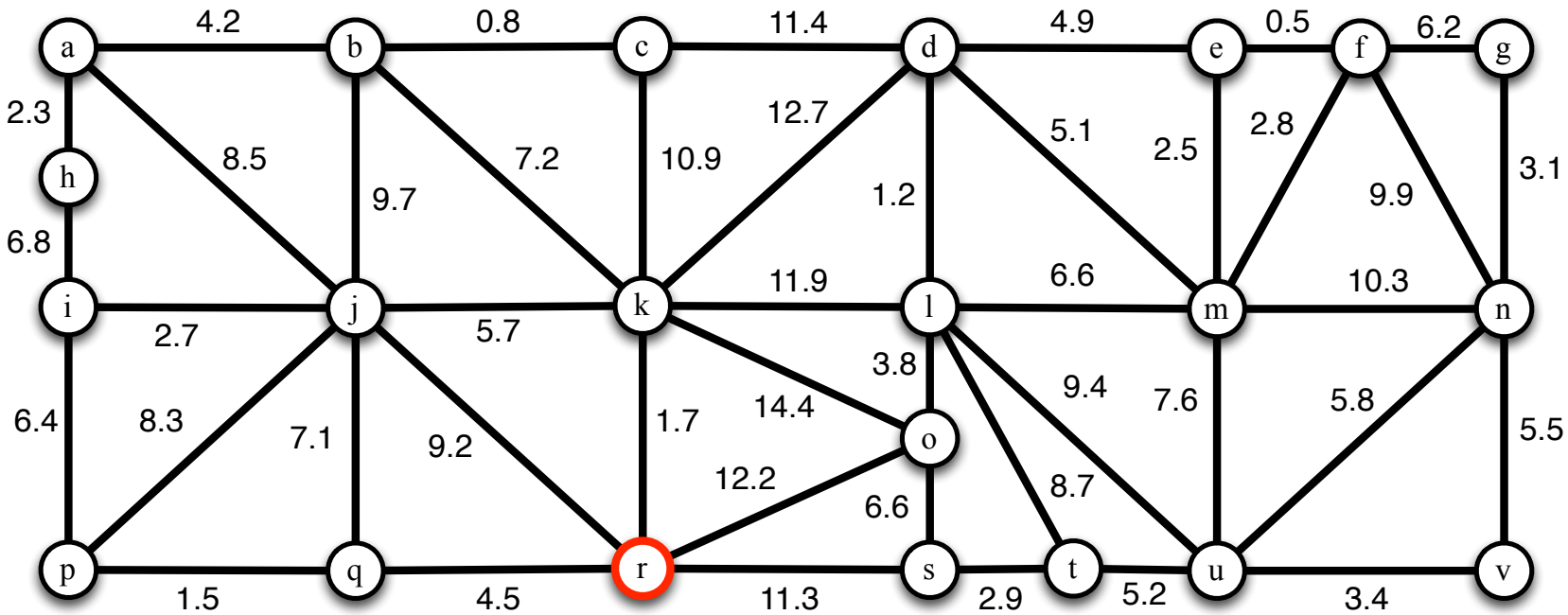


Arbre couvrant de poids minimum.

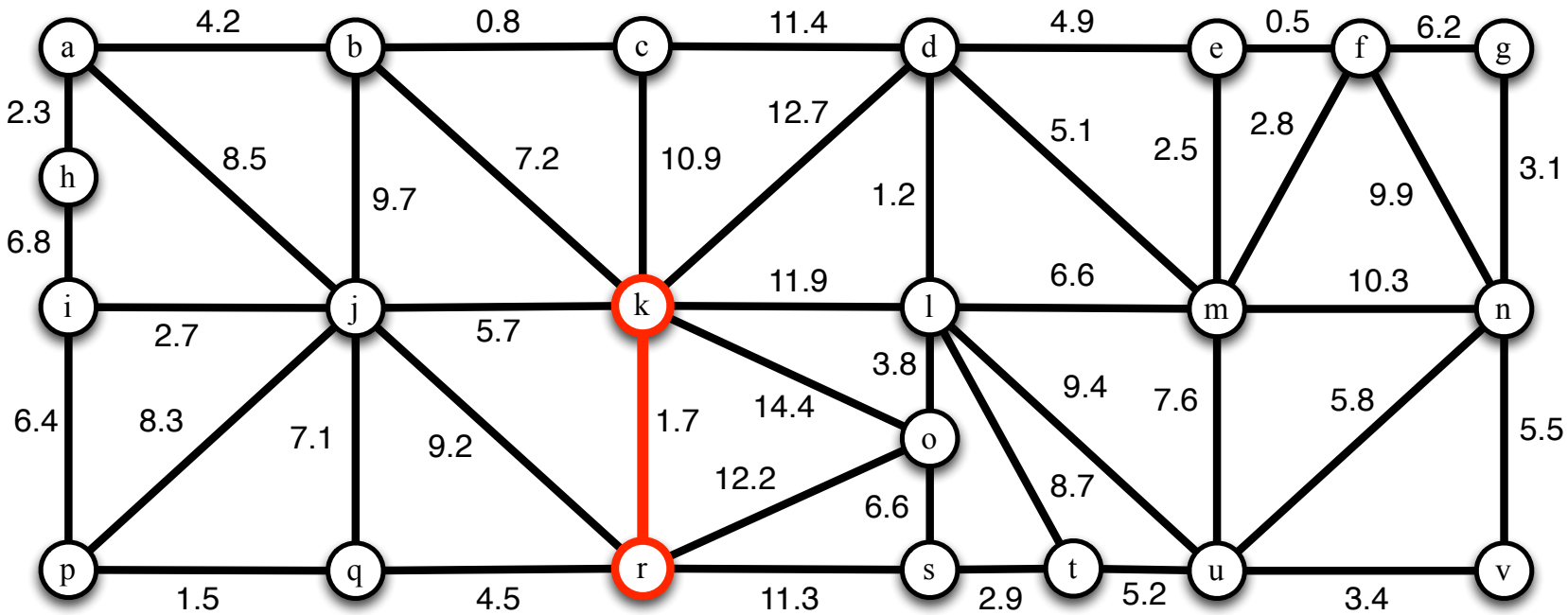
→ Algorithme de Boruvka (1926).

→ Algorithme de Jarnik-Prim (1930, 1959).

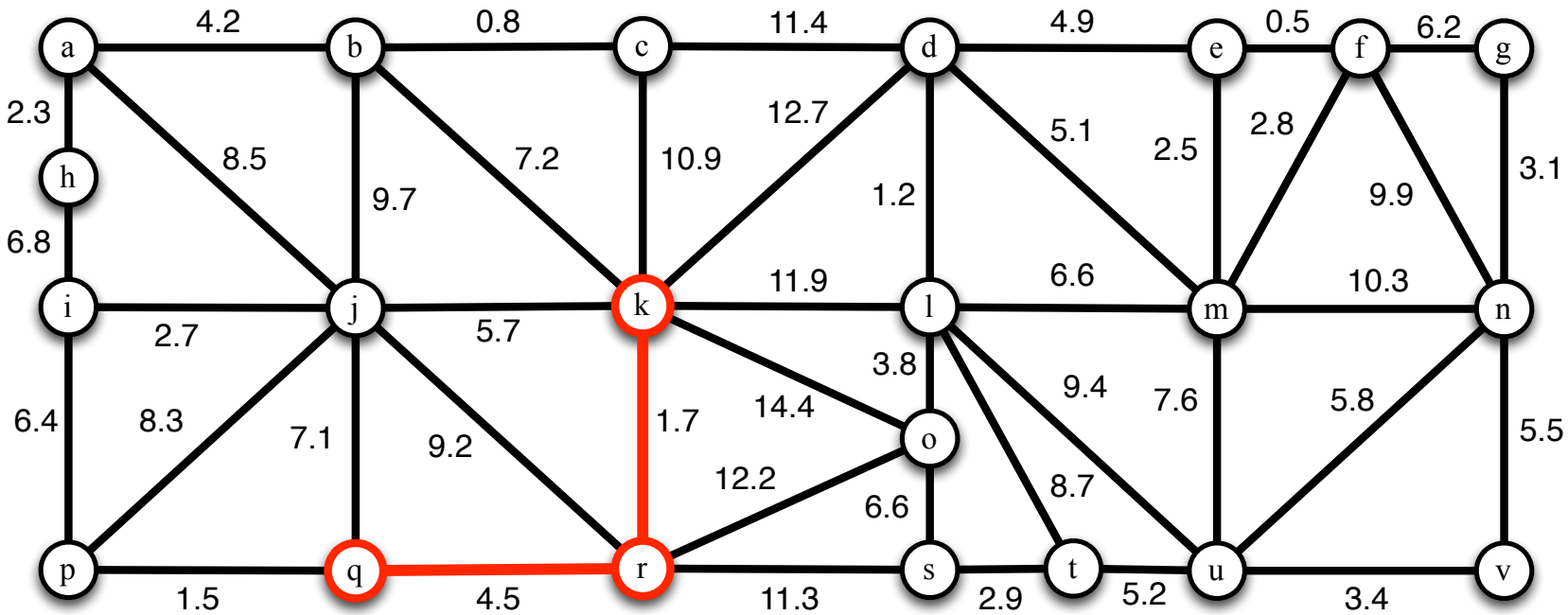
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



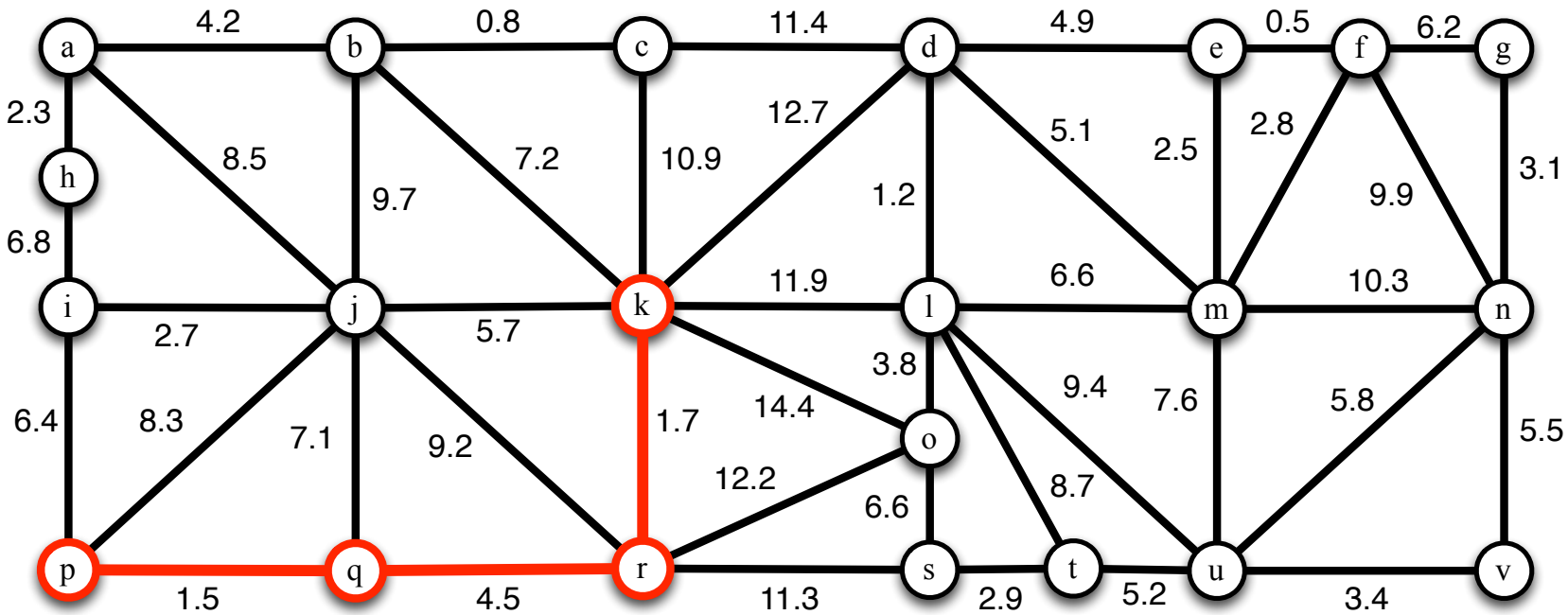
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



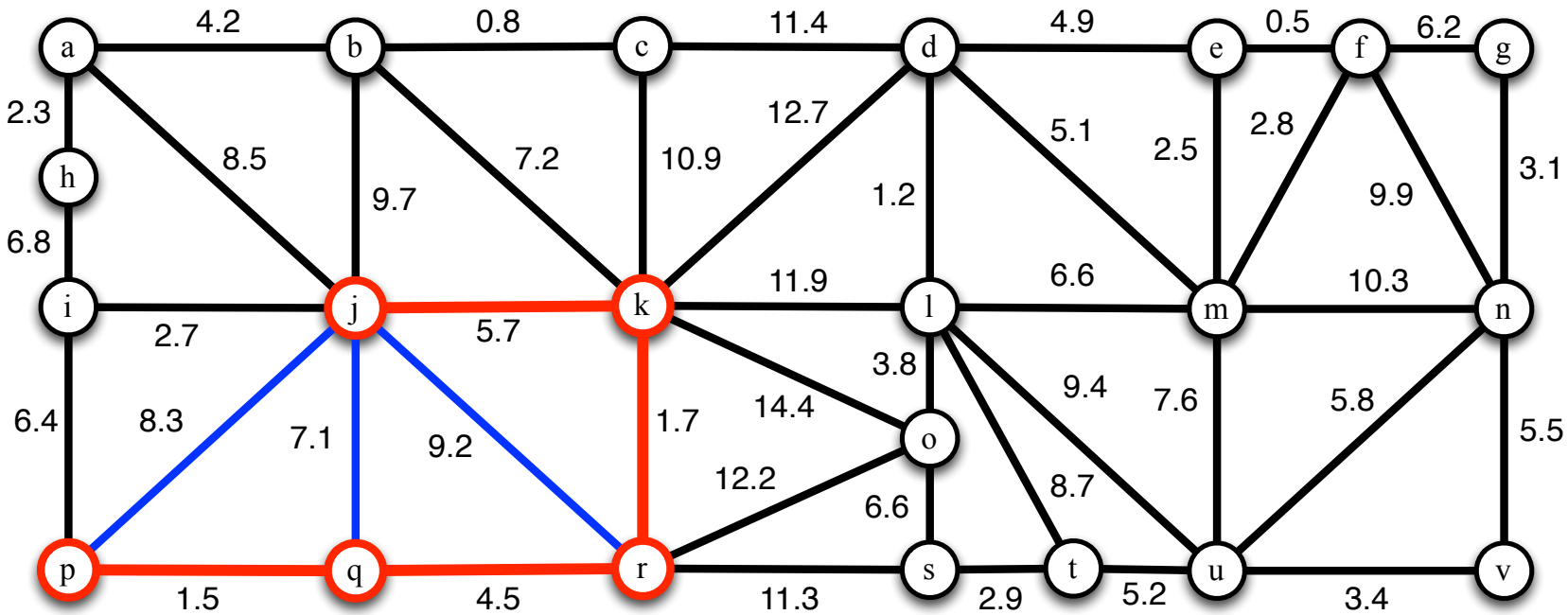
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



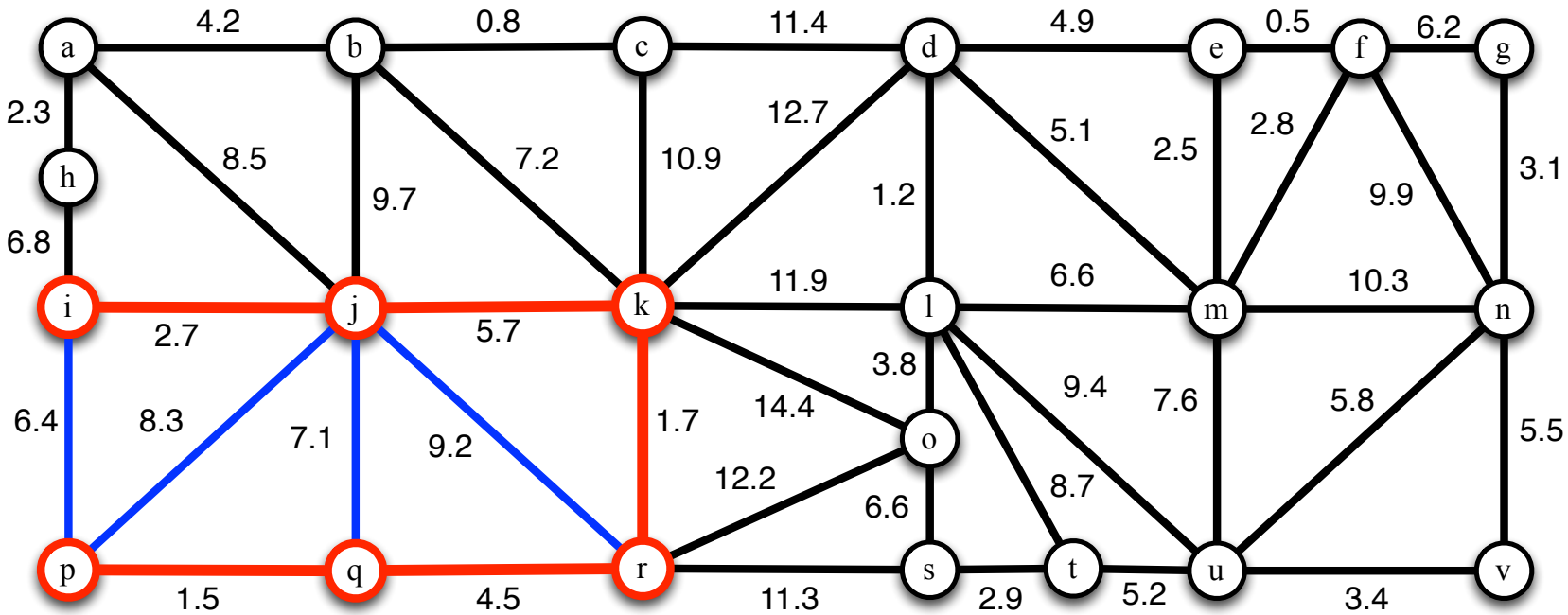
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



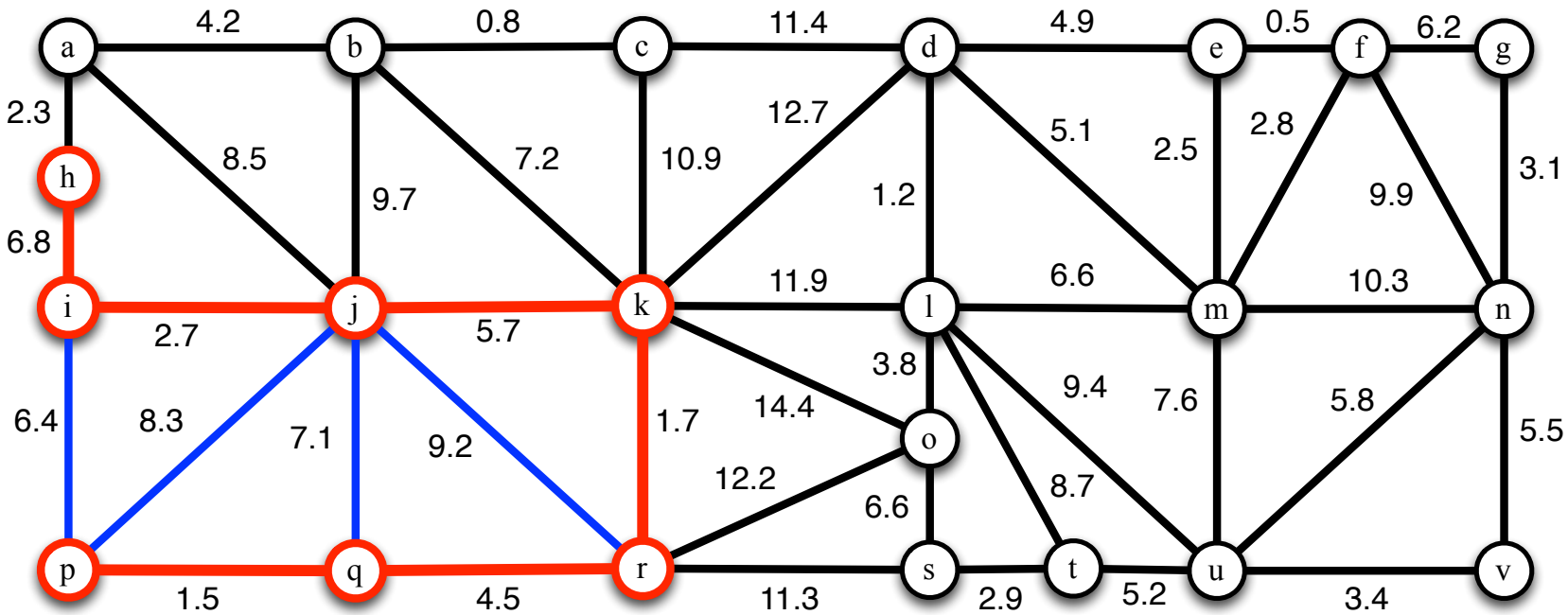
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



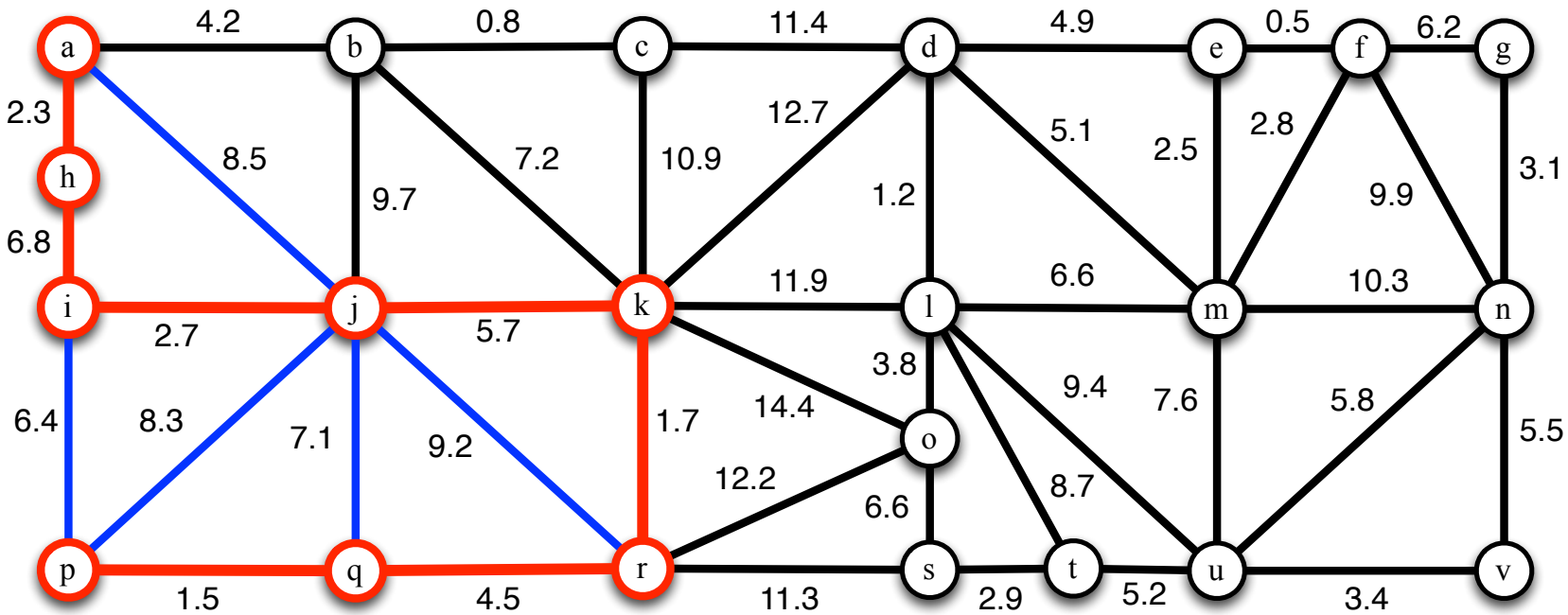
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



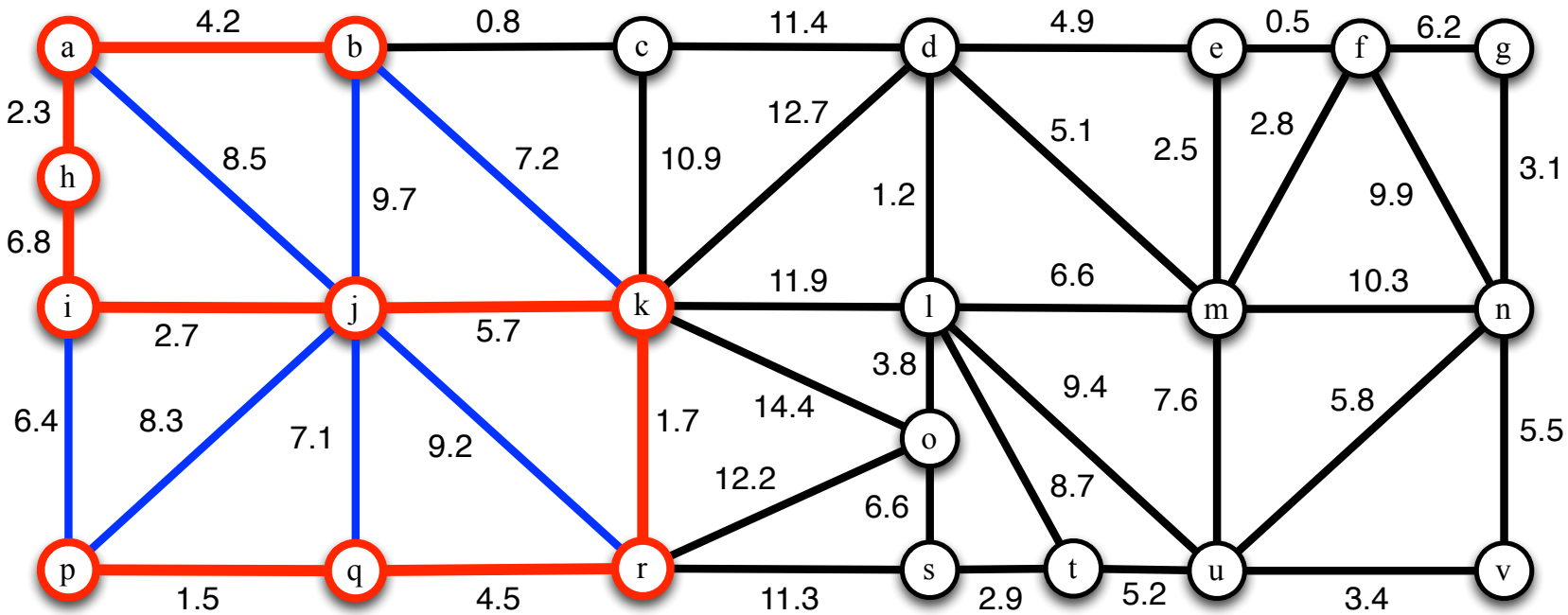
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



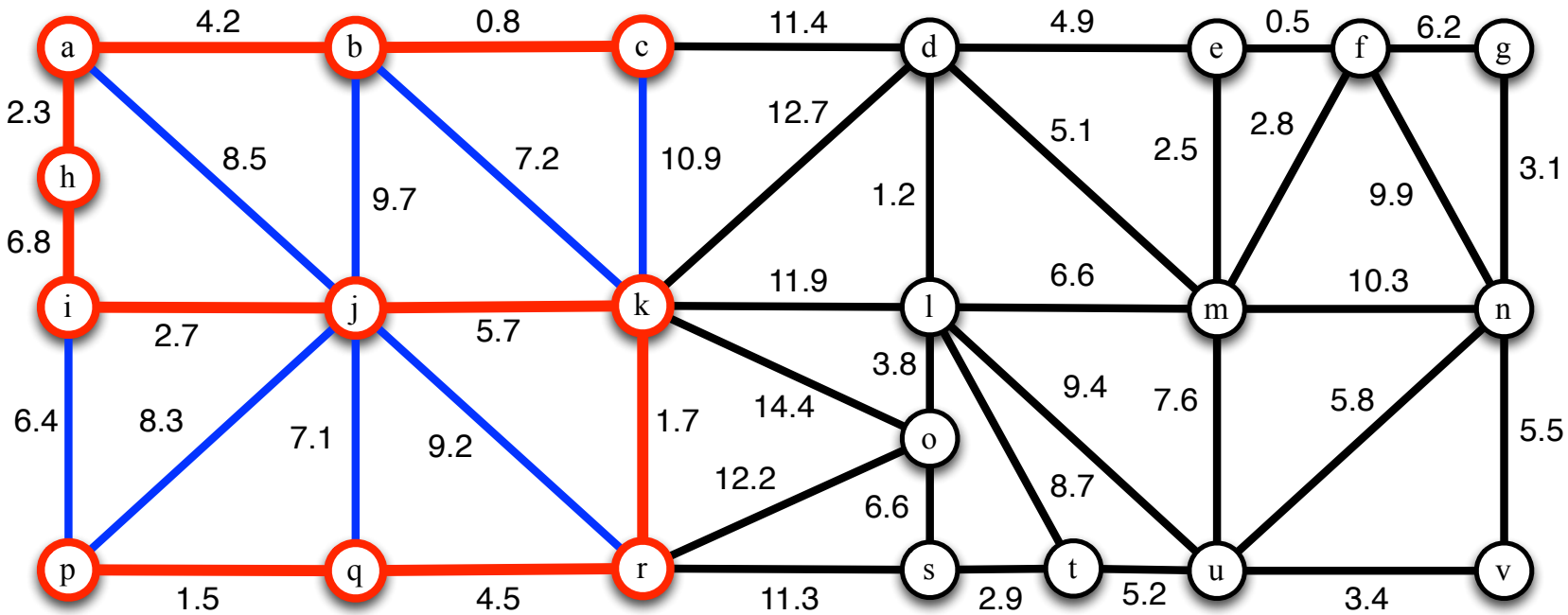
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



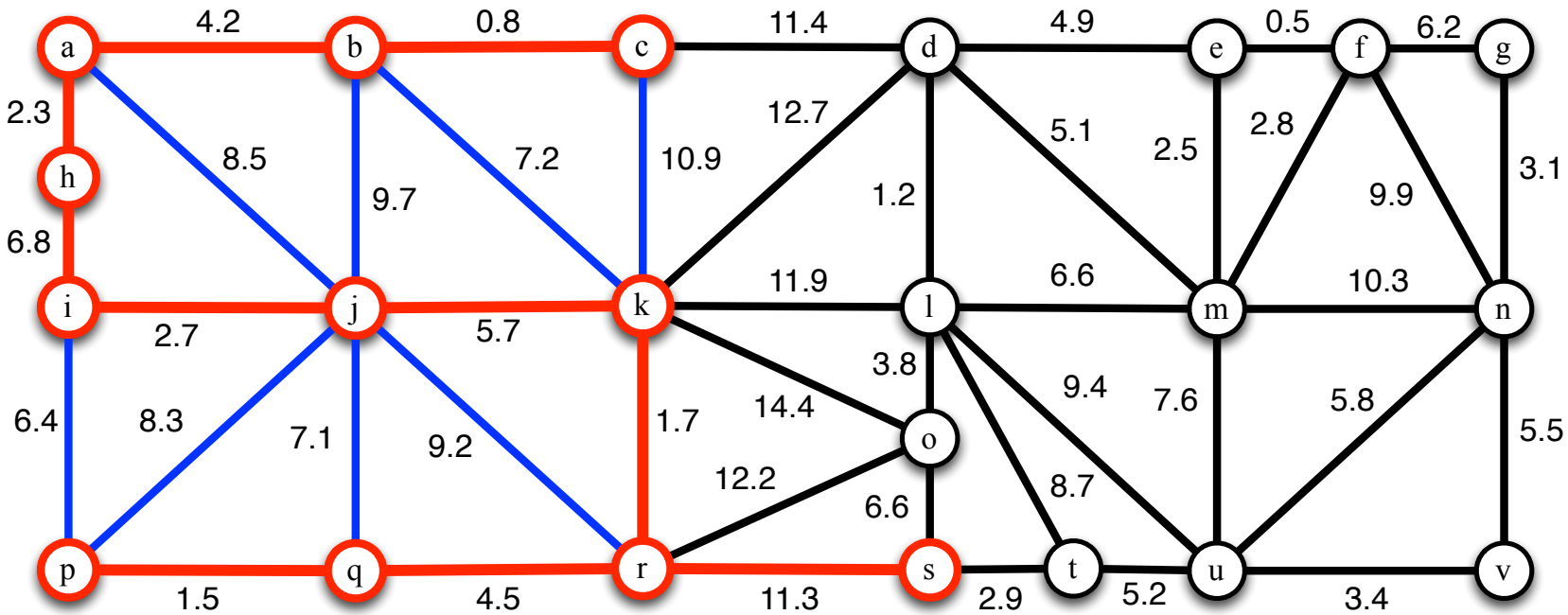
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



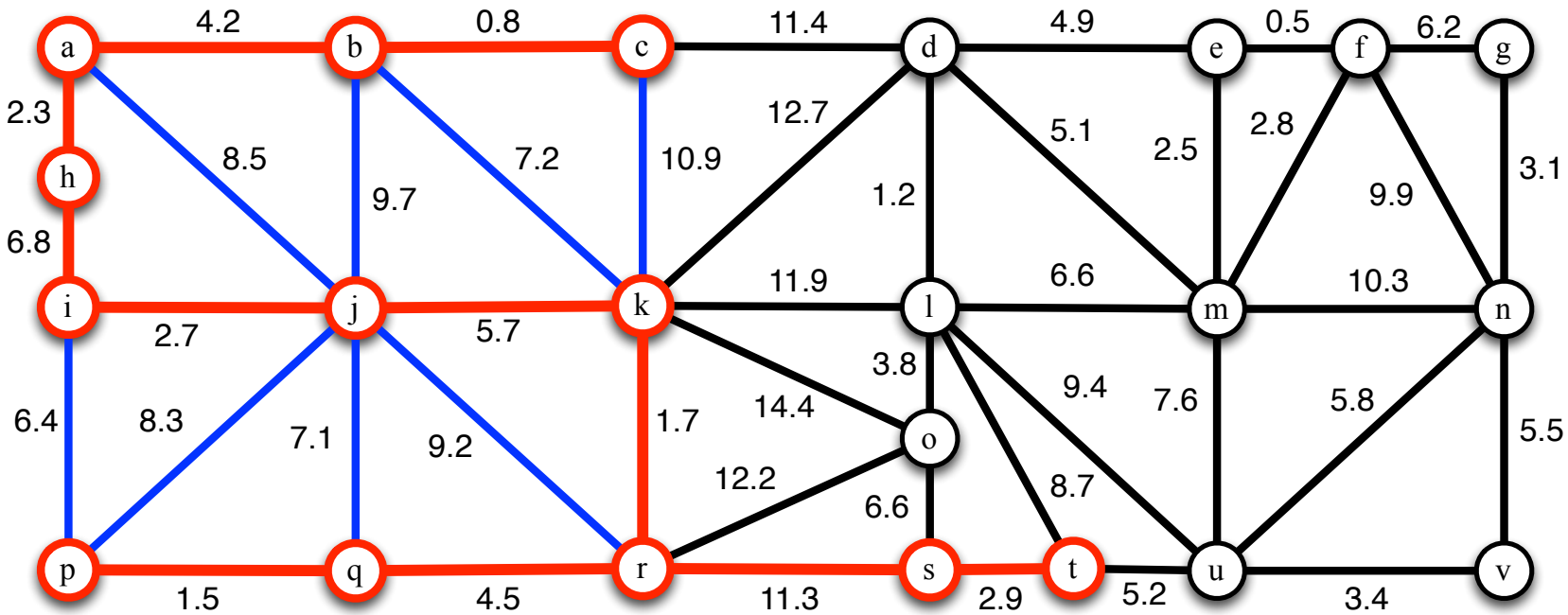
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



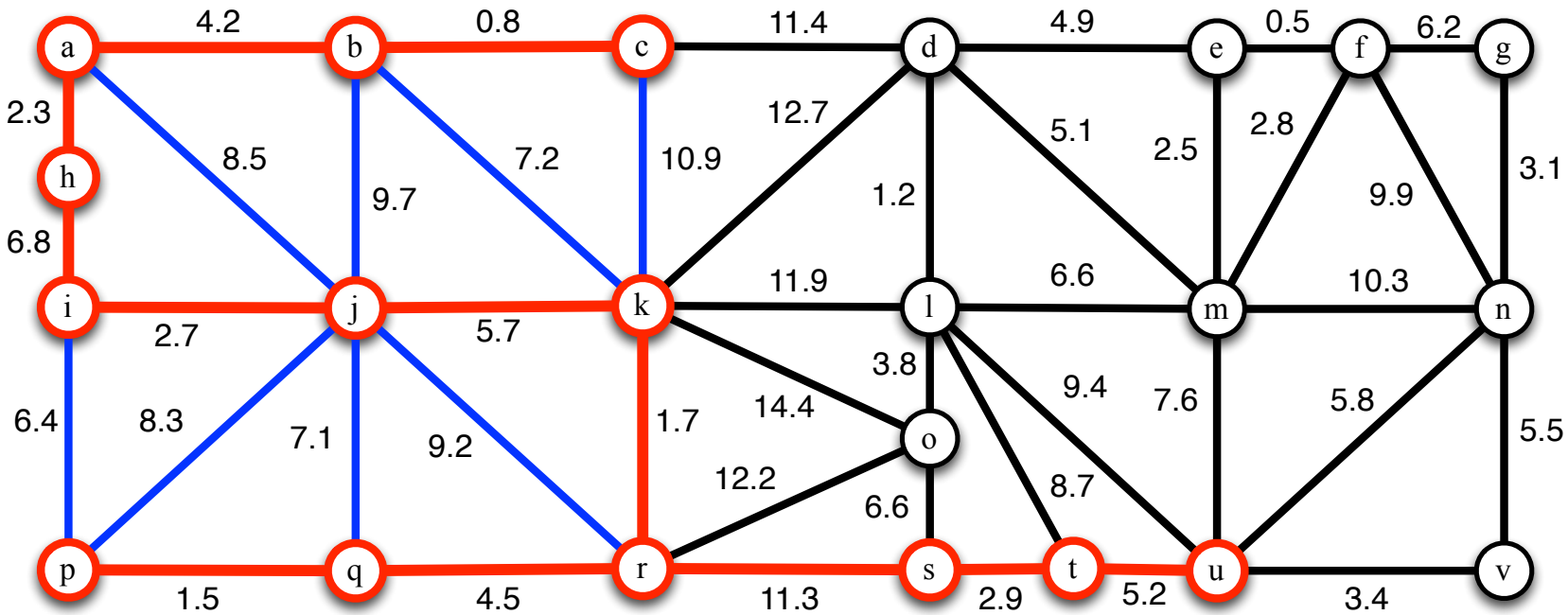
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



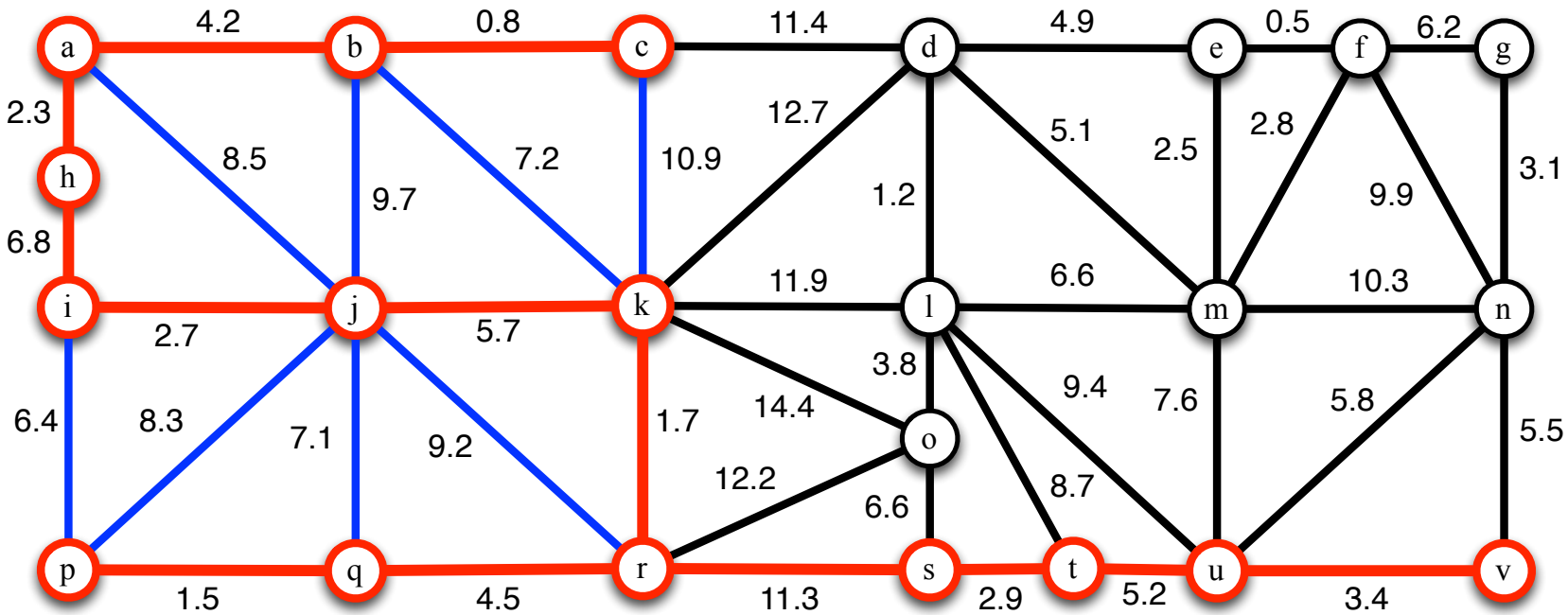
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



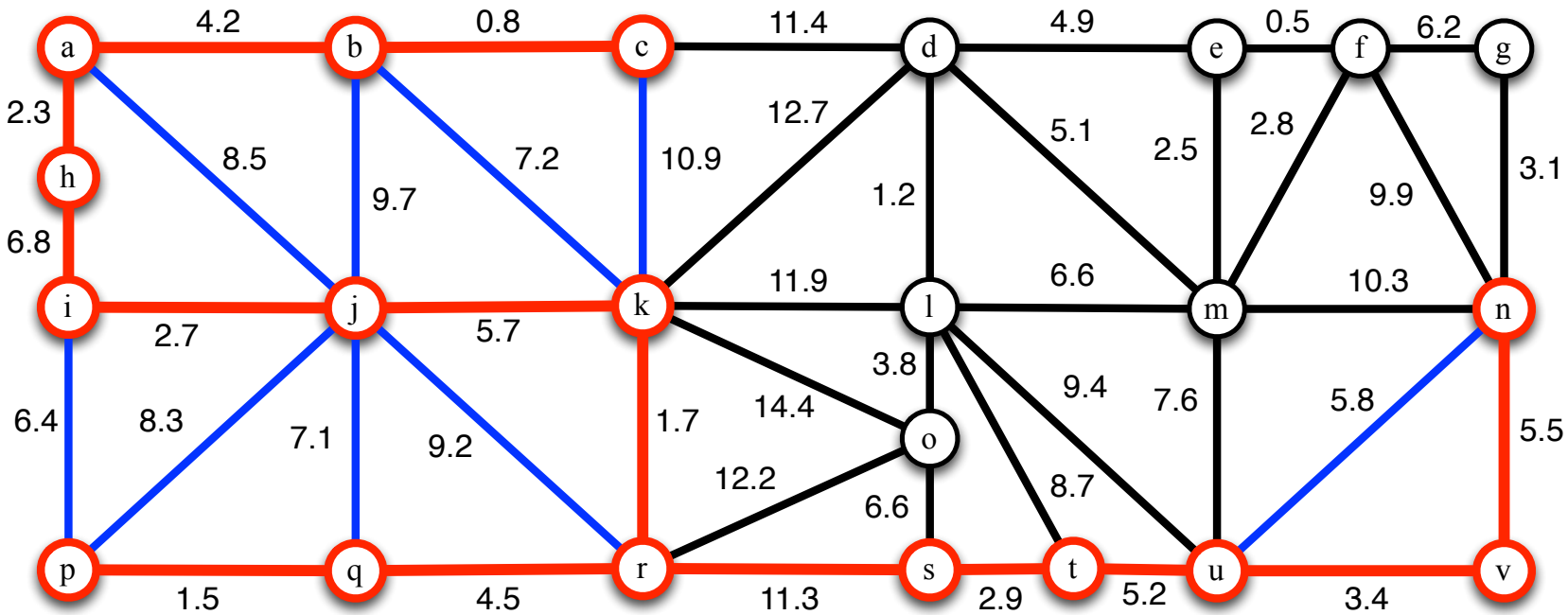
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



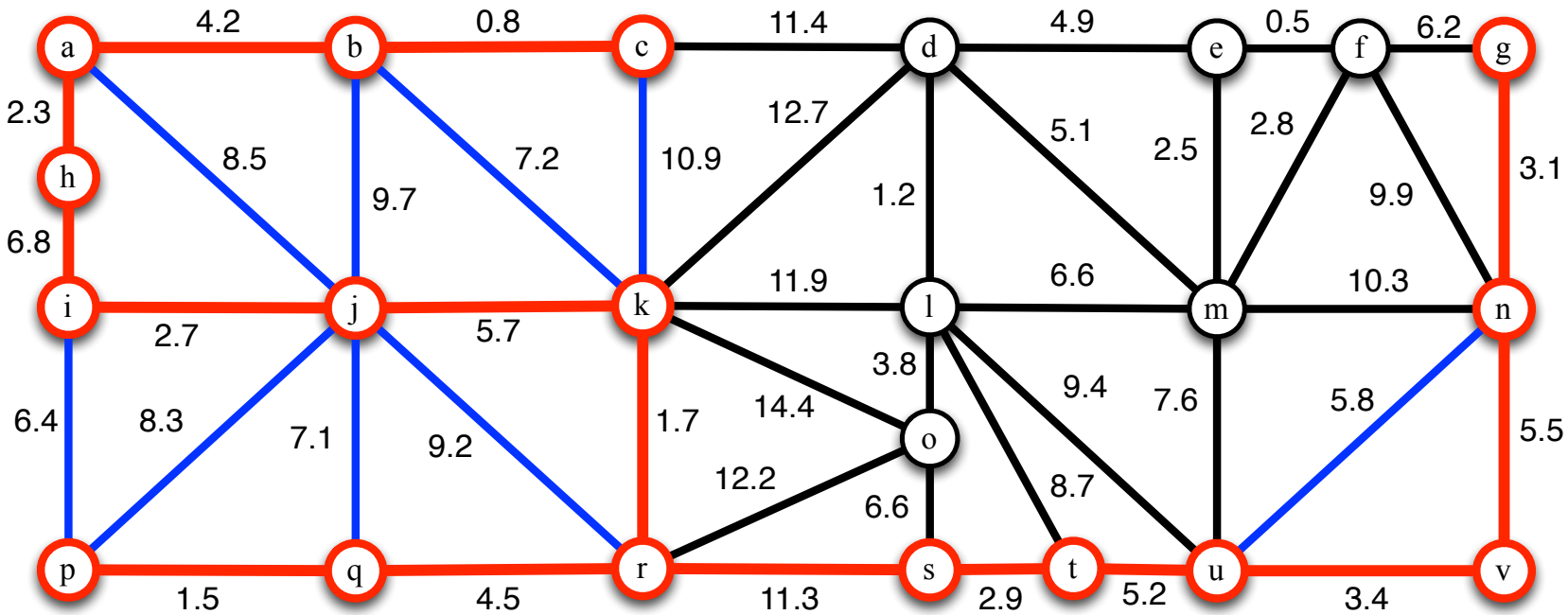
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



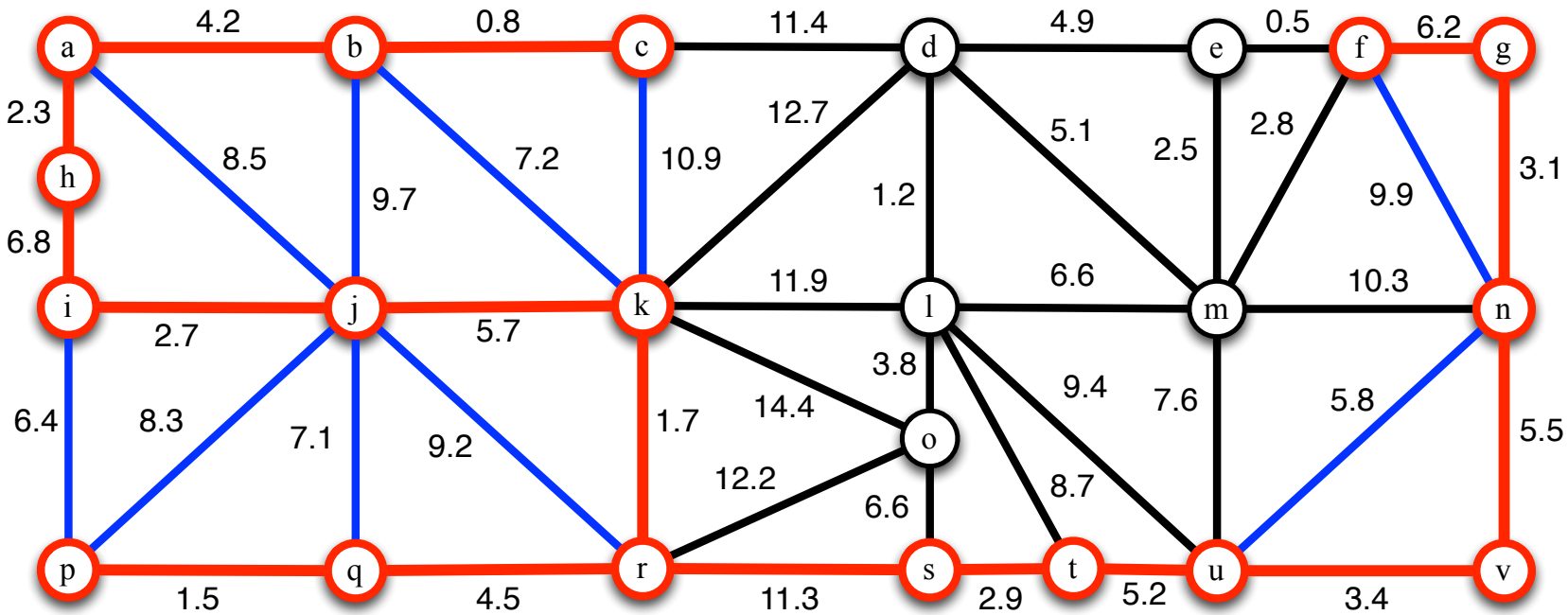
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



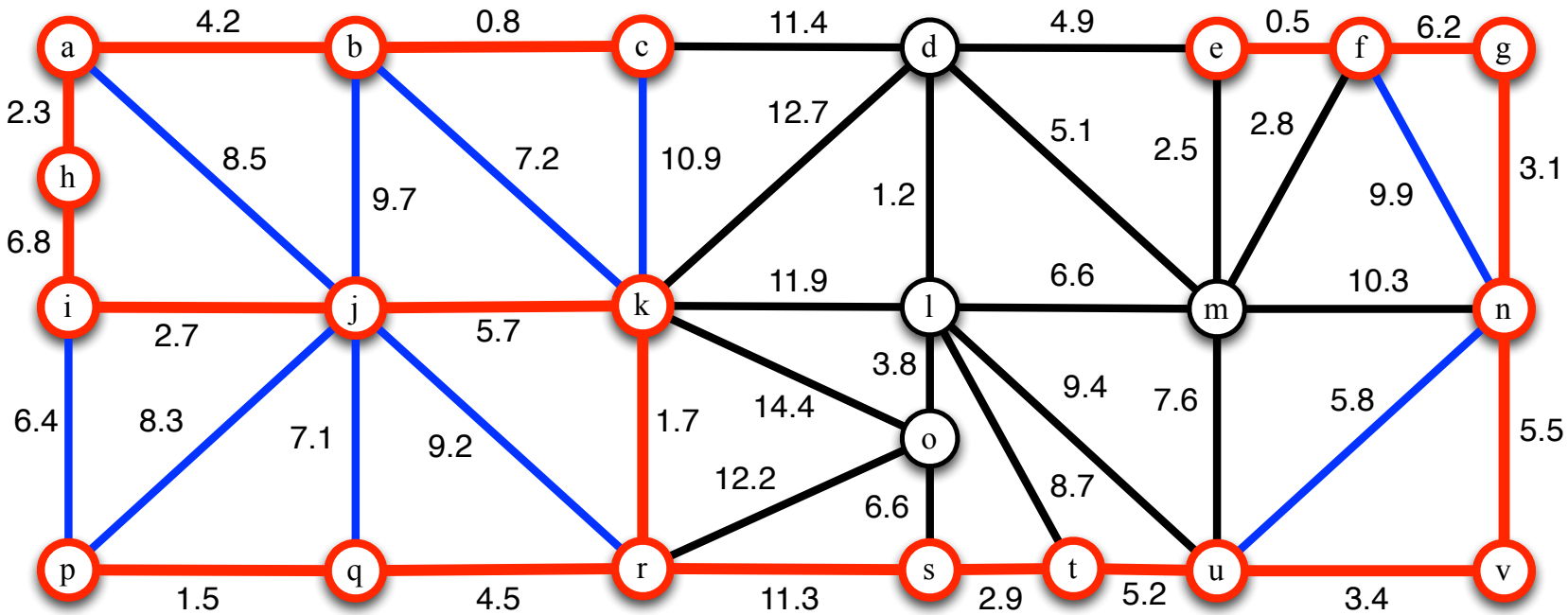
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



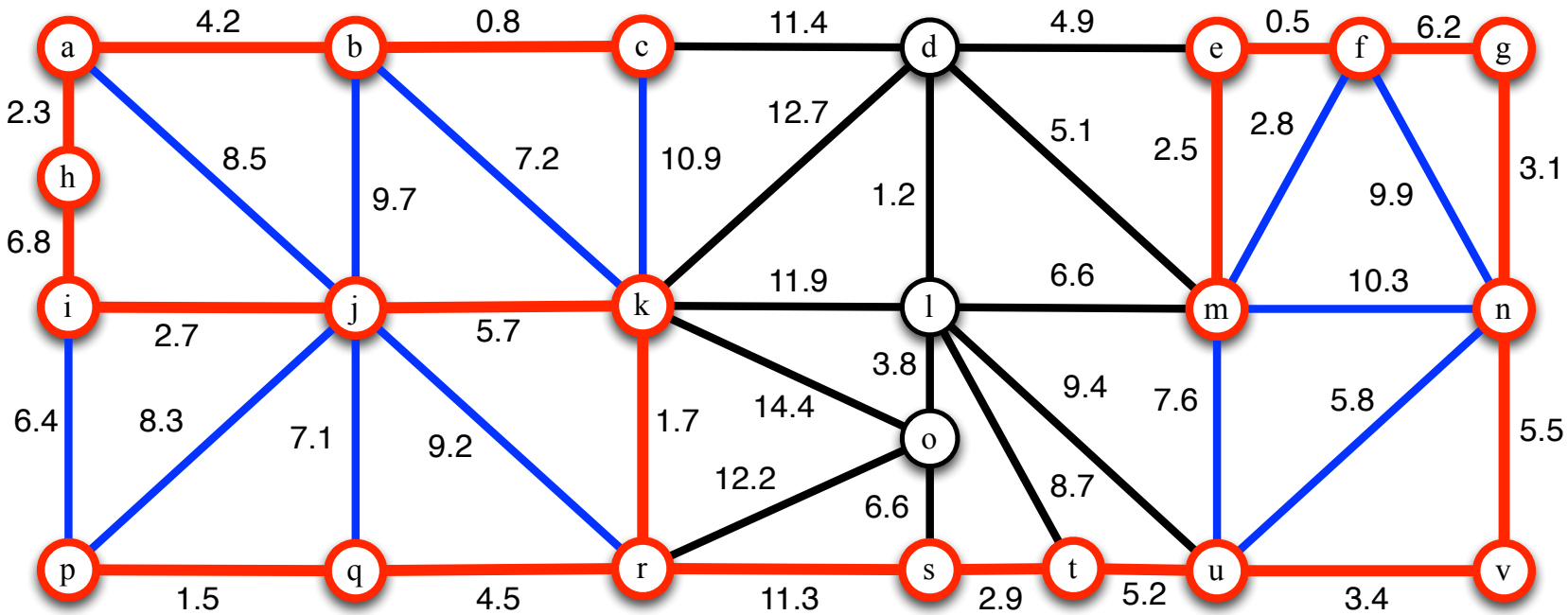
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



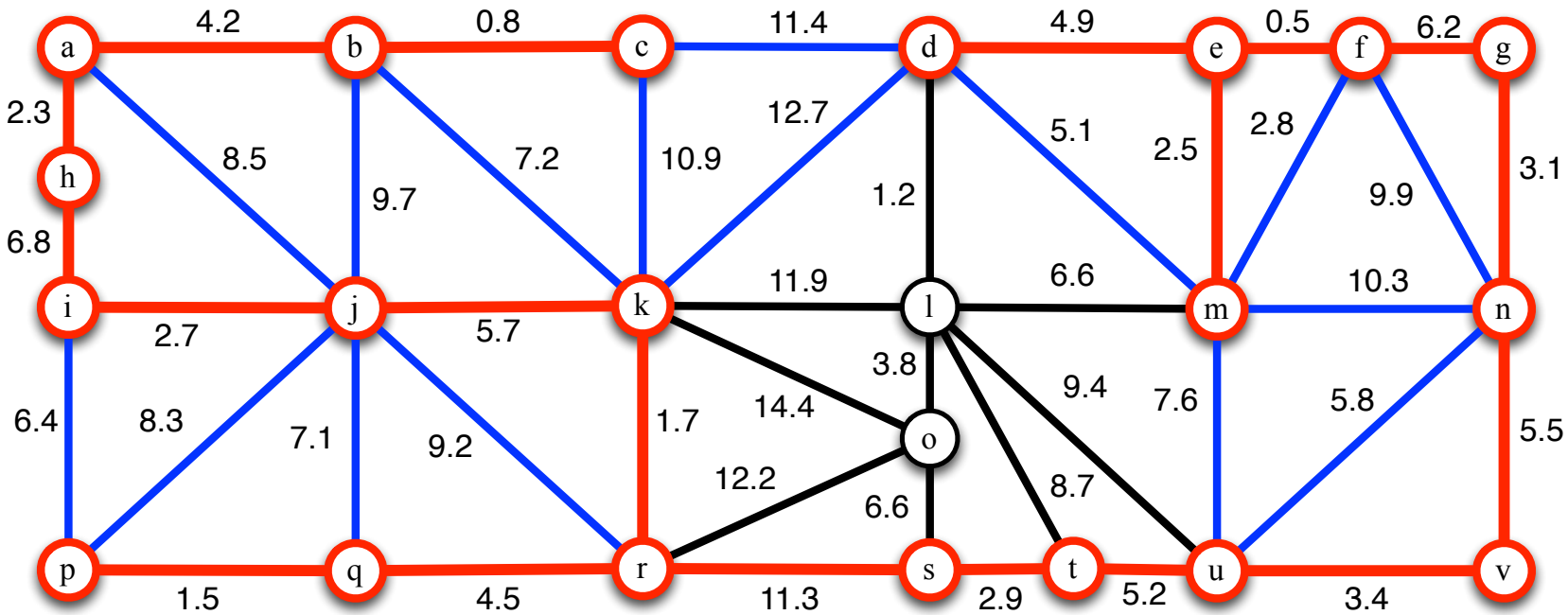
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



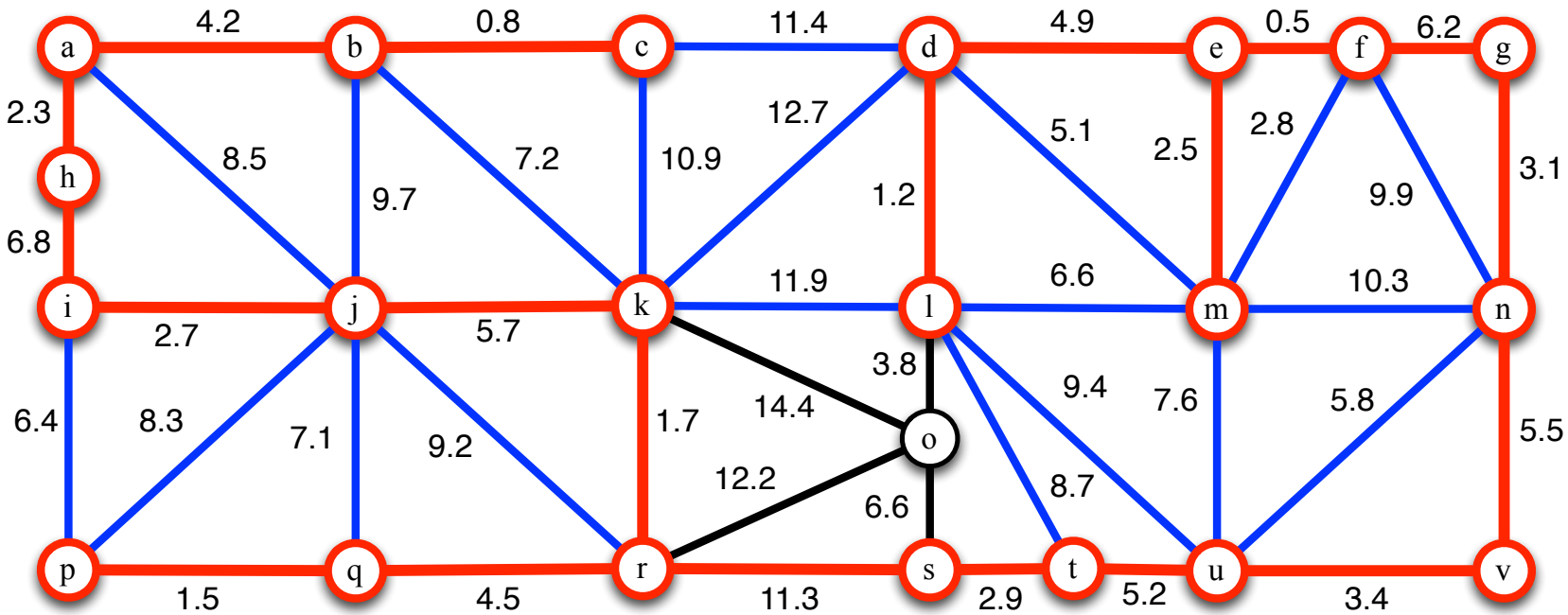
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



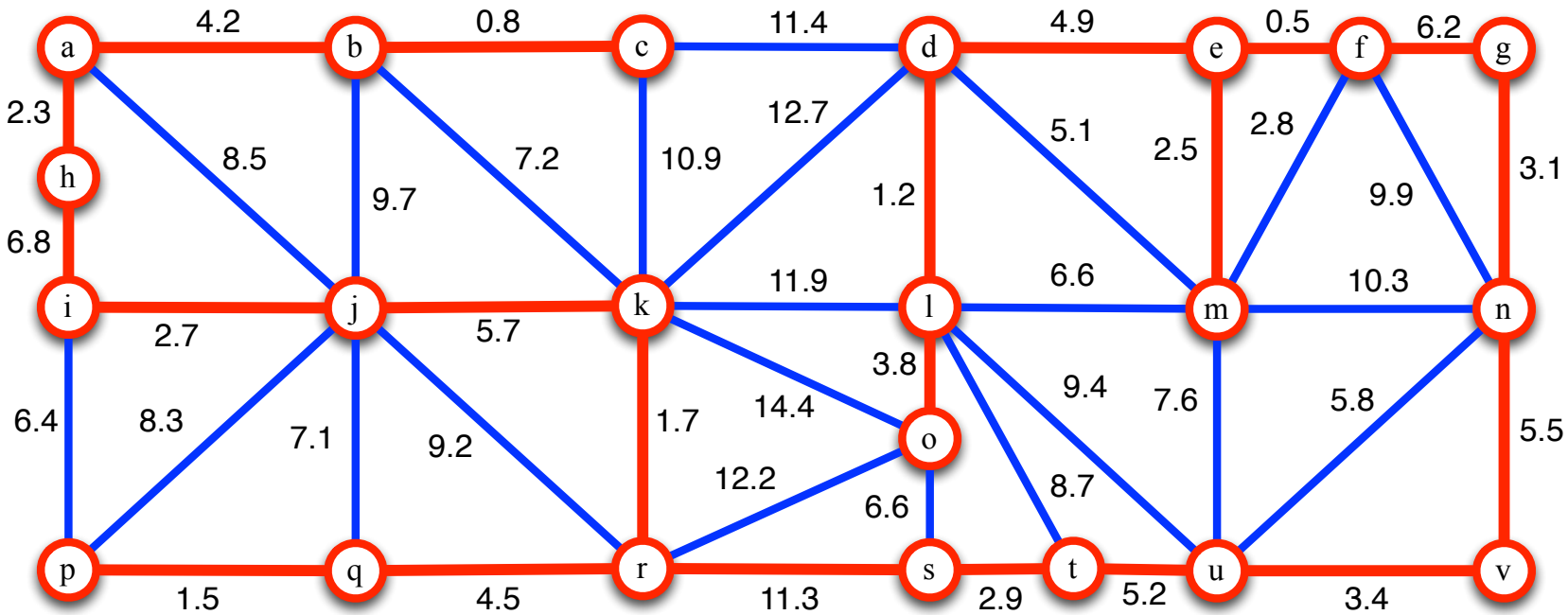
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



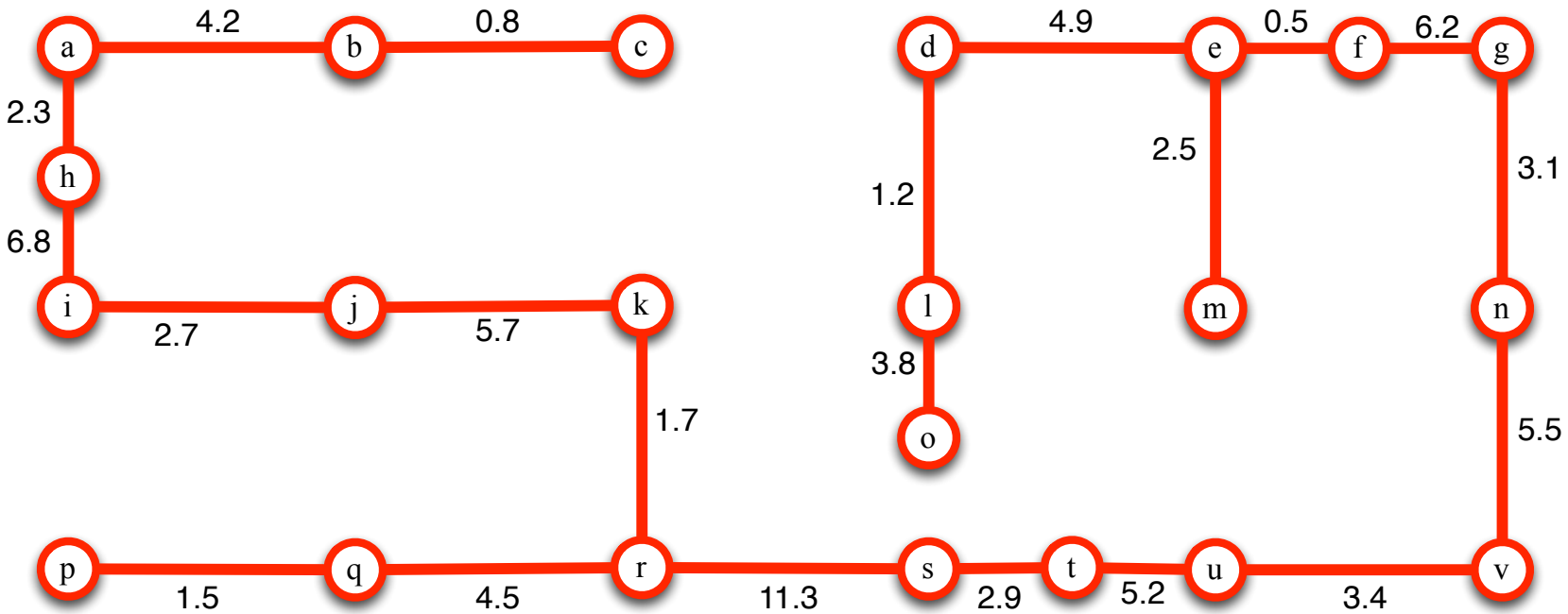
Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



Données : un ensemble de villes, coûts entre des villes (un graphe).
Objectif : trouver un sous-réseau (un sous-graphe) qui relie toutes les villes (pas nécessairement directement) et qui minimise le coût total de construction.



Découvrir les graphes

**Pas besoin de réfléchir,
les ordinateurs calculent tellement vite ?**

La magie des graphes et du binaire

Comment gagner aux jeux combinatoires

La Recherche

La magie des graphes et du binaire

Tour de cartes

Deviner une carte

Graphe de *de Bruijn*, chemin hamiltonien

Transmission de pensée

Deviner un mot, deviner un nombre...

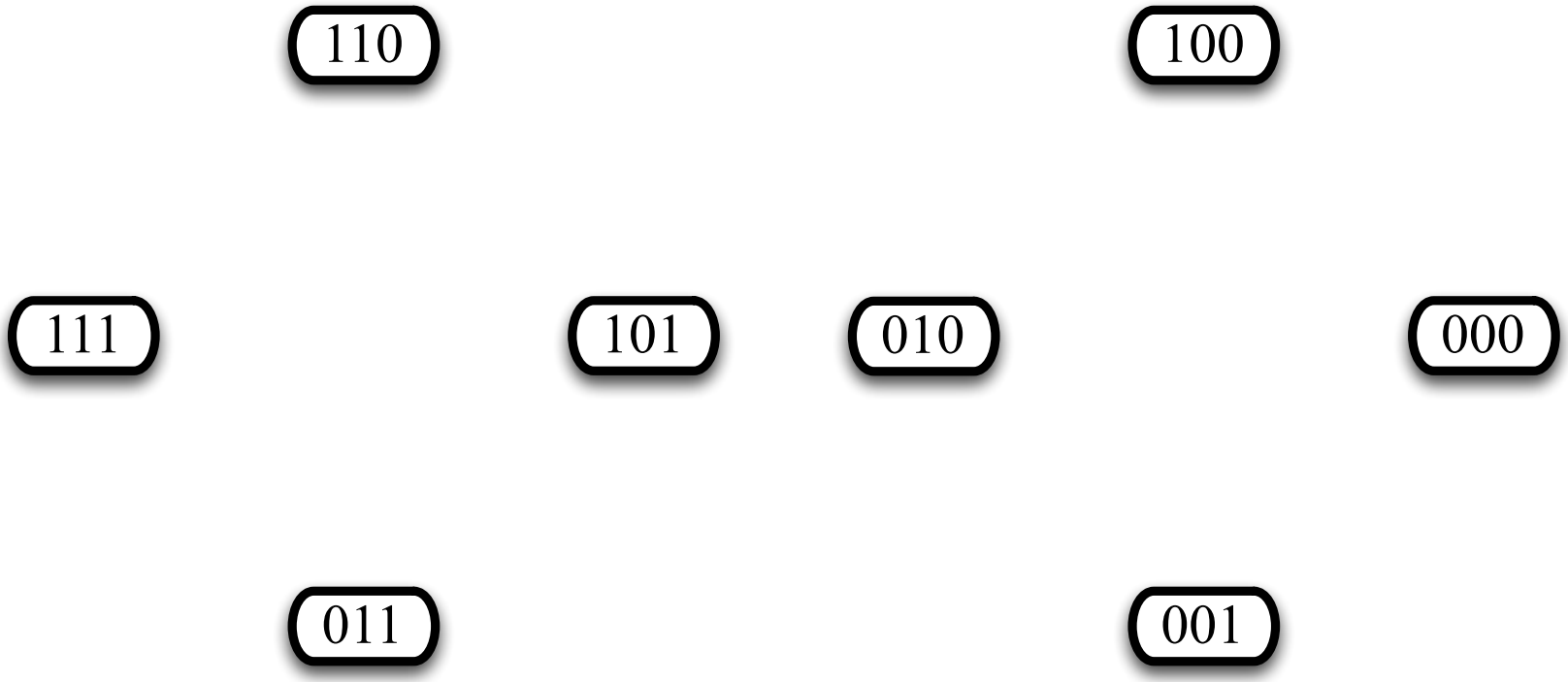
Compter en binaire

Codage des 8 cartes :

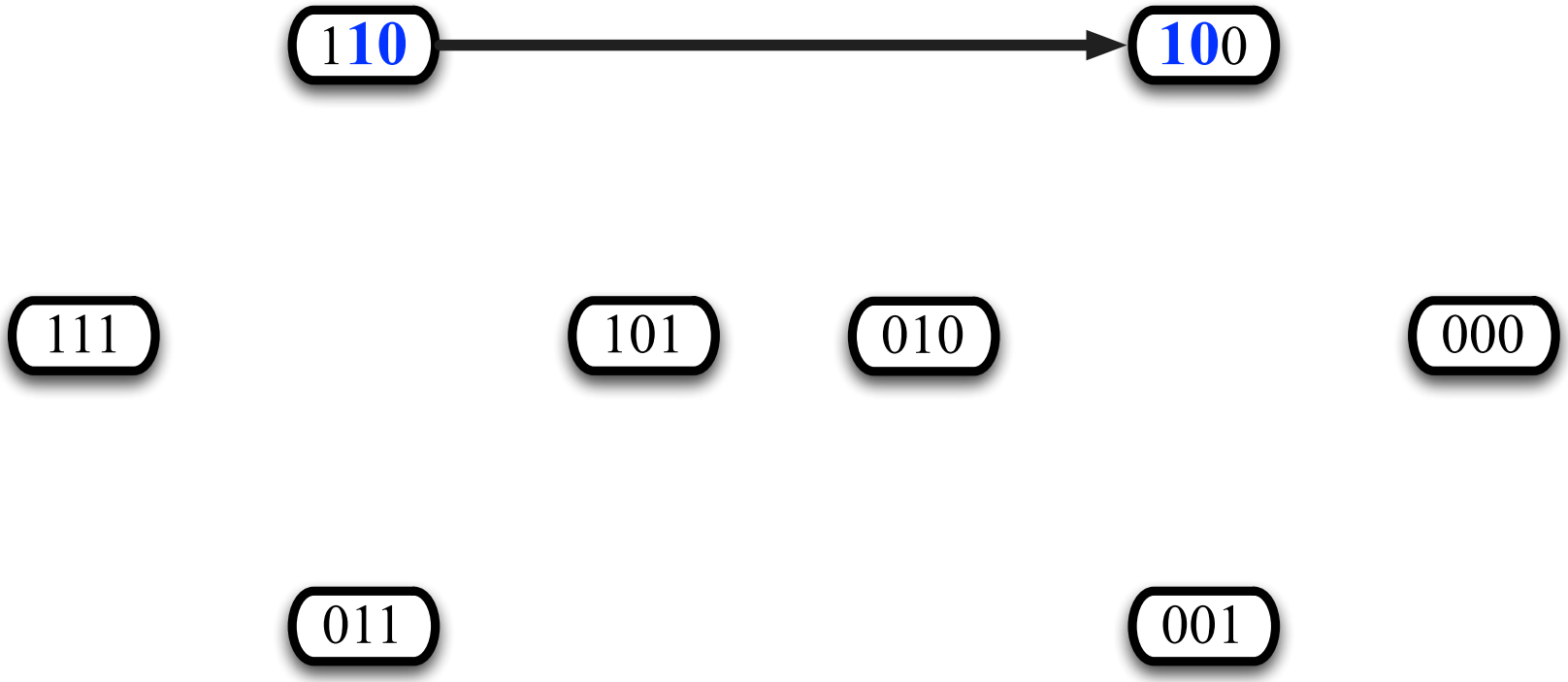
- 000 $\rightarrow$ dame de cœur
- 001 $\rightarrow$ roi de cœur
- 010 $\rightarrow$ dame de carreau
- 011 $\rightarrow$ roi de carreau
- 100 $\rightarrow$ dame de trèfle
- 101 $\rightarrow$ roi de trèfle
- 110 $\rightarrow$ dame de pique
- 111 $\rightarrow$ roi de pique

Une carte rouge commence par un 0.
Une carte noire commence par un 1.

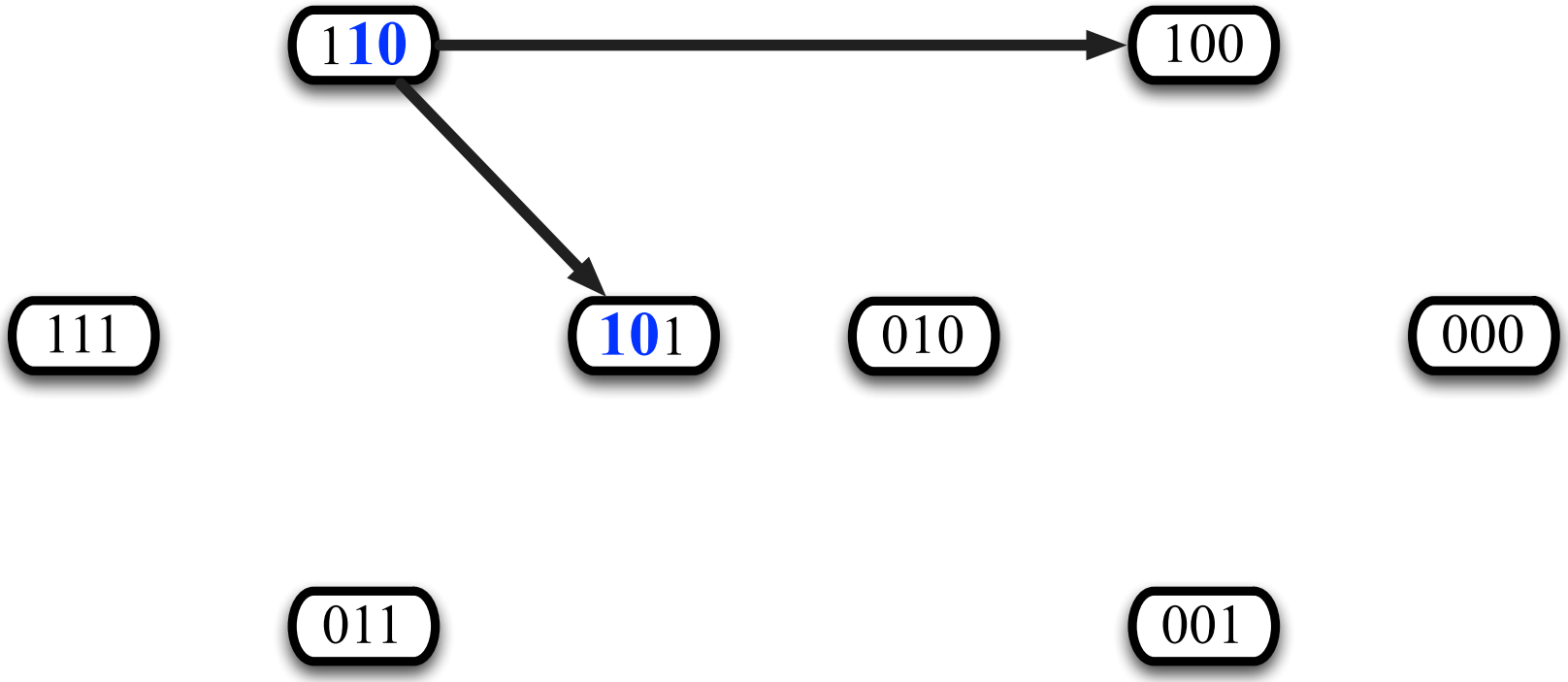
Nous construisons un graphe de *de Bruijn*.



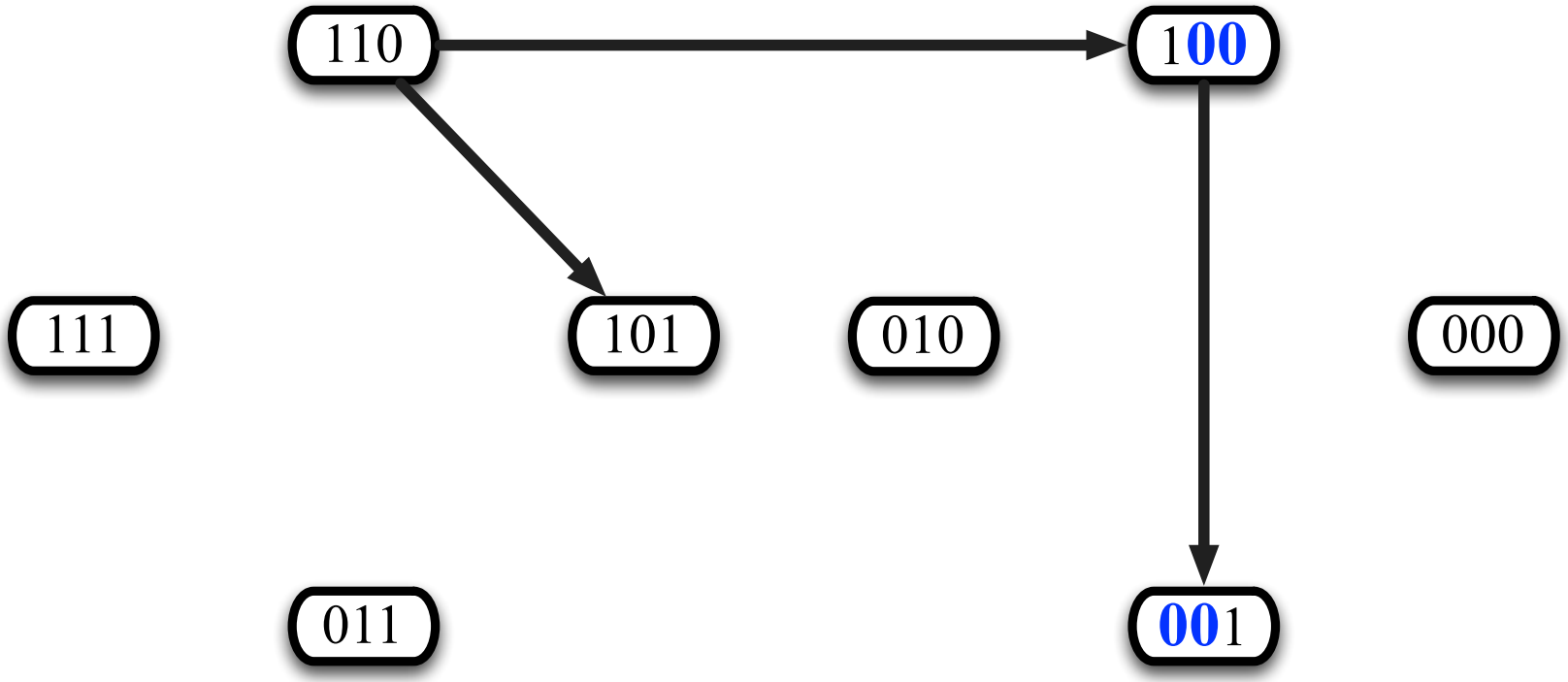
Nous construisons un graphe de *de Bruijn*.



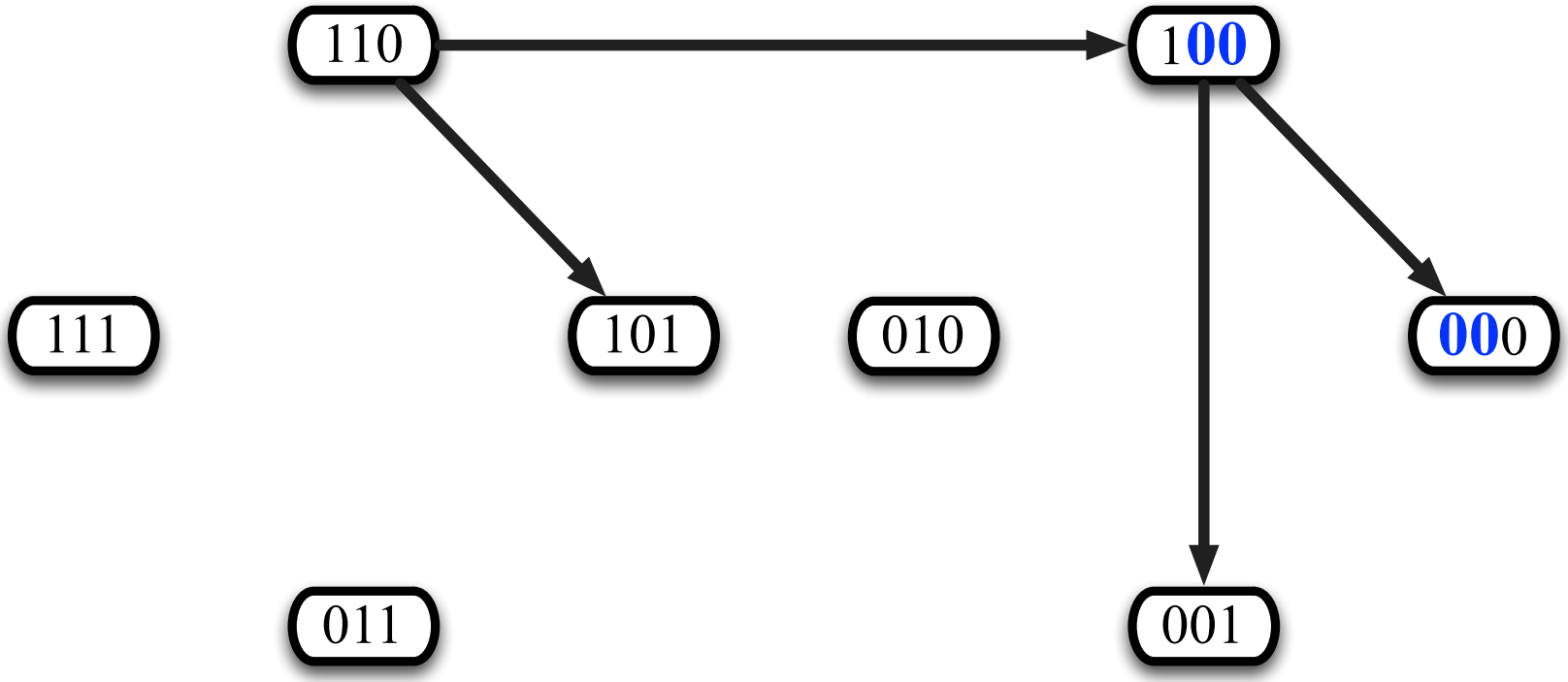
Nous construisons un graphe de *de Bruijn*.



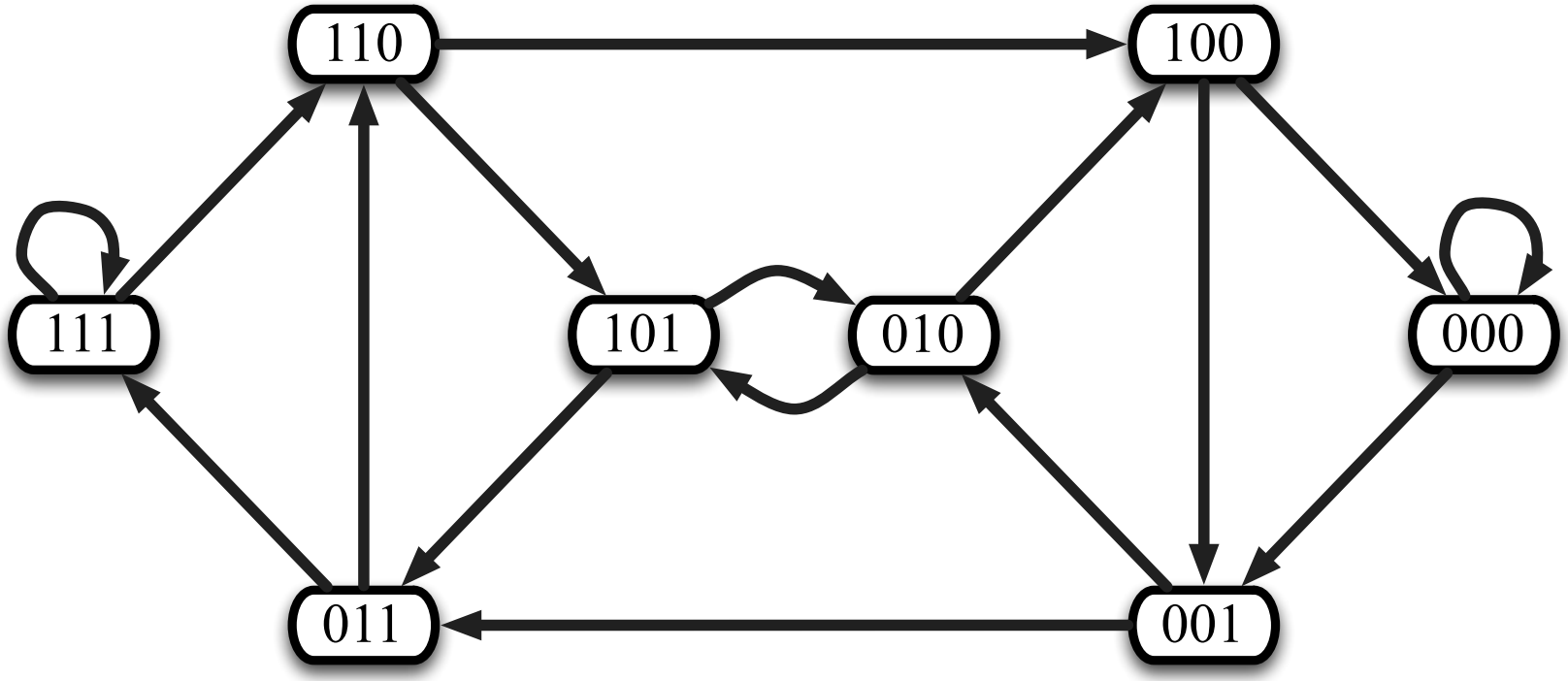
Nous construisons un graphe de *de Bruijn*.



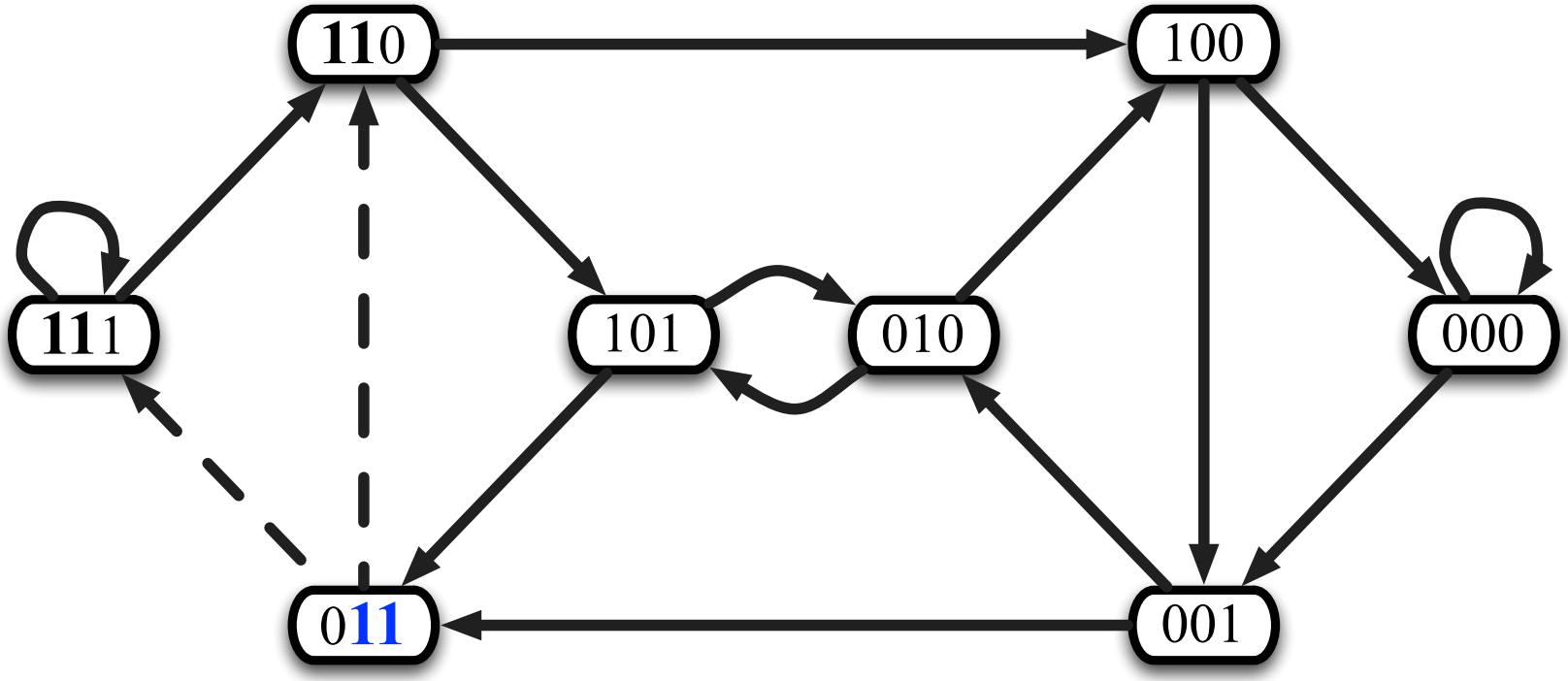
Nous construisons un graphe de *de Bruijn*.



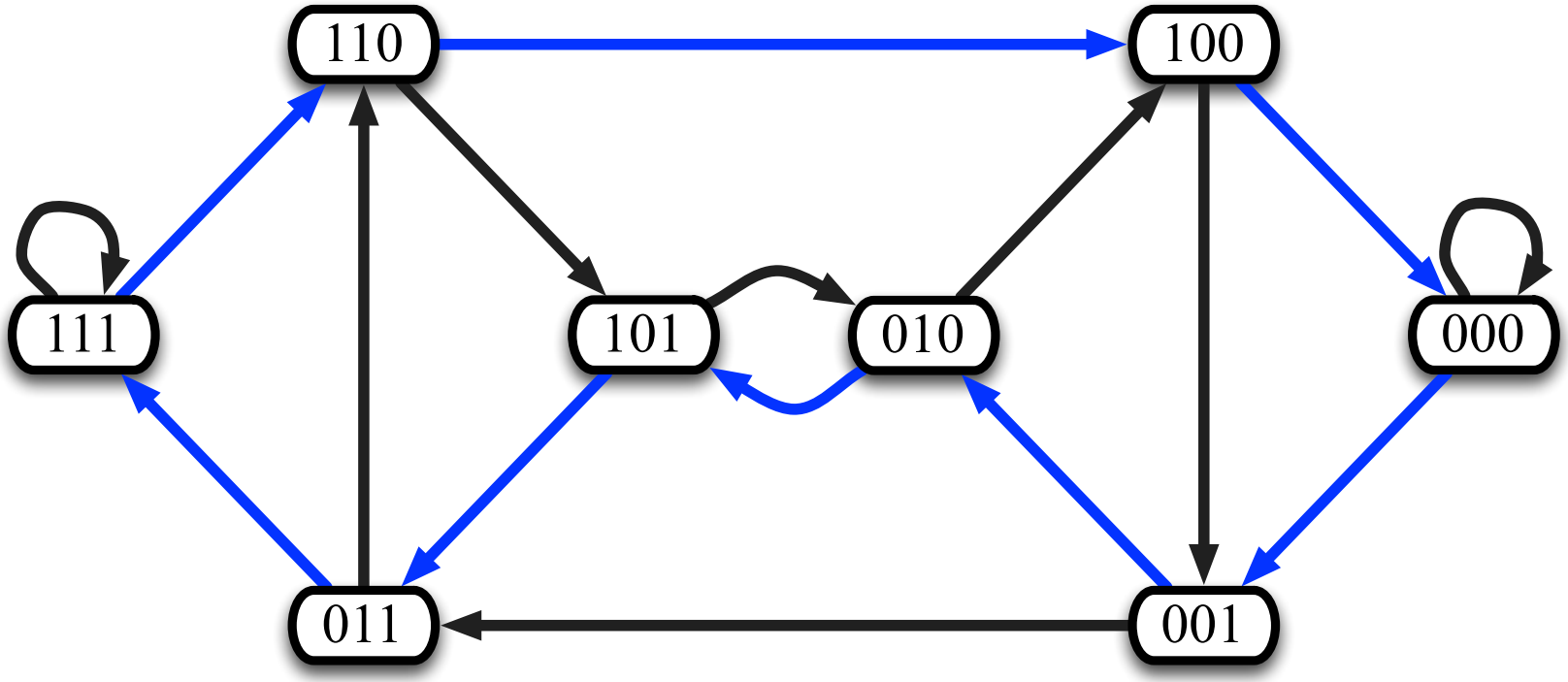
Nous construisons un graphe de *de Bruijn*.



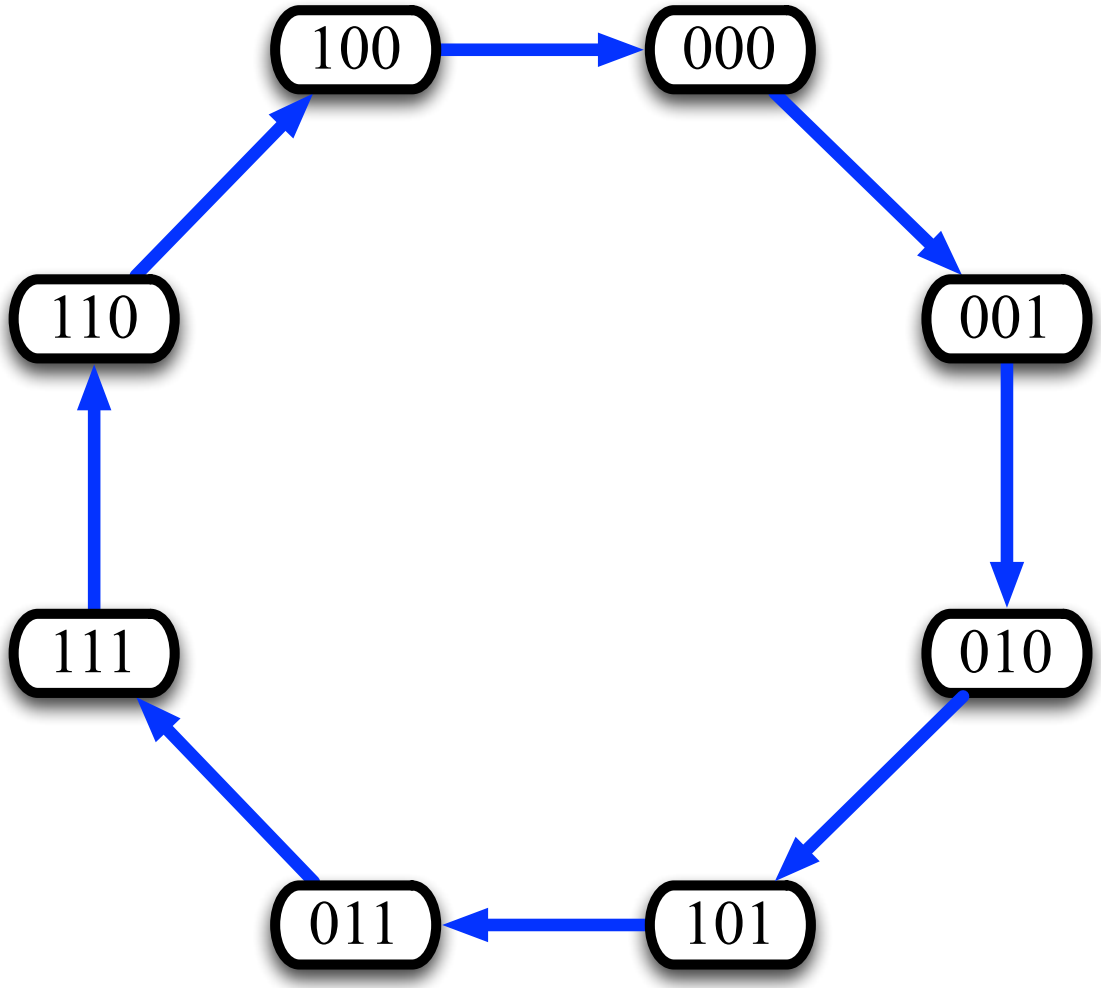
Nous construisons un graphe de *de Bruijn*.



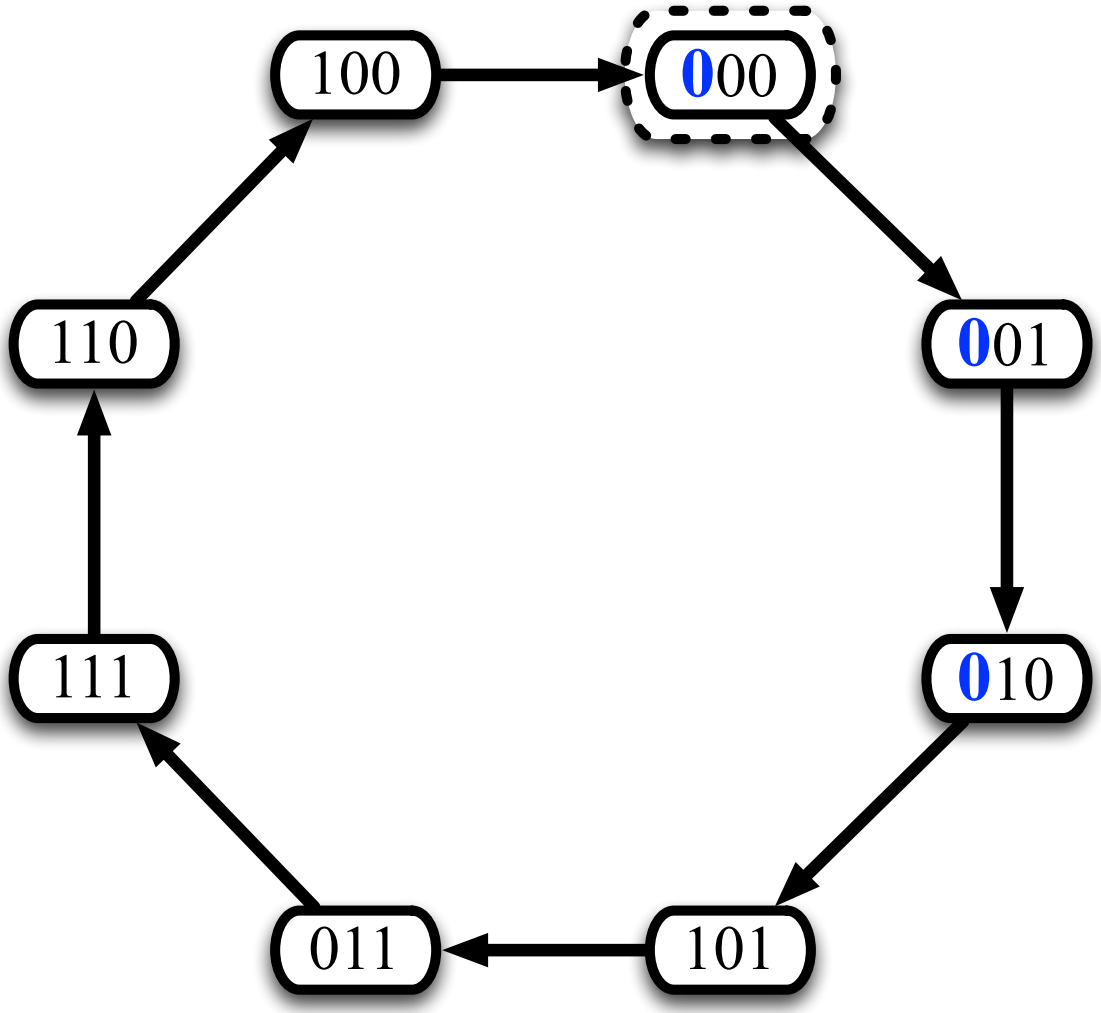
Il existe un circuit hamiltonien.
(circuit passant par tous les sommets une fois et une seule)



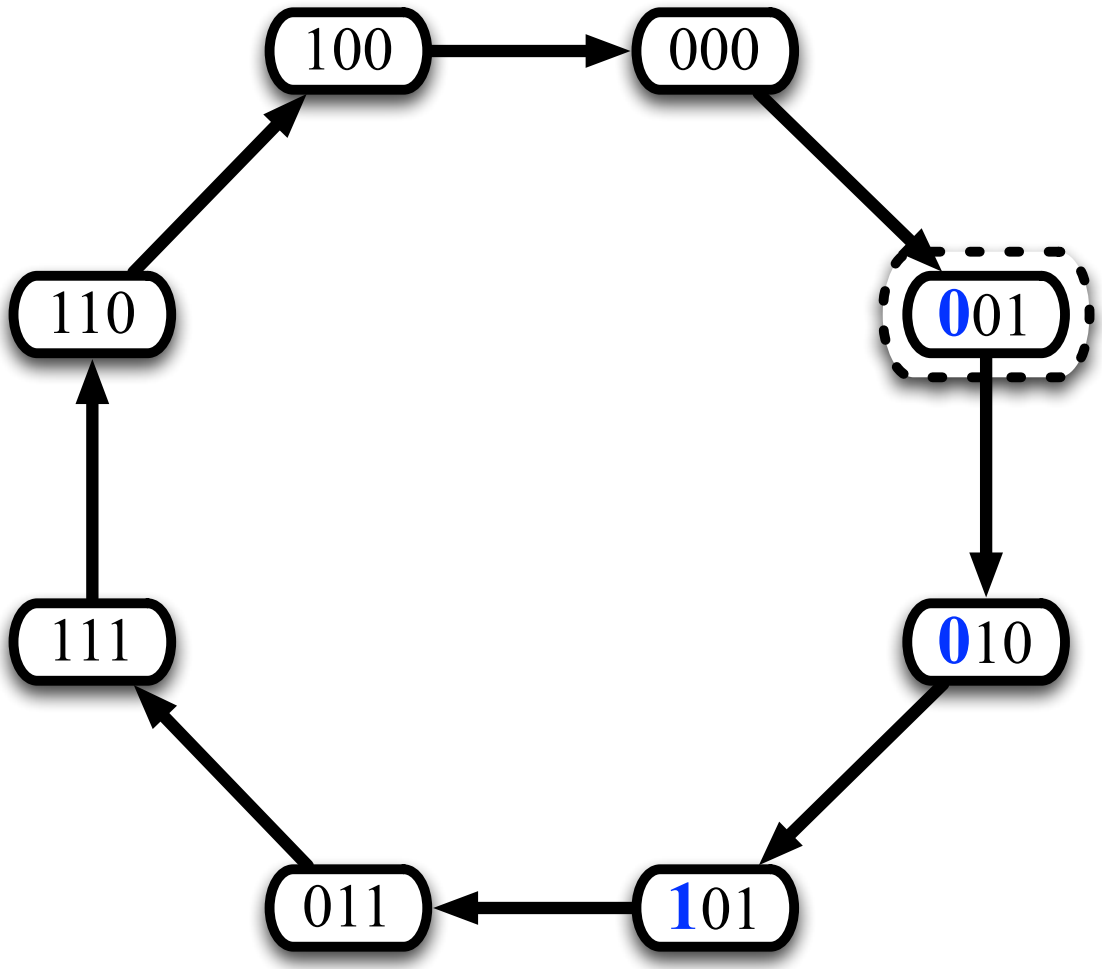
Propriétés du circuit.



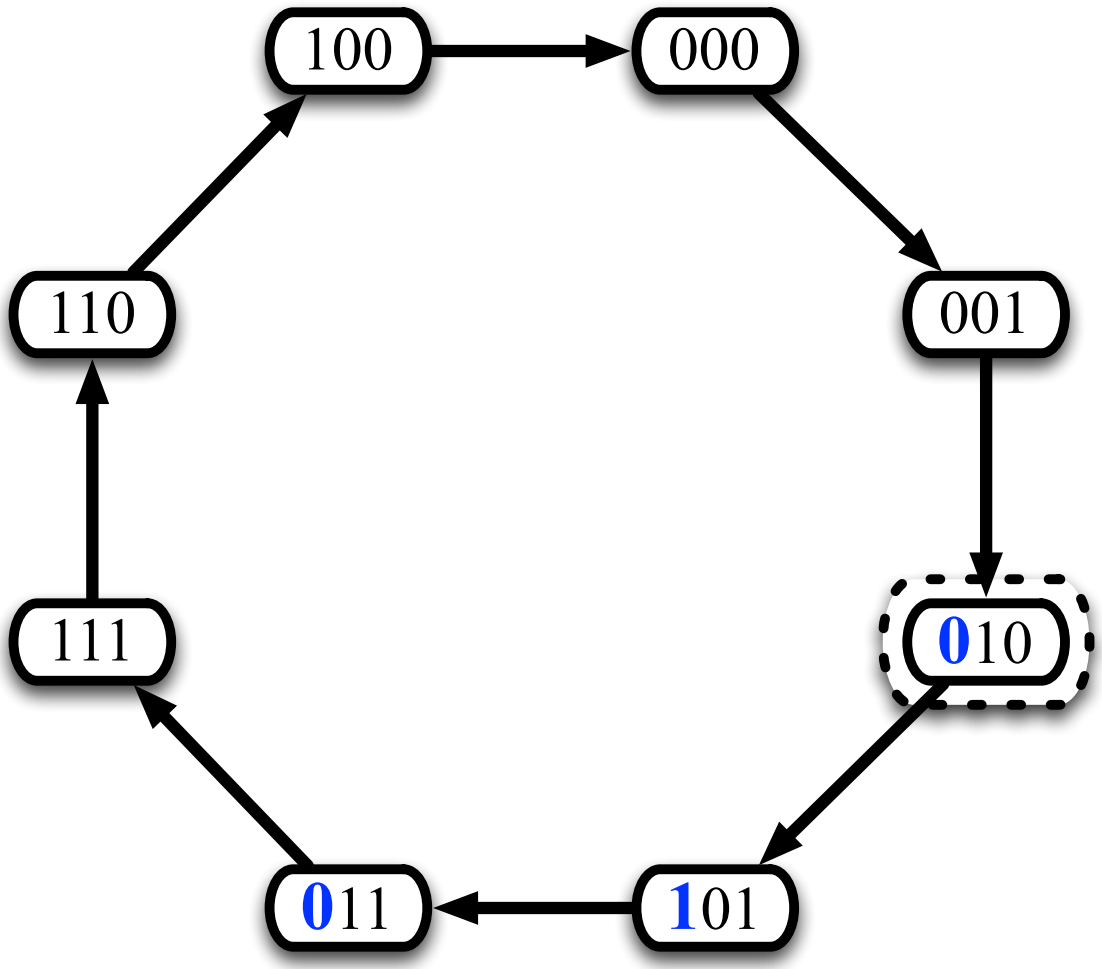
Propriétés du circuit.



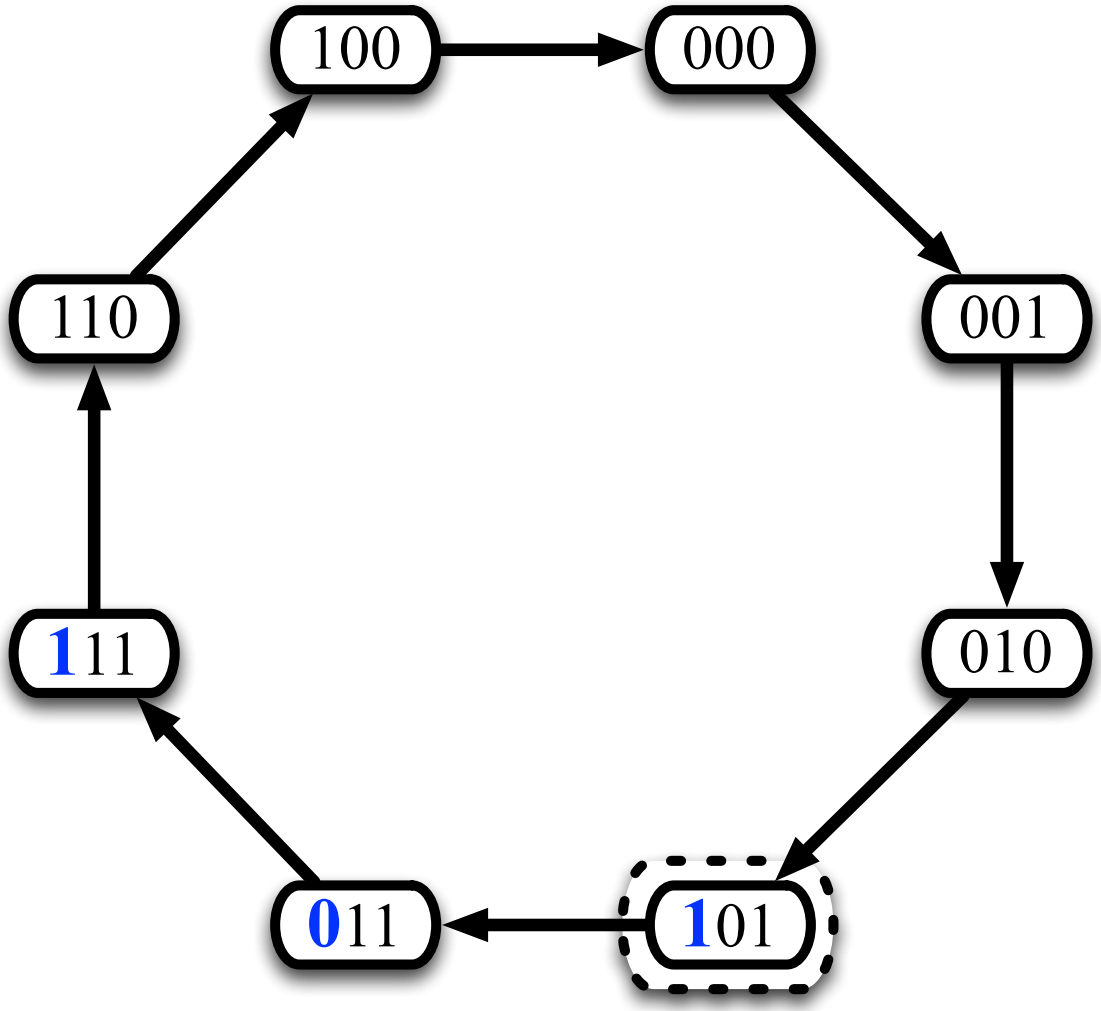
Propriétés du circuit.



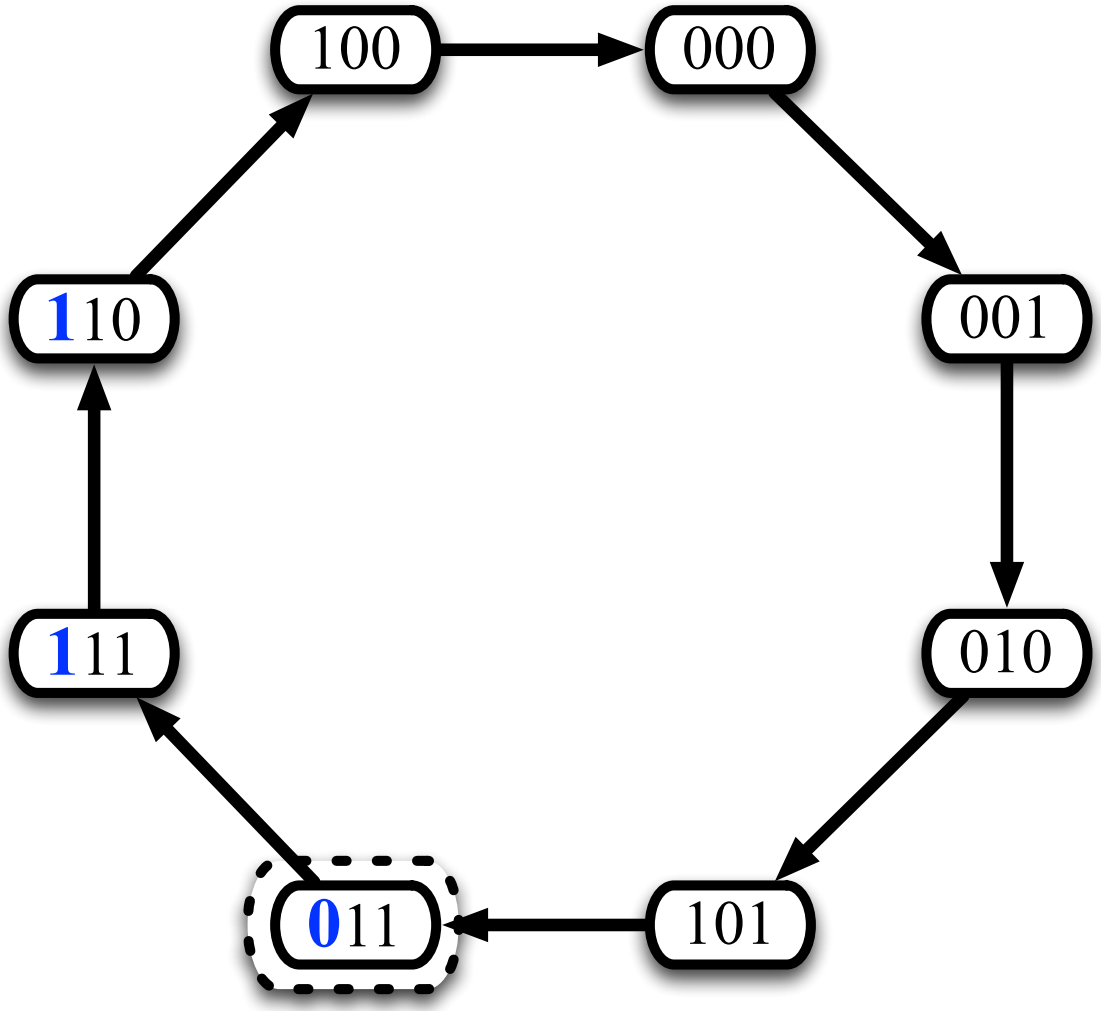
Propriétés du circuit.



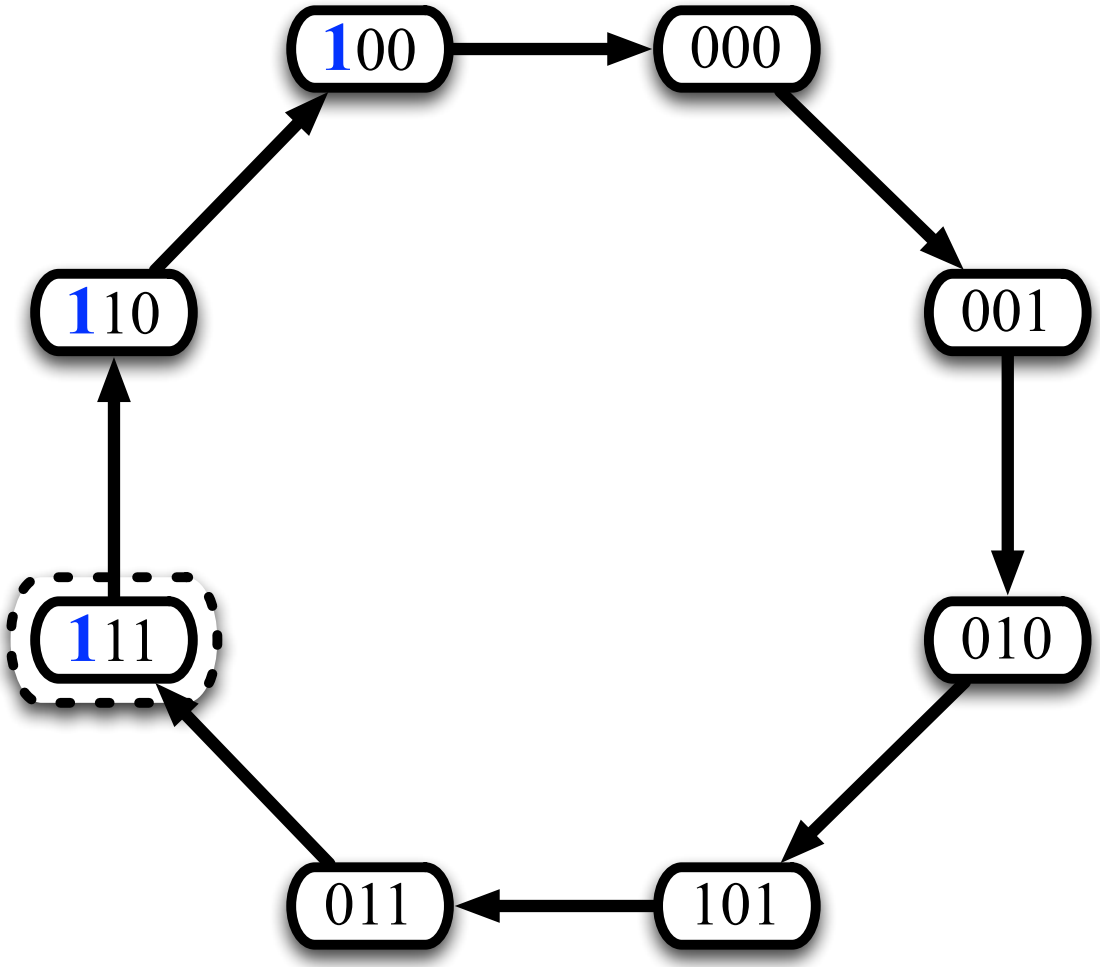
Propriétés du circuit.



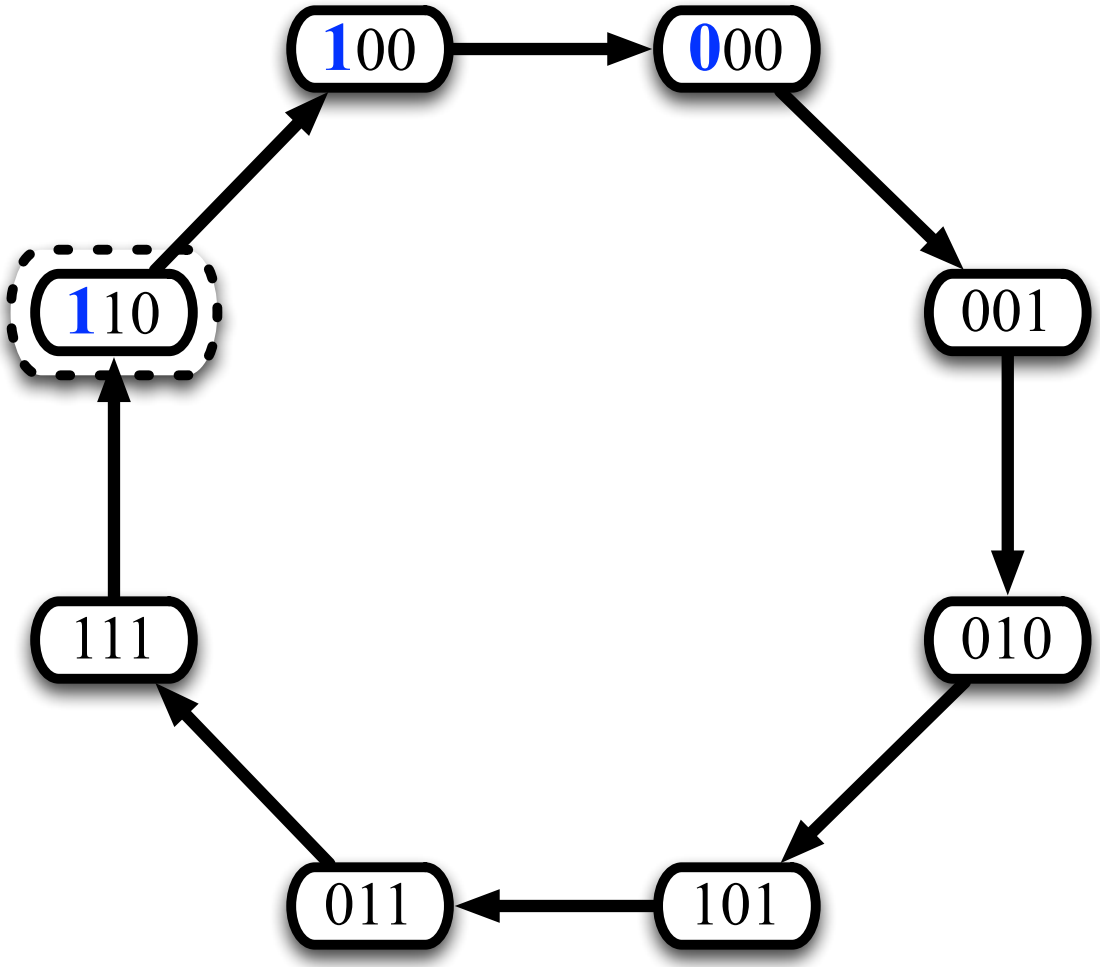
Propriétés du circuit.



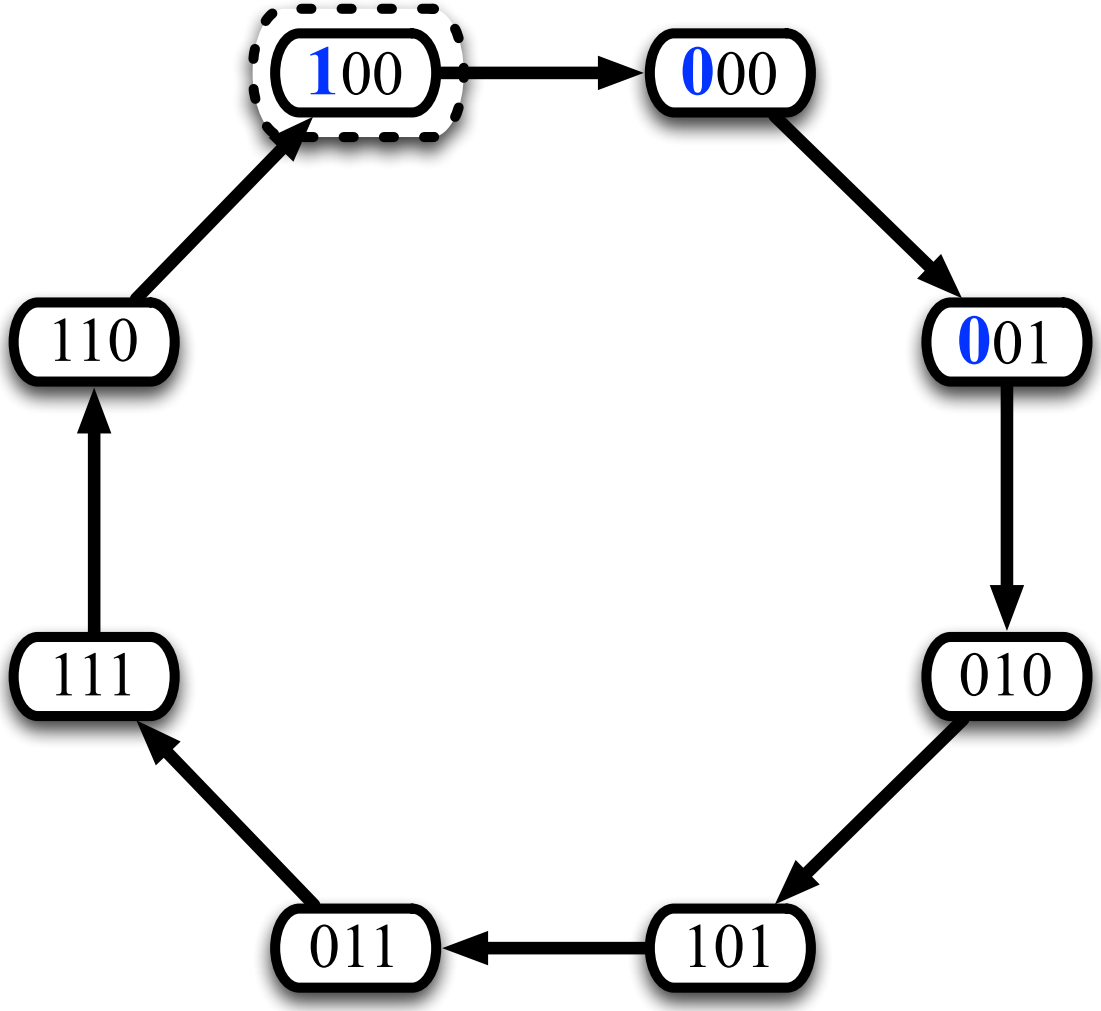
Propriétés du circuit.



Propriétés du circuit.



Propriétés du circuit.

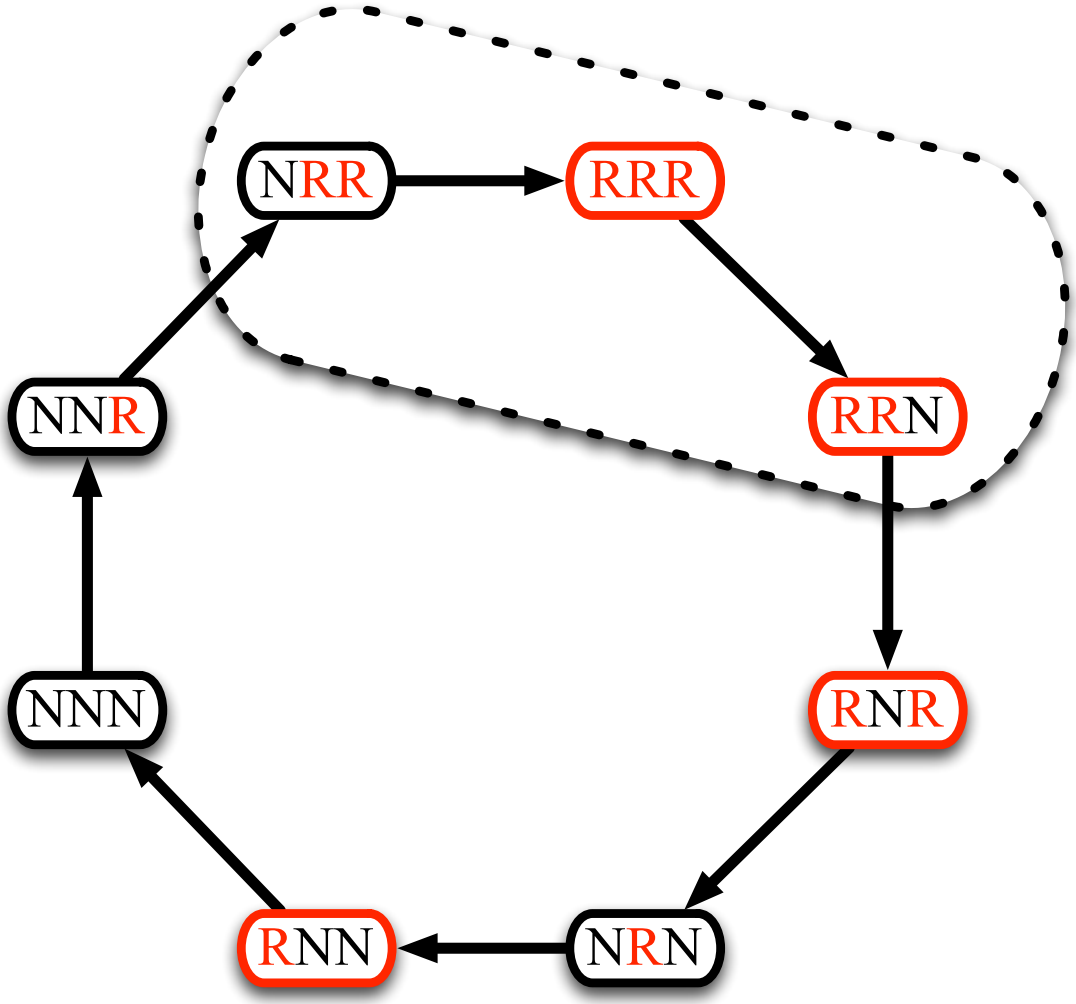


Codage des 8 cartes :

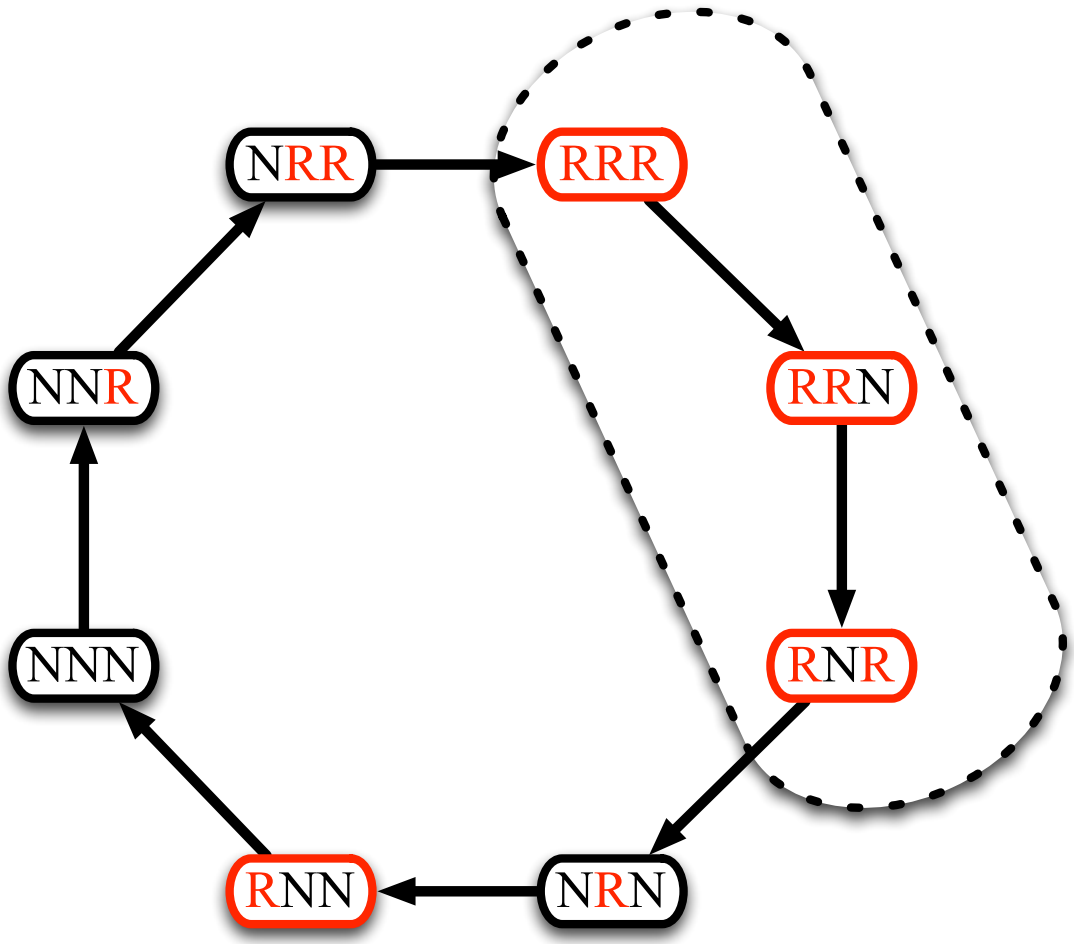
- RRR $\rightarrow$ 000 $\rightarrow$ dame de cœur
- RRN $\rightarrow$ 001 $\rightarrow$ roi de cœur
- RNR $\rightarrow$ 010 $\rightarrow$ dame de carreau
- RNN $\rightarrow$ 011 $\rightarrow$ roi de carreau
- NRR $\rightarrow$ 100 $\rightarrow$ dame de trèfle
- NRN $\rightarrow$ 101 $\rightarrow$ roi de trèfle
- NNR $\rightarrow$ 110 $\rightarrow$ dame de pique
- NNN $\rightarrow$ 111 $\rightarrow$ roi de pique

Une carte rouge commence par un R.
Une carte noire commence par un N.

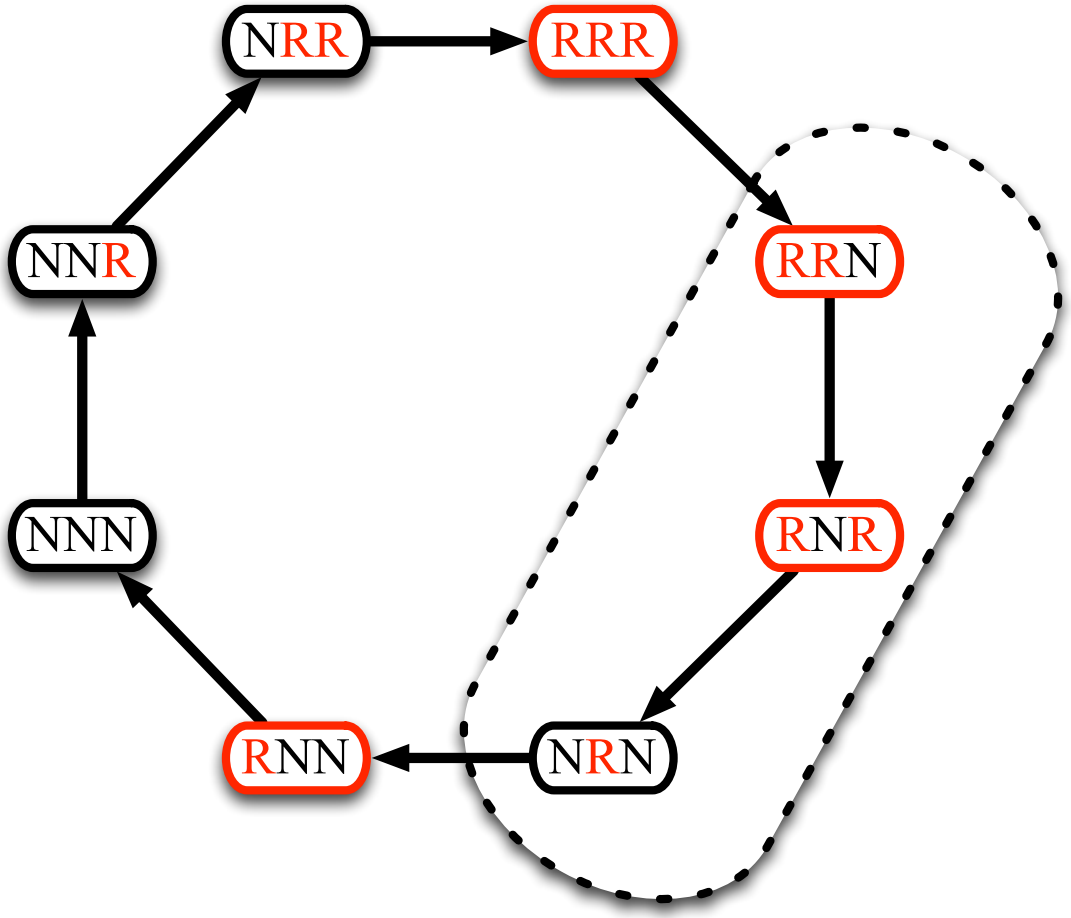
Le secret...



Le secret...



Le secret...



Nous avons nos trois cartes.

- RRR $\rightarrow$ 000 $\rightarrow$ dame de cœur
- RRN $\rightarrow$ 001 $\rightarrow$ roi de cœur
- RNR $\rightarrow$ 010 $\rightarrow$ dame de carreau
- RNN $\rightarrow$ 011 $\rightarrow$ roi de carreau
- NRR $\rightarrow$ 100 $\rightarrow$ dame de trèfle
- NRN $\rightarrow$ 101 $\rightarrow$ roi de trèfle
- NNR $\rightarrow$ 110 $\rightarrow$ dame de pique
- NNN $\rightarrow$ 111 $\rightarrow$ roi de pique

Nous avons nos trois cartes.

- RRR $\rightarrow$ 000 $\rightarrow$ dame de cœur
- RRN $\rightarrow$ 001 $\rightarrow$ roi de cœur
- RNR $\rightarrow$ 010 $\rightarrow$ dame de carreau
- RNN $\rightarrow$ 011 $\rightarrow$ roi de carreau
- NRR $\rightarrow$ 100 $\rightarrow$ dame de trèfle
- NRN $\rightarrow$ 101 $\rightarrow$ roi de trèfle
- NNR $\rightarrow$ 110 $\rightarrow$ dame de pique
- NNN $\rightarrow$ 111 $\rightarrow$ roi de pique

Nous avons nos trois cartes.

- RRR $\rightarrow$ 000 $\rightarrow$ dame de cœur
- RRN $\rightarrow$ 001 $\rightarrow$ roi de cœur
- RNR $\rightarrow$ 010 $\rightarrow$ dame de carreau
- RNN $\rightarrow$ 011 $\rightarrow$ roi de carreau
- **NRR $\rightarrow$ 100 $\rightarrow$ dame de trèfle**
- NRN $\rightarrow$ 101 $\rightarrow$ roi de trèfle
- NNR $\rightarrow$ 110 $\rightarrow$ dame de pique
- NNN $\rightarrow$ 111 $\rightarrow$ roi de pique

Comment ranger les cartes ?

Posez les cartes avec leurs faces visibles dans cet ordre :
- roi de carreau
- roi pique
- dame de pique
- dame de trèfle
- dame de cœur
- roi de cœur
- dame de carreau
- roi de trèfle.

Retournez maintenant le jeu de cartes pour ne plus voir leurs valeurs. Vérifiez que la carte du dessus est le roi de carreau.

Le tour est prêt. Vous pouvez couper le jeu autant de fois que vous voulez (mais il ne faut pas le mélanger).

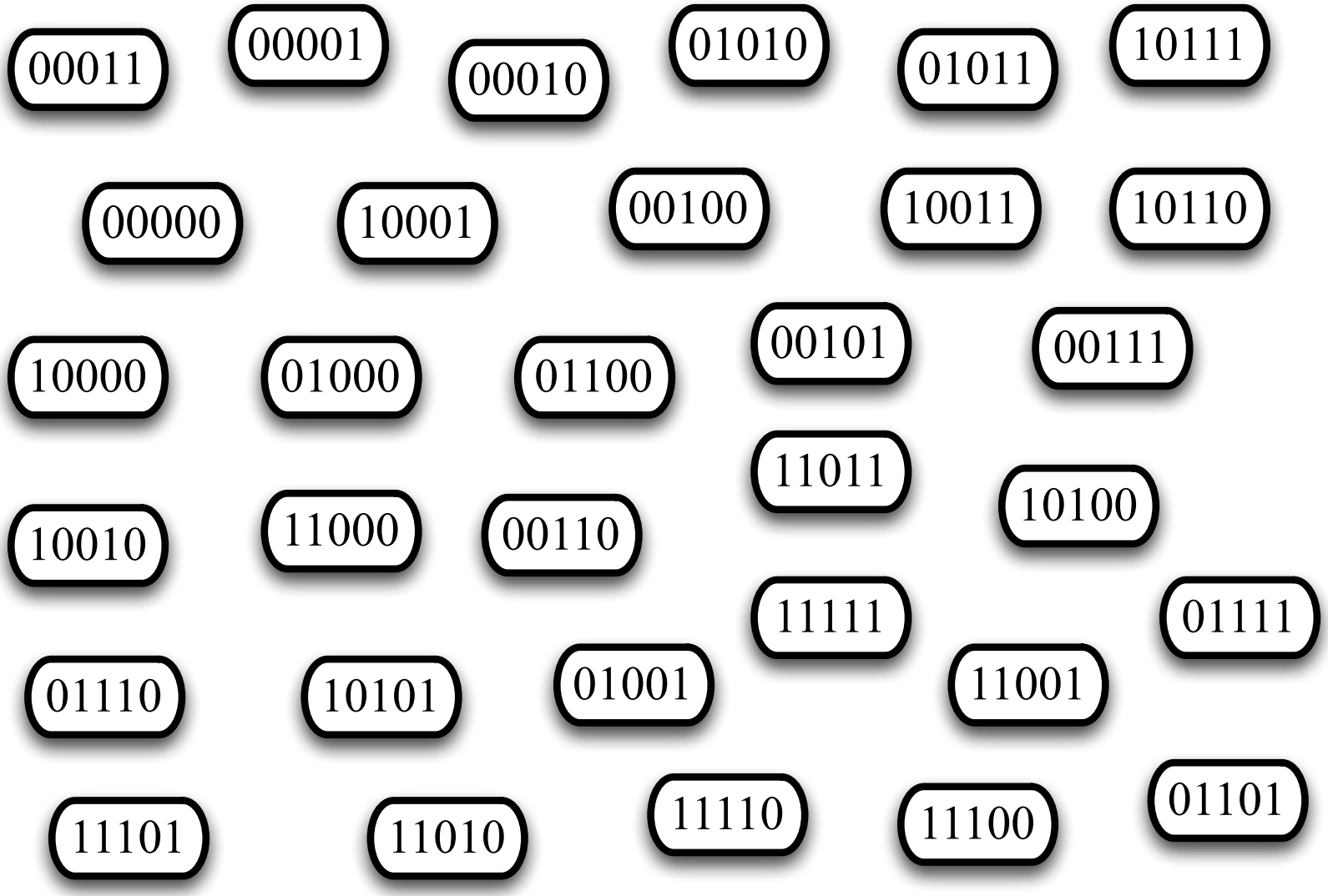
Codage des 32 cartes :

- 00 $\rightarrow$ cœur
- 01 $\rightarrow$ carreau
- 10 $\rightarrow$ trèfle
- 11 $\rightarrow$ pique

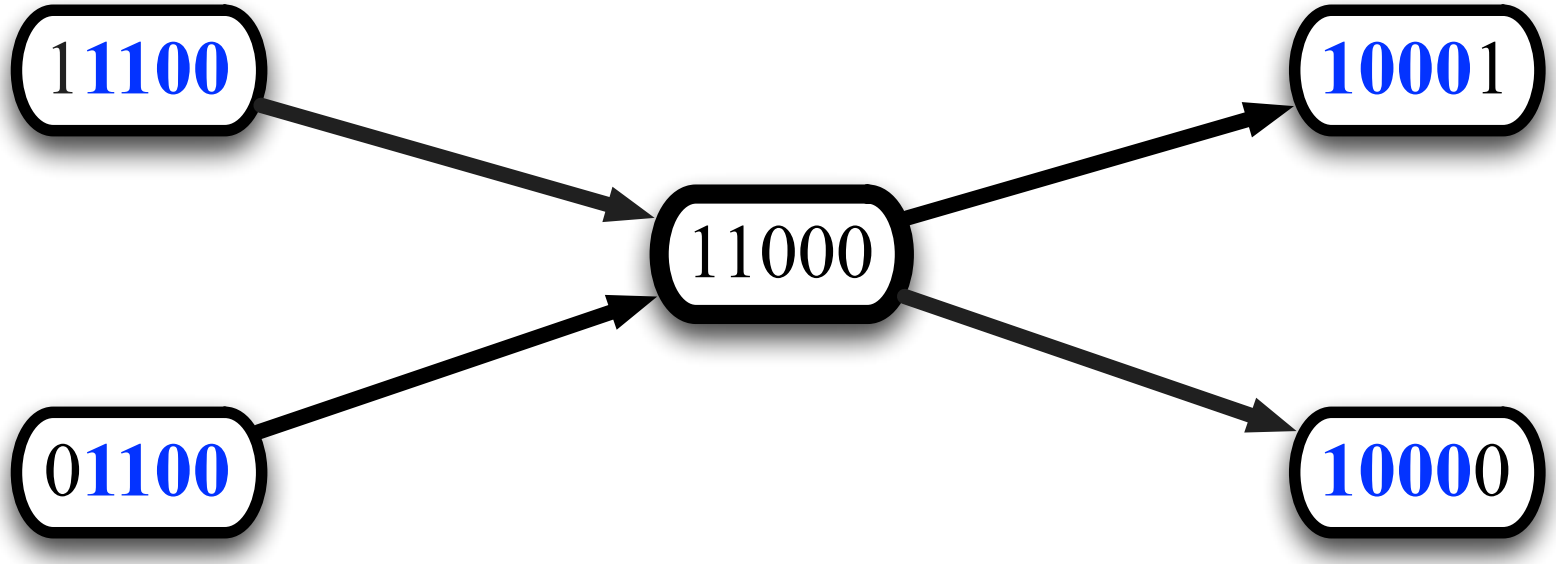
000 $\rightarrow$ as
001 $\rightarrow$ 7
010 $\rightarrow$ 8
011 $\rightarrow$ 9
100 $\rightarrow$ 10
101 $\rightarrow$ valet
110 $\rightarrow$ dame
111 $\rightarrow$ roi

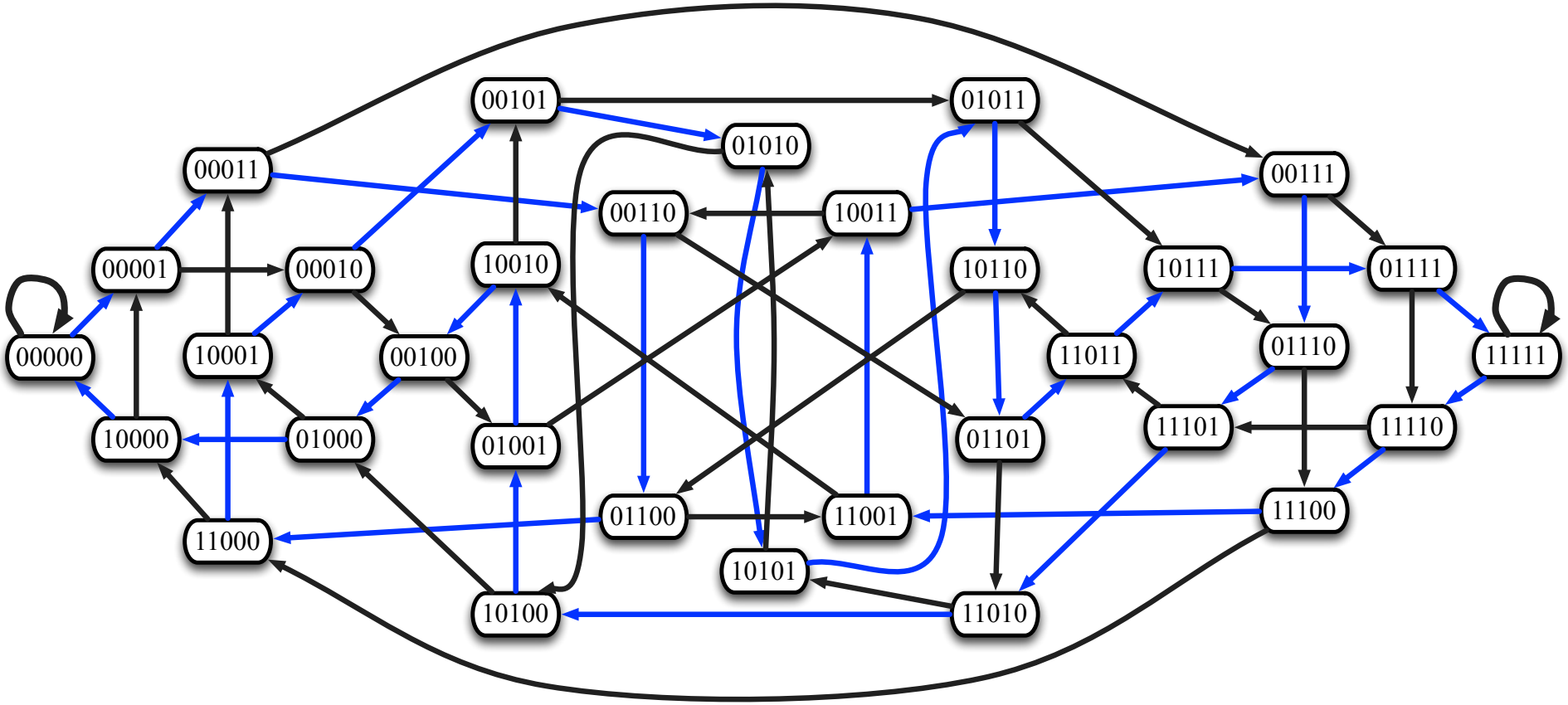
Exemples : 10011 $\rightarrow$ 9 de trèfle
01101 $\rightarrow$ valet de carreau
11000 $\rightarrow$ as de pique

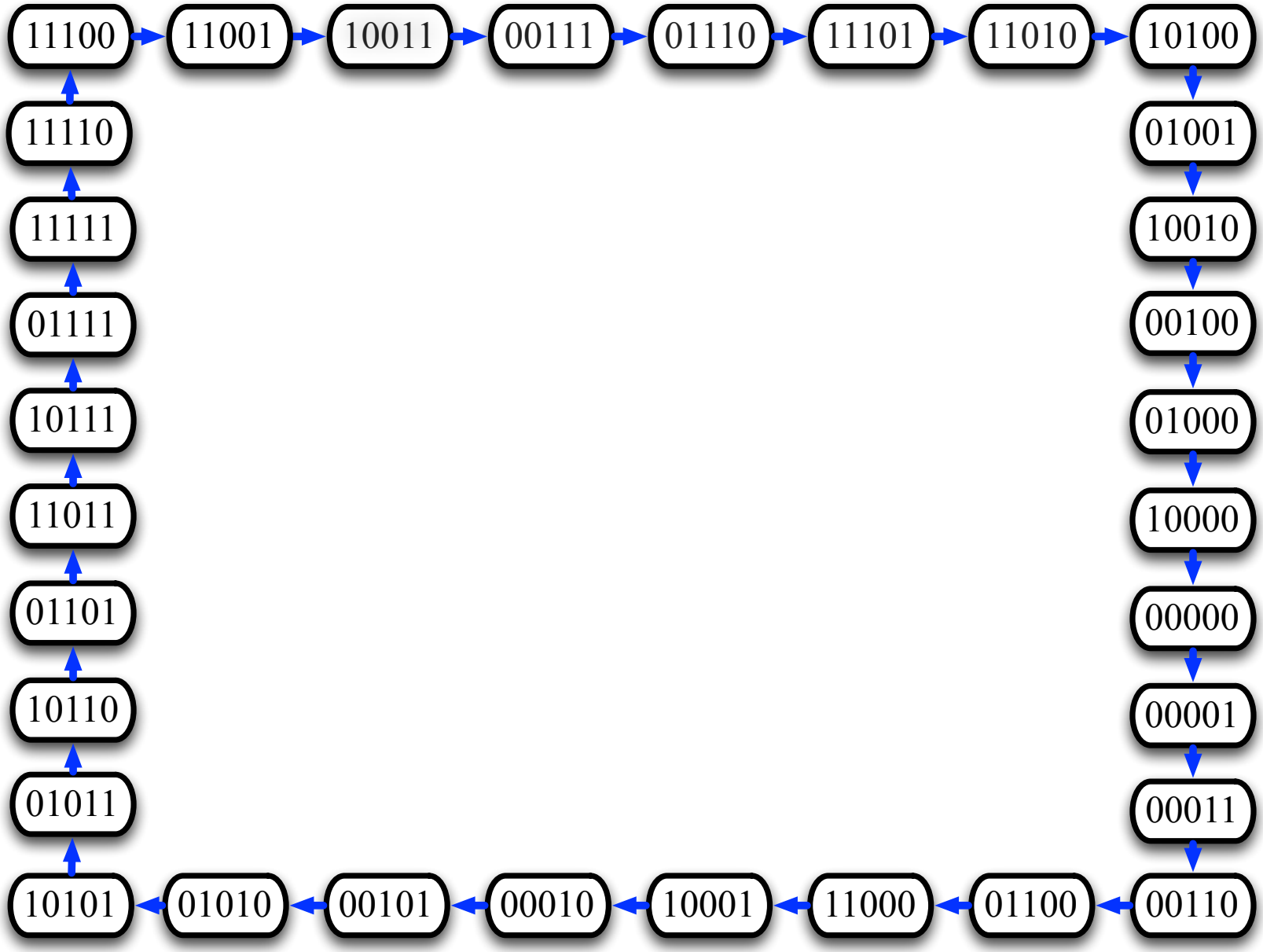
Une carte rouge commence par un 0. Une carte noire commence par un 1.

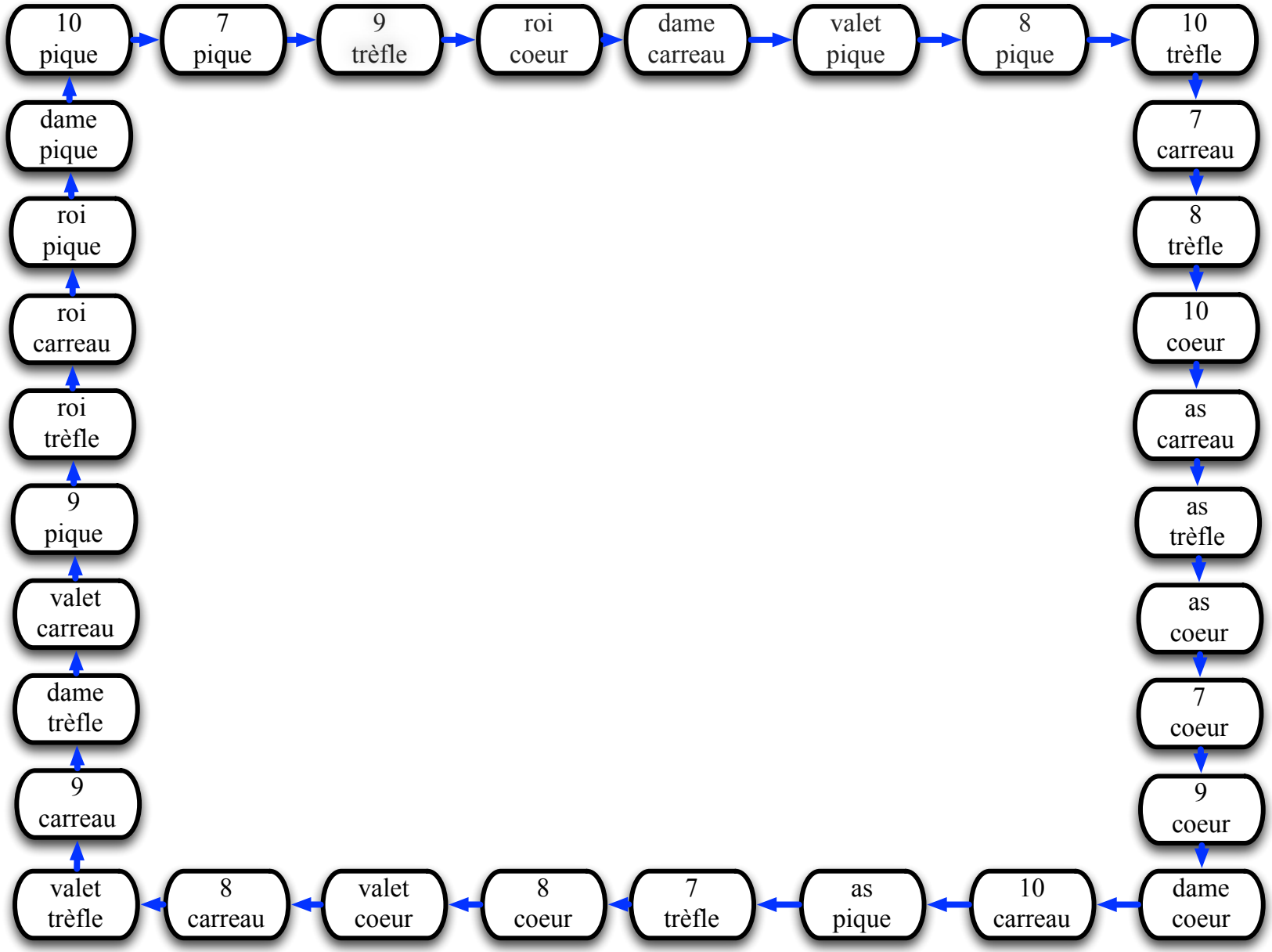

00011
00001
00010
01010
01011
10111
00000
10001
00100
10011
10110
10000
01000
01100
00101
00111
11011
10100
10010
11000
00110
11111
01111
01110
10101
01001
11001
11101
11010
11110
11100
01101

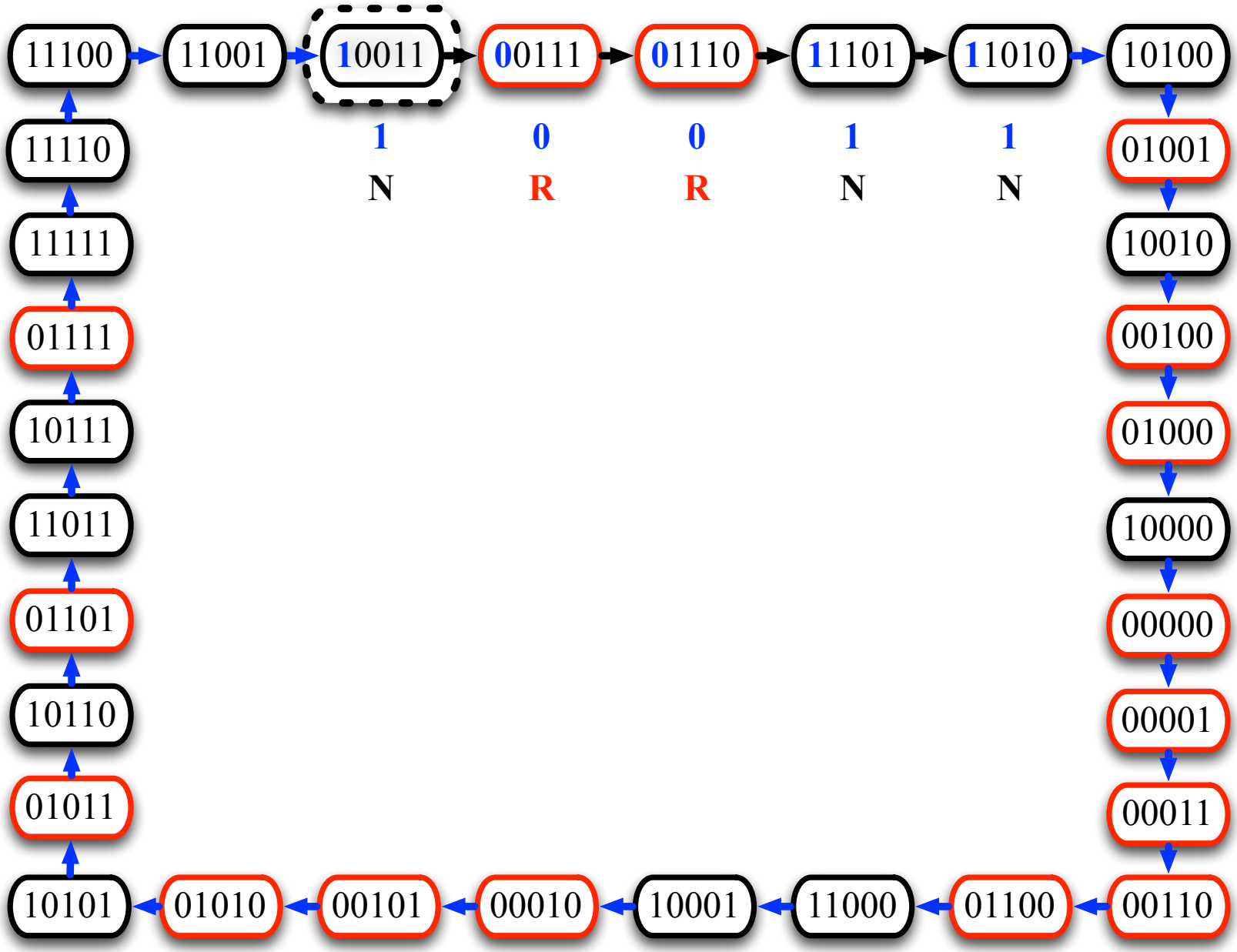
Nous construisons un graphe de *de Bruijn*.

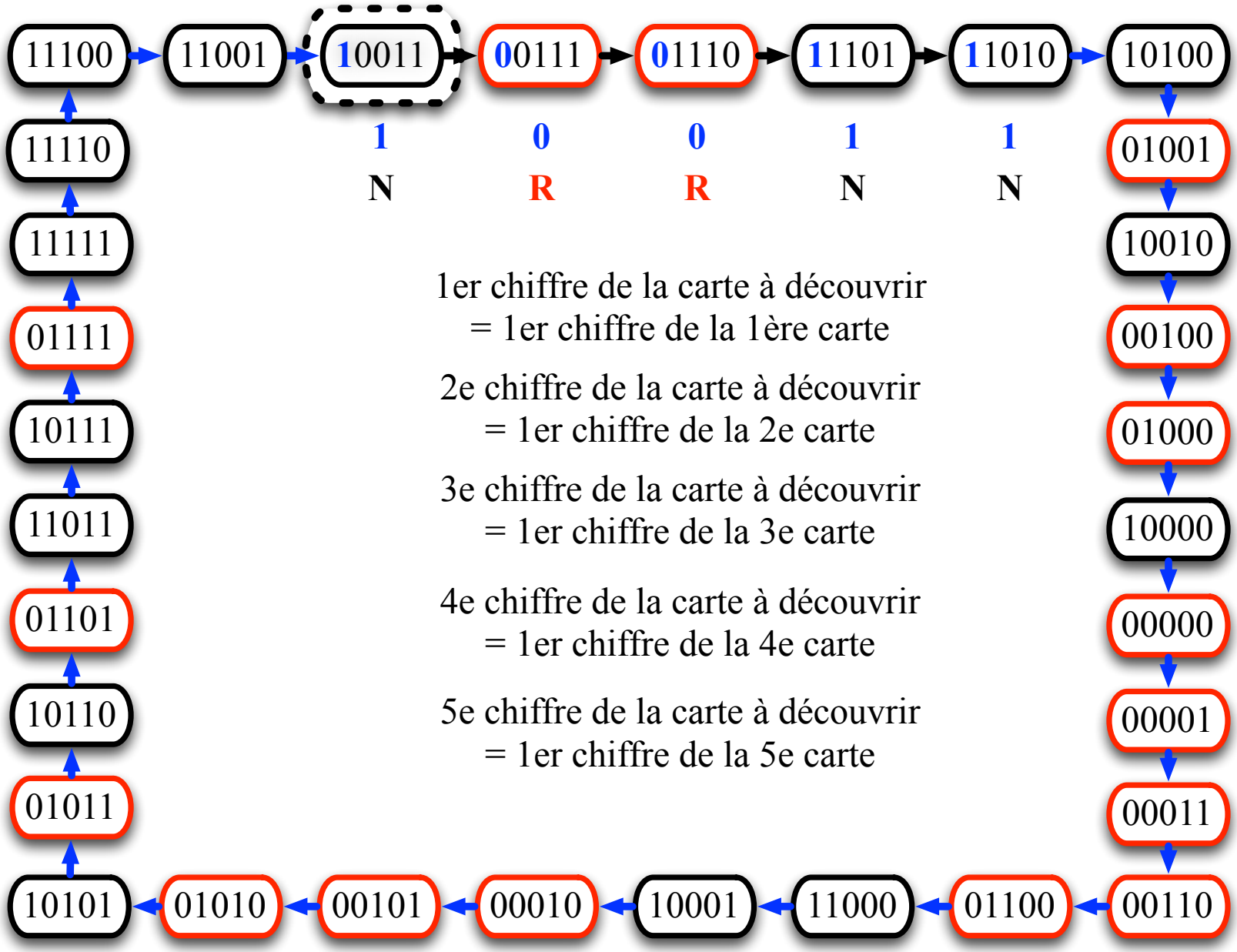



00000
00001
00010
00011
00100
00101
00110
00111
01000
01001
01010
01011
01100
01101
01110
01111
10000
10001
10010
10011
10100
10101
10110
10111
11000
11001
11010
11011
11100
11101
11110
11111


11100
11001
10011
00111
01110
11101
11010
10100
11110
01001
11111
10010
01111
00100
10111
01000
11011
10000
01101
00000
10110
00001
01011
00011
10101
01010
00101
00010
10001
11000
01100
00110


10 pique
7 pique
9 trèfle
roi coeur
dame carreau
valet pique
8 pique
10 trèfle
7 carreau
8 trèfle
10 coeur
as carreau
as trèfle
as coeur
7 coeur
9 coeur
dame coeur
10 carreau
as pique
7 trèfle
8 coeur
valet coeur
8 carreau
valet trèfle
9 carreau
dame trèfle
valet carreau
9 pique
roi trèfle
roi carreau
roi pique
dame pique


11100
11001
10011
00111
01110
11101
11010
10100
1
0
0
1
1
N
R
R
N
N
11110
11111
01111
10111
11011
01101
10110
01011
10101
01010
00101
00010
10001
11000
01100
00110
01001
10010
00100
01000
10000
00000
00001
00011


11100
11001
10011
00111
01110
11101
11010
10100
11110
01001
11111
10010
01111
00100
10111
01000
11011
10000
01101
00000
10110
00001
01011
00011
10101
01010
00101
00010
10001
11000
01100
00110
1
N
0
R
0
R
1
N
1
N
1er chiffre de la carte à découvrir
= 1er chiffre de la 1ère carte
2e chiffre de la carte à découvrir
= 1er chiffre de la 2e carte
3e chiffre de la carte à découvrir
= 1er chiffre de la 3e carte
4e chiffre de la carte à découvrir
= 1er chiffre de la 4e carte
5e chiffre de la carte à découvrir
= 1er chiffre de la 5e carte

Nous avons nos cinq cartes.

$00 \rightarrow$ cœur
$01 \rightarrow$ carreau
$10 \rightarrow$ trèfle
$11 \rightarrow$ pique

$000 \rightarrow$ as
$001 \rightarrow 7$
$010 \rightarrow 8$
$011 \rightarrow 9$
$100 \rightarrow 10$
$101 \rightarrow$ valet
$110 \rightarrow$ dame
$111 \rightarrow$ roi

Nous avons nos cinq cartes.

$00 \rightarrow$ cœur
$01 \rightarrow$ carreau
$10 \rightarrow$ trèfle
$11 \rightarrow$ pique

$000 \rightarrow$ as
$001 \rightarrow 7$
$010 \rightarrow 8$
$011 \rightarrow 9$
$100 \rightarrow 10$
$101 \rightarrow$ valet
$110 \rightarrow$ dame
$111 \rightarrow$ roi

Nous avons nos cinq cartes.

Valet de carreau

$00 \rightarrow$ cœur
$01 \rightarrow$ carreau
$10 \rightarrow$ trèfle
$11 \rightarrow$ pique

$000 \rightarrow$ as
$001 \rightarrow 7$
$010 \rightarrow 8$
$011 \rightarrow 9$
$100 \rightarrow 10$
$101 \rightarrow$ valet
$110 \rightarrow$ dame
$111 \rightarrow$ roi

Codage des 32 cartes :

- 00 $\rightarrow$ cœur
- 01 $\rightarrow$ carreau
- 10 $\rightarrow$ trèfle
- 11 $\rightarrow$ pique

000 $\rightarrow$ as
001 $\rightarrow$ 7
010 $\rightarrow$ 8
011 $\rightarrow$ 9
100 $\rightarrow$ 10
101 $\rightarrow$ valet
110 $\rightarrow$ dame
111 $\rightarrow$ roi

À vous de jouer...

Comment ranger les cartes ?

Posez les cartes avec leurs faces visibles dans cet ordre :
- 10 de pique
- 7 de pique
- 9 de trèfle
- roi de cœur
- dame de carreau
- et ainsi de suite en suivant l'ordre du dessin au dessus.

Retournez maintenant le jeu de cartes pour ne plus voir leurs valeurs. Vérifiez que la carte du dessus est le 10 de pique.

Le tour est prêt. Vous pouvez couper le jeu autant de fois que vous voulez (mais il ne faut pas le mélanger).

La magie des graphes et du binaire

Tour de cartes

Deviner une carte

Graphe de *de Bruijn*, chemin hamiltonien

Transmission de pensée

Deviner un mot, deviner un nombre...

Compter en binaire

Choisissez un mot.

collège nuage bougie échelle terrasse piano bus magasin wagon disque pluie vacances marron vase horloge plante statue outil pain jeu arbre chimie lac dauphin tournevis ballon lettre science loisir fleuve jaune chien bateau piscine carte multiplication sable armoire ski escalier page gomme gris rivière yeux bureau panneau volant micro cahier neige tortue football cheval fourmi valise siècle marteau eau maillot pin mouton politique nombre chiffre vélo chaise voiture avion train ordinateur lycée fleur musique magie route soleil planète table montagne guitare biologie mer meuble océan maison restaurant ville pays feuille continent rocher photo lampe campagne poisson animal air rouge casque professeur violon sport voyage fusée tableau arc vert stylo chat informatique pneu bleu chambre sac cravate dé cercle tapis porte dictionnaire mathématiques baccalauréat chaussures calculette géographie turquoise chauffage

1. Est-ce que vous voyez votre mot ?

air animal arc avion baccalauréat biologie bleu calculette campagne casque cercle chaise chambre chat chauffage chaussures chiffre continent cravate dé dictionnaire feuille fleur fusée géographie guitare informatique lampe lycée magie maison mathématiques mer meuble montagne musique océan ordinateur pays photo planète pneu poisson porte professeur restaurant rocher rouge route sac soleil sport stylo table tableau tapis train turquoise vélo vert ville violon voiture voyage

2. Est-ce que vous voyez votre mot ?

air animal arc armoire baccalauréat bateau bleu bureau cahier calculette carte casque cercle chambre chat chauffage chaussures cheval cravate dé dictionnaire eau escalier football fourmi fusée géographie gomme gris informatique maillot marteau mathématiques micro mouton multiplication neige nombre page panneau pin piscine pneu politique porte professeur rivière rouge sable sac siècle ski sport stylo tableau tapis tortue turquoise valise vert violon volant voyage yeux

3. Est-ce que vous voyez votre mot ?

arbre baccalauréat ballon biologie bleu cahier calculette campagne cercle chambre chauffage chaussures cheval chien chimie continent cravate dauphin dé dictionnaire eau feuille fleuve football fourmi géographie guitare jaune jeu lac lampe lettre loisir maillot maison marteau mathématiques mer meuble micro mouton neige nombre océan outil pain pays photo pin poisson politique porte restaurant rocher sac science siècle statue tapis tortue tournevis turquoise valise ville

4. Est-ce que vous voyez votre mot ?

arc baccalauréat ballon bureau calculette campagne chat chauffage chaussures chien continent dictionnaire disque eau feuille fleur fleuve fusée géographie gomme gris horloge informatique jaune lampe lettre loisir magie maillot marron marteau mathématiques montagne mouton musique nombre page panneau pays photo pin planète plante pluie pneu poisson politique rivière rocher route science siècle soleil stylo table tableau tournevis turquoise vacances vase vert volant wagon yeux

5. Est-ce que vous voyez votre mot ?

arbre armoire avion bureau bus calculette campagne cercle chat chauffage cheval chien chimie dauphin dé escalier fleuve football fourmi géographie horloge informatique jaune lac lampe loisir lycée magasin maison marron montagne mouton nombre océan ordinateur panneau photo piano pin planète plante pneu poisson politique porte professeur restaurant sable ski soleil sport stylo table tapis terrasse train turquoise valise vase ville violon volant voyage yeux

6. Est-ce que vous voyez votre mot ?

arc baccalauréat bougie bus campagne carte casque chaise chauffage chaussures chien continent cravate dauphin eau échelle escalier fourmi gris horloge informatique jaune jeu lac lettre lycée magasin magie maillot mer meuble montagne multiplication neige nombre ordinateur pain panneau plante pluie pneu poisson politique porte restaurant rivière rocher rouge route sac science ski sport table tapis tortue turquoise vacances valise vert ville voiture volant voyage

7. Est-ce que vous voyez votre mot ?

air armoire ballon biologie bureau cahier casque cercle chambre chat chauffage chaussures cheval chien chimie cravate dauphin disque échelle escalier feuille fleuve géographie gomme jeu lampe lycée magasin maillot maison marteau mathématiques meuble montagne mouton multiplication musique nombre nuage outil piano piscine planète plante pneu poisson porte rivière rocher route science tableau tortue train vacances valise vase vélo vert ville violon voiture volant voyage

Je vais maintenant retrouver votre mot.

collège nuage bougie échelle terrasse piano bus magasin wagon disque pluie vacances marron vase horloge plante statue outil pain jeu arbre chimie lac dauphin tournevis ballon lettre science loisir fleuve jaune chien bateau piscine carte multiplication sable armoire ski escalier page gomme gris rivière yeux bureau panneau volant micro cahier neige tortue football cheval fourmi valise siècle marteau eau maillot pin mouton politique nombre chiffre vélo chaise voiture avion train ordinateur lycée fleur musique magie route soleil planète table montagne guitare biologie mer meuble océan maison restaurant ville pays feuille continent rocher photo lampe campagne poisson animal air rouge casque professeur violon sport voyage fusée tableau arc vert stylo chat informatique pneu bleu chambre sac cravate dé cercle tapis porte dictionnaire mathématiques baccalauréat chaussures calculette géographie turquoise chauffage

Choisissez un nombre entre 0 et 1023.

672 797 65 595 861 838 526 160 889 810 117 184 767 695 519 191 679 214 156 289 59 148 21 120 273 690 439 877 806 693 202
928 746 306 354 808 771 111 538 164 605 866 37 837 754 735 892 888 895 32 331 959 936 858 349 133 548 570 536 344 522 533
239 267 410 64 600 140 143 135 129 898 890 407 830 318 713 1018 1022 370 669 564 43 365 660 42 951 553 91 53 617 371 740
879 250 1011 852 169 615 827 39 387 779 584 883 1012 403 774 676 829 266 461 523 71 603 150 601 899 1014 262 770 1005 799
907 501 652 791 221 124 168 134 332 796 750 499 167 45 321 709 1019 580 839 465 420 86 28 231 201 1016 702 33 577 380 863
427 694 850 213 232 967 647 720 291 34 0 329 685 90 651 944 772 205 502 35 697 775 707 842 778 803 714 121 677 51 764 958
138 79 654 378 813 126 917 346 783 587 515 851 210 369 780 661 678 769 425 869 74 198 40 100 303 494 435 836 509 904 733
726 460 937 260 921 766 457 893 229 555 614 340 873 611 95 101 833 399 905 860 865 900 712 756 666 727 901 441 1010 401 753
640 80 701 710 391 278 885 92 479 337 333 305 569 777 568 820 993 556 251 616 29 261 257 725 902 514 539 392 949 625 102
271 151 182 971 438 618 155 528 417 301 729 456 486 295 276 12 466 924 159 619 557 620 978 518 444 58 655 920 668 31 27 505
145 246 293 320 390 416 717 991 181 626 154 994 72 574 547 976 217 249 223 125 604 817 634 88 234 419 408 224 768 667 477
177 1009 566 197 630 481 328 627 110 731 414 16 63 990 703 308 323 238 83 623 396 106 187 471 840 356 304 286 315 591 395
142 429 629 535 781 818 357 974 317 195 324 467 363 389 751 149 930 1006 969 1002 78 868 432 113 609 934 20 413 622 485 9
870 762 881 732 431 737 598 843 449 38 699 375 872 56 884 440 453 495 887 531 700 711 776 855 997 281 146 529 147 342 590
664 931 379 70 582 521 1 405 730 943 795 608 325 926 274 445 112 355 472 575 398 183 670 691 411 41 992 123 49 643 348 804
68 352 641 637 507 153 192 462 811 946 650 450 475 290 175 864 236 844 940 383 739 397 452 862 437 311 927 11 592 17 67 846
961 98 741 1001 599 430 482 44 268 659 704 165 381 532 722 94 918 513 594 962 552 434 674 171 554 784 157 212 433 367 847
721 761 748 61 75 673 809 87 549 227 859 240 957 163 848 170 206 141 950 998 492 418 130 612 562 454 663 300 409 602 583
245 127 275 834 244 24 132 23 173 689 824 347 54 975 373 743 821 540 831 298 254 404 307 1000 279 977 288 686 964 649 542
573 941 800 330 351 406 283 681 912 933 734 819 738 496 336 1003 913 653 982 60 487 832 372 947 624 987 222 455 923 543 984
665 436 85 366 874 52 511 415 789 215 1013 394 544 30 422 319 945 942 516 57 682 765 1007 999 826 757 571 908 66 687 792
718 144 854 497 360 448 715 965 773 8 835 981 530 680 190 541 310 136 179 719 828 119 948 788 635 241 989 606 563 208 474
760 882 18 82 621 932 178 484 567 188 857 122 510 1017 350 545 939 137 675 561 1004 610 46 108 199 476 412 97 922 203 270
15 62 185 1021 878 299 903 546 662 816 656 995 322 728 812 658 193 489 802 162 671 252 478 724 26 911 96 786 480 312 36 491
377 93 204 76 960 692 966 284 446 867 219 822 272 585 648 736 823 105 845 458 560 216 334 841 10 172 572 500 527 916 576
607 89 81 233 581 886 5 176 550 1023 358 759 787 451 683 876 200 488 578 985 361 243 490 508 139 747 914 506 793 983 421
180 77 393 189 891 265 385 631 1020 302 805 402 196 973 368 613 644 996 294 980 708 1008 280 287 447 696 825 282 285 343
853 253 498 589 225 277 871 386 6 1015 345 470 109 382 782 152 745 104 263 73 374 463 915 929 875 388 688 314 963 628 503
335 749 716 400 464 442 255 632 706 313 698 588 128 237 894 596 565 586 919 815 744 235 423 469 794 220 955 22 558 897 426
517 642 639 297 798 910 103 359 988 742 906 186 115 524 952 118 925 296 856 956 534 166 537 483 785 25 972 657 954 646 209
99 259 7 226 4 218 443 48 938 723 493 264 362 338 968 258 979 638 47 248 341 459 292 2 228 935 559 755 520 207 69 84 633 645
705 814 986 953 473 230 174 269 376 161 684 211 131 256 353 14 504 896 579 636 428 3 326 758 13 880 158 309 807 593 525 801
114 247 116 364 55 339 327 790 242 512 50 107 468 752 551 384 316 909 19 763 597 849 424 970 194

1. Est-ce que vous voyez votre nombre ?

2 3 4 5 6 7 8 10 13 14 15 18 19 22 23 24 25 26 30 36 46 47 48 50 52 54 55 57 60 61 62 66 69 73
75 76 77 81 82 84 85 87 89 93 94 96 97 99 103 104 105 107 108 109 114 115 116 118 119 122 127
128 130 131 132 136 137 139 141 144 152 157 158 161 162 163 166 170 171 172 173 174 176 178
179 180 185 186 188 189 190 193 194 196 199 200 203 204 206 207 208 209 211 212 215 216 218
219 220 222 225 226 227 228 230 233 235 237 240 241 242 243 244 245 247 248 252 253 254 255
256 258 259 263 264 265 269 270 272 275 277 279 280 282 283 284 285 287 288 292 294 296 297
298 299 300 302 307 309 310 312 313 314 316 319 322 326 327 330 334 335 336 338 339 341 343
345 347 350 351 353 358 359 360 361 362 364 366 367 368 372 373 374 376 377 382 384 385 386
388 393 394 400 402 404 406 409 412 415 418 421 422 423 424 426 428 433 434 436 442 443 446
447 448 451 454 455 458 459 463 464 468 469 470 473 474 476 478 480 483 484 487 488 489 490
491 492 493 496 497 498 500 503 504 506 508 510 511 512 513 516 517 520 524 525 527 530 532
534 537 540 541 542 543 544 545 546 549 550 551 552 554 558 559 560 561 562 563 565 567 571
572 573 576 578 579 581 583 585 586 588 589 593 594 596 597 602 606 607 610 612 613 621 624
628 631 632 633 635 636 638 639 642 644 645 646 648 649 653 656 657 658 662 663 665 671 673
674 675 680 681 682 683 684 686 687 688 689 692 696 698 705 706 708 715 716 718 719 721 722
723 724 728 734 736 738 742 743 744 745 747 748 749 752 755 757 758 759 760 761 763 765 773
782 784 785 786 787 788 789 790 792 793 794 798 800 801 802 805 807 809 812 814 815 816 819
821 822 823 824 825 826 828 831 832 834 835 841 845 847 848 849 853 854 856 857 859 867 871
874 875 876 878 880 882 886 891 894 896 897 903 906 908 909 910 911 912 913 914 915 916 918
919 922 923 925 929 932 933 935 938 939 941 942 945 947 948 950 952 953 954 955 956 957 960
962 963 964 965 966 968 970 972 973 975 977 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 995
996 998 999 1000 1003 1004 1007 1008 1013 1015 1017 1020 1021 1023

2. Est-ce que vous voyez votre nombre ?

1 2 3 4 5 6 7 9 10 11 12 13 14 16 17 19 20 22 25 27 29 31 38 41 44 47 48 49 50 55 56 58 63 67
68 69 70 72 73 77 78 81 83 84 88 89 98 99 102 103 104 106 107 109 110 112 113 114 115 116 118
123 125 128 131 139 142 145 146 147 149 151 152 153 154 155 158 159 161 165 166 172 174 175
176 177 180 181 182 183 186 187 189 192 194 195 196 197 200 207 209 211 216 217 218 220 223
224 225 226 228 230 233 234 235 236 237 238 242 243 246 247 248 249 251 253 255 256 257 258
259 261 263 264 265 268 269 271 274 276 277 280 281 282 285 286 287 290 292 293 294 295 296
297 301 302 304 305 308 309 311 313 314 315 316 317 320 323 324 325 326 327 328 333 334 335
337 338 339 341 342 343 345 348 352 353 355 356 357 358 359 361 362 363 364 368 374 375 376
379 381 382 383 384 385 386 388 389 390 392 393 395 396 397 398 400 402 405 408 411 413 414
416 417 419 421 423 424 426 428 429 430 431 432 437 438 440 442 443 444 445 447 449 450 451
452 453 456 459 462 463 464 466 467 468 469 470 471 472 473 475 477 479 481 482 483 485 486
488 490 493 495 498 500 503 504 505 506 507 508 512 514 517 518 520 521 524 525 527 528 529
531 534 535 537 539 547 550 551 556 557 558 559 560 565 566 568 569 572 574 575 576 578 579
581 582 586 588 589 590 591 592 593 596 597 598 599 604 607 608 609 613 616 618 619 620 622
623 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 636 637 638 639 641 642 643 644 645 646 650 655
657 659 664 667 668 670 683 684 688 691 696 698 699 700 703 704 705 706 708 711 716 717 723
725 729 730 731 732 737 739 741 742 744 745 747 749 751 752 755 758 759 762 763 768 776 777
781 782 785 787 790 793 794 795 798 801 804 805 807 811 814 815 817 818 820 825 840 841 843
844 846 849 853 855 856 862 864 868 870 871 872 875 876 880 881 884 886 887 891 894 896 897
902 906 909 910 914 915 916 919 920 924 925 926 927 929 930 931 934 935 938 940 943 946 949
952 953 954 955 956 961 963 968 969 970 971 972 973 974 976 978 979 980 983 985 986 988 990
991 992 993 994 996 997 1001 1002 1006 1008 1009 1015 1020 1023

3. Est-ce que vous voyez votre nombre ?

0 1 2 3 4 7 8 9 11 13 14 15 17 18 19 20 22 25 26 28 33 34 35 36 38 40 41 44 45 46 47 48 49 50 51
55 56 57 62 66 67 68 69 70 74 76 78 79 80 82 84 86 90 92 93 95 96 97 98 99 100 101 103 105 107
108 112 113 114 115 116 118 119 121 122 123 124 126 131 134 136 137 138 144 146 147 149 153
158 161 162 165 166 167 168 174 175 178 179 183 185 186 188 190 192 193 194 198 199 201 203
204 205 207 208 209 210 211 213 218 219 220 226 228 229 230 231 232 236 241 242 247 248 252
256 258 259 260 264 268 269 270 272 274 278 281 284 290 291 292 296 297 299 303 309 310 311
312 316 321 322 325 326 327 329 332 338 339 340 341 342 346 348 350 352 353 355 359 360 362
363 364 369 375 376 377 378 379 380 381 383 384 389 391 397 398 399 401 405 411 412 413 420
424 425 426 427 428 430 431 432 435 437 440 441 443 445 446 448 449 450 452 453 457 458 459
460 462 465 467 468 472 473 474 475 476 478 480 482 483 484 485 489 491 493 494 495 497 499
502 504 507 509 510 512 515 516 517 520 521 524 525 529 530 531 534 537 541 545 546 551 555
558 559 561 563 567 571 575 577 579 580 582 585 587 590 592 593 597 598 599 606 608 609 610
611 614 621 622 633 635 636 637 638 639 640 641 642 643 645 646 647 648 650 651 654 656 657
658 659 661 662 664 666 670 671 675 677 678 680 682 684 685 687 691 692 694 697 699 700 701
702 704 705 707 709 710 711 712 714 715 718 719 720 723 724 726 727 728 730 732 733 736 737
739 741 742 750 751 752 753 755 756 757 758 760 762 763 764 765 766 769 772 773 775 776 778
780 783 785 786 788 790 792 795 796 798 801 802 803 804 807 811 812 813 814 816 822 823 826
828 833 835 836 839 842 843 844 845 846 849 850 851 854 855 856 857 860 862 863 864 865 867
868 869 870 872 873 878 880 881 882 884 885 887 893 896 897 900 901 903 904 905 906 908 909
910 911 917 921 922 925 926 927 930 931 932 934 935 937 938 939 940 942 943 944 946 948 952
953 954 955 956 958 960 961 965 966 967 968 969 970 972 979 981 986 988 989 992 995 997 999
1001 1002 1004 1006 1007 1010 1016 1017 1019 1021

4. Est-ce que vous voyez votre nombre ?

3 6 11 13 14 15 16 17 19 26 30 36 39 40 41 42 43 44 46 49 50 52 53 55 60 62 63 64 67 68 69 71
72 73 74 76 80 83 84 85 88 91 92 93 95 96 97 98 100 101 104 105 106 107 108 109 110 112 114
116 123 125 128 129 131 135 140 142 143 150 152 153 154 158 161 162 165 169 174 175 177 183
185 187 192 193 194 195 197 198 199 203 204 207 210 211 215 217 219 221 222 223 224 225 229
230 234 235 236 237 238 242 247 249 250 252 253 254 255 256 260 262 263 266 268 269 270 272
274 277 278 279 280 282 283 284 285 286 287 288 290 298 299 303 304 307 308 309 311 312 313
314 315 316 317 318 319 322 323 324 326 327 328 330 335 336 339 340 343 345 346 348 351 352
353 355 356 357 364 365 366 369 370 371 372 374 376 377 381 382 383 384 386 387 388 391 394
395 396 397 398 399 400 401 403 404 406 407 408 410 411 412 414 415 419 422 423 424 425 428
429 430 435 436 437 441 442 445 446 447 450 452 455 457 458 460 461 462 463 464 468 469 470
471 472 473 475 476 477 478 480 481 482 487 489 491 494 496 498 501 503 504 507 509 511 512
515 520 523 525 535 540 542 543 544 546 547 551 553 555 561 564 565 566 573 574 575 579 584
585 586 587 588 589 591 592 593 596 597 599 600 601 603 604 610 611 614 615 617 623 624 626
627 628 629 630 632 633 634 636 637 640 641 643 645 648 649 650 652 653 656 658 659 660 661
662 665 666 667 669 670 671 676 678 681 684 686 688 691 692 696 698 701 703 704 705 706 710
712 713 716 724 726 727 728 731 733 734 736 738 739 740 741 743 744 745 749 752 753 755 756
758 763 766 768 769 770 774 779 780 781 782 783 786 789 790 791 794 799 800 801 802 804 807
811 812 814 815 816 817 818 819 821 822 823 825 827 829 830 831 832 833 836 840 844 845 846
849 851 852 853 860 862 864 865 867 869 871 873 874 875 878 879 880 883 885 890 893 894 896
898 899 900 901 903 904 905 907 909 911 912 913 915 917 919 921 922 923 926 927 929 933 937
940 941 945 946 947 951 953 960 961 963 964 966 970 974 976 977 982 984 986 987 990 992 994
995 1000 1001 1003 1004 1005 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1018 1021 1022

5. Est-ce que vous voyez votre nombre ?

0 1 2 4 7 11 12 16 17 18 19 23 24 26 27 30 31 32 34 35 36 37 39 44 47 48 50 51 52 54 55 56 58
60 63 67 70 71 76 77 79 80 82 83 85 90 92 93 95 96 98 99 101 105 106 107 111 114 116 119 121
122 126 127 128 130 132 133 137 138 139 141 142 145 146 147 150 158 159 164 165 169 170 173
175 178 179 180 181 187 188 189 194 195 196 204 205 206 208 209 215 218 219 221 222 226 228
229 235 236 237 238 239 241 242 243 244 245 246 247 248 252 255 258 259 262 264 265 266 267
268 272 275 276 278 281 284 286 290 291 292 293 294 295 300 301 302 304 306 308 309 311 312
313 314 315 316 317 319 320 323 324 325 327 329 331 335 338 339 340 341 342 344 347 349 350
354 356 357 362 364 366 368 372 373 377 378 379 381 383 384 385 387 388 390 391 393 394 395
396 397 399 400 401 402 403 405 409 414 415 416 418 421 422 423 424 429 430 436 437 440 441
442 443 444 446 452 453 454 455 456 458 459 461 464 466 468 469 471 474 478 480 482 484 486
487 490 491 492 493 495 501 502 503 505 506 508 510 511 512 518 521 522 523 525 529 531 533
535 536 538 543 544 545 548 551 555 557 559 562 563 565 567 570 582 583 584 585 586 588 590
591 592 593 596 597 599 601 602 603 605 606 608 611 612 613 614 615 619 620 621 623 624 628
629 631 632 635 638 640 644 646 647 648 651 652 653 654 655 657 659 663 664 665 666 668 671
675 676 677 685 688 689 692 697 698 700 701 703 704 706 707 708 710 711 712 714 716 717 719
720 723 724 727 729 730 735 736 739 741 744 746 747 749 752 753 754 756 760 763 764 770 771
772 774 775 776 778 779 781 786 788 789 790 791 793 794 795 799 801 803 805 807 808 813 815
818 822 823 824 827 828 829 832 833 834 837 840 842 844 845 846 848 849 852 855 857 858 860
862 864 865 866 867 872 873 874 875 880 882 883 884 885 887 888 891 892 893 894 895 899 900
901 905 907 909 911 913 914 919 920 923 924 927 931 932 935 936 938 939 940 943 944 945 947
948 950 954 958 959 960 961 963 966 968 970 972 973 974 975 978 979 980 982 983 984 987 989
990 991 996 997 998 1001 1005 1008 1010 1012 1013 1014 1017 1020

6. Est-ce que vous voyez votre nombre ?

1 2 3 5 6 8 9 13 14 17 19 21 23 24 25 27 28 30 31 32 33 38 40 42 43 44 47 50 51 52 53 54 58 59
61 67 68 70 71 73 75 79 80 82 85 86 87 91 92 98 100 102 104 105 107 109 110 115 118 120 121
122 126 127 128 131 132 133 136 137 138 142 145 147 148 150 151 152 153 155 156 161 162 163
165 166 173 176 177 178 181 182 186 188 190 192 193 194 195 196 197 200 201 202 211 213 214
215 219 221 224 227 228 231 232 235 237 239 240 244 245 246 248 250 256 258 260 262 263 264
267 268 271 272 273 275 278 283 284 286 289 292 293 294 296 299 302 303 304 310 313 315 316
317 319 320 322 324 325 326 328 330 331 336 338 341 342 344 345 347 348 349 350 351 352 353
357 358 360 361 362 365 366 367 368 371 373 374 375 378 379 380 381 382 384 385 390 391 392
394 395 401 402 405 406 408 413 415 416 417 419 422 423 424 427 428 429 430 431 435 436 438
439 441 446 448 449 450 451 457 458 459 460 462 463 468 469 470 475 477 481 482 483 484 485
488 489 494 496 497 501 504 505 507 509 510 511 512 514 521 522 523 524 528 530 533 534 535
536 537 539 541 544 545 546 548 549 550 551 553 559 564 565 566 567 570 573 577 578 579 582
583 585 586 588 590 591 596 597 598 599 601 603 608 613 617 618 621 622 625 627 629 630 631
636 637 638 640 641 643 644 648 650 652 654 655 656 658 659 660 662 664 666 667 668 669 673
675 677 679 680 681 683 684 689 690 692 693 694 698 699 701 702 704 707 708 710 714 715 717
721 726 727 728 730 731 732 733 734 736 737 738 740 741 744 745 748 752 753 756 758 759 761
762 763 764 766 768 770 773 778 781 782 785 787 789 791 794 795 799 800 802 803 804 805 806
809 811 812 813 815 816 818 819 822 823 824 834 835 836 842 843 845 846 847 849 850 854 856
857 858 859 863 867 870 874 876 877 878 879 881 885 886 894 895 896 899 901 902 903 904 906
907 909 912 915 919 920 921 925 928 929 931 932 933 935 936 937 939 941 943 945 946 949 951
952 956 957 958 959 960 961 965 966 967 968 970 971 973 974 975 979 980 981 985 991 995 996
1001 1003 1005 1008 1009 1010 1011 1013 1014 1015 1016 1017 1020 1023

7. Est-ce que vous voyez votre nombre ?

1 2 3 4 11 13 15 18 19 20 23 25 29 30 35 36 37 38 41 44 45 48 49 53 54 55 62 66 73 74 76 77 78
79 80 81 83 87 88 89 91 92 93 97 101 103 104 105 106 110 113 116 117 122 123 125 126 130 136
137 138 144 146 151 153 155 157 159 162 163 165 166 171 173 174 180 181 182 183 184 185 187
189 190 191 192 193 194 195 197 198 200 202 203 204 205 208 212 213 215 218 221 222 223 225
226 227 228 230 232 233 234 235 239 240 242 246 247 248 249 250 251 253 255 257 260 261 263
265 266 267 268 269 270 272 273 277 278 279 281 288 292 293 294 297 300 310 311 312 317 318
319 320 321 322 324 325 326 327 328 336 339 341 344 347 350 356 357 359 361 364 368 370 371
373 374 375 376 377 378 380 381 386 390 391 393 394 396 397 399 400 403 405 407 409 411 416
417 420 421 422 423 424 425 427 428 430 431 432 433 434 437 438 439 442 443 444 449 450 451
452 454 455 457 458 459 460 461 462 463 464 465 469 471 473 474 475 480 481 482 483 488 489
491 493 496 498 501 502 510 518 519 521 522 527 528 529 530 533 534 535 536 537 541 542 543
544 545 548 549 554 556 557 559 562 563 566 570 571 576 578 579 580 581 585 586 589 592 597
598 602 604 605 606 607 608 609 612 613 616 617 618 619 620 623 624 627 630 632 634 636 639
640 644 648 649 650 651 652 654 658 659 661 663 665 670 674 675 676 678 680 683 686 687 689
690 691 693 694 695 697 699 700 701 704 706 708 709 710 711 712 713 716 717 718 723 725 726
728 730 731 733 734 735 736 737 738 740 742 744 745 749 754 757 758 760 763 764 766 767 769
770 772 774 775 776 780 781 784 785 790 791 792 794 795 798 799 802 806 809 810 811 812 813
814 815 817 818 819 823 824 829 830 833 835 837 839 840 843 845 849 850 853 855 856 859 860
862 863 865 866 868 869 871 876 877 879 882 883 885 888 889 890 891 892 896 900 905 907 908
909 910 912 915 916 919 921 922 923 924 927 928 929 933 934 935 937 938 939 943 944 945 946
953 956 957 958 964 967 970 971 974 975 977 978 980 981 983 984 985 986 987 988 989 991 992
993 996 997 1000 1002 1003 1005 1008 1011 1012 1013 1017 1018 1019 1021 1022

8. Est-ce que vous voyez votre nombre ?

0 2 3 7 8 10 11 12 13 14 15 18 20 21 24 25 26 27 29 30 31 33 35 38 39 41 42 47 48 49 51 52 54
59 61 62 70 74 75 76 81 84 88 89 90 92 93 95 96 98 99 102 103 105 108 109 110 111 113 114 118
120 121 123 126 129 132 133 135 136 137 142 143 144 145 146 148 149 152 155 157 160 162 163
164 165 167 172 174 177 181 185 187 188 189 190 191 193 194 195 196 198 199 202 204 209 210
212 213 217 219 221 225 228 230 232 233 234 235 237 238 239 240 241 242 244 250 254 255 256
257 258 259 260 261 262 265 266 267 269 271 276 277 278 281 282 283 285 294 295 296 298 300
307 308 310 311 316 317 319 323 324 325 326 327 328 329 335 336 339 340 343 347 349 351 352
353 355 356 358 359 361 369 370 372 373 374 375 376 377 378 379 381 382 383 384 386 387 391
393 395 398 401 402 404 406 409 412 415 416 417 418 420 422 423 424 425 426 429 433 435 441
442 444 446 449 450 453 457 458 461 463 465 466 469 471 472 474 475 476 477 483 484 487 488
489 492 493 495 496 499 500 501 502 503 504 505 506 507 509 511 513 515 517 518 519 522 525
526 528 529 531 533 537 538 541 542 543 545 547 551 552 553 559 565 567 568 569 572 574 575
577 578 580 581 582 584 592 593 594 596 599 601 602 608 609 611 618 620 625 627 628 629 632
633 634 635 637 638 641 642 645 649 650 652 654 656 659 660 662 663 665 667 673 675 676 677
681 685 686 687 693 695 697 699 702 703 704 705 706 708 712 713 714 715 717 718 723 725 731
732 735 738 739 740 741 742 747 748 750 752 753 754 758 759 760 762 765 766 767 771 773 775
777 779 782 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 801 802 805 806 813 816 817
820 822 823 825 826 829 832 834 836 838 839 840 844 845 849 850 851 857 858 859 860 861 865
867 869 870 871 873 879 881 882 885 887 888 891 892 894 897 898 899 900 904 911 914 915 921
923 925 927 928 929 930 931 934 935 936 938 939 940 943 945 946 947 948 949 950 951 952 957
962 963 964 965 967 969 970 973 974 975 976 978 979 980 984 985 988 991 992 995 997 998 999
1001 1003 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1014 1016 1018 1021 1022 1023

9. Est-ce que vous voyez votre nombre ?

7 8 9 11 12 13 14 18 20 21 22 24 25 33 34 36 37 43 44 46 47 49 51 55 57 60 63 65 66 68 69 70 72
73 74 75 76 77 79 88 90 92 94 95 96 102 106 107 110 112 114 115 117 119 120 123 125 126 127
128 129 131 132 133 134 136 137 138 139 140 141 144 145 146 150 152 156 160 162 163 164 165
166 167 171 176 177 178 180 181 184 185 188 191 194 195 196 198 200 201 202 203 204 205 206
207 208 210 211 212 217 218 219 221 222 224 227 231 232 233 234 236 238 239 241 242 250 251
257 259 262 263 265 266 267 268 269 270 271 275 283 284 285 288 289 291 292 296 302 303 305
307 309 310 314 315 316 318 319 320 323 324 325 330 331 332 333 334 335 336 338 343 344 345
349 350 354 356 357 360 361 364 365 366 369 370 371 372 373 375 376 381 383 384 386 389 390
392 394 396 398 399 400 401 403 404 405 409 411 412 415 417 418 420 427 428 429 432 433 437
438 439 440 443 444 445 447 448 450 454 455 456 457 458 459 460 461 462 464 465 466 468 469
470 473 475 476 478 481 485 486 491 492 493 494 498 499 500 503 504 505 506 507 508 509 517
518 519 524 526 528 529 530 531 534 536 538 539 540 542 544 546 549 550 552 553 554 555 557
558 559 562 563 565 568 572 575 576 577 581 582 584 587 588 589 590 591 592 595 596 597 598
599 600 602 603 604 607 608 610 611 614 615 616 617 619 629 630 632 635 636 637 638 642 644
645 646 648 649 656 658 664 665 668 673 675 677 678 680 681 682 685 688 689 691 694 696 697
699 701 705 706 708 709 710 712 718 721 723 724 725 727 730 731 732 734 736 739 742 744 751
753 758 759 761 763 766 768 769 772 773 774 775 776 778 779 782 783 785 786 787 789 790 791
793 794 798 799 800 801 802 803 804 807 808 811 812 813 815 818 819 820 822 824 826 827 828
830 831 837 840 841 843 845 846 855 857 862 864 868 871 874 876 877 881 882 884 885 887 888
891 892 898 900 901 903 904 905 907 908 910 915 918 920 925 928 929 932 934 935 937 945 947
951 953 954 957 959 961 962 966 967 968 969 970 971 973 975 976 977 982 984 985 988 990 991
994 995 996 999 1001 1003 1006 1008 1009 1011 1014 1017 1019 1020 1021 1022

10. Est-ce que vous voyez votre nombre ?

1 4 5 7 8 9 13 16 18 19 20 25 27 28 32 34 35 38 42 46 47 49 50 51 53 54 55 56 60 61 62 64 66 67
68 69 71 72 73 76 77 78 79 80 81 85 87 90 92 93 95 99 100 104 105 106 111 112 114 116 118 119
120 121 126 128 131 132 133 135 136 139 140 141 142 144 145 148 150 152 154 155 157 158 159
160 162 163 164 166 167 168 169 170 172 173 174 175 178 181 182 184 186 189 191 192 194 197
198 199 200 201 205 208 213 214 216 217 221 223 227 228 229 234 236 238 240 241 242 244 245
252 253 254 255 261 262 265 267 268 270 271 274 275 276 277 278 279 281 282 284 286 287 288
289 292 293 296 297 299 300 302 305 306 307 308 312 314 316 317 318 321 324 325 326 327 329
330 332 335 337 341 342 343 344 346 348 350 353 356 357 358 359 361 362 363 365 369 370 371
373 375 376 378 379 381 382 386 387 388 390 392 398 402 406 407 408 411 412 417 418 420 421
422 423 424 426 428 432 433 437 438 440 443 444 448 452 454 455 457 458 461 463 464 466 468
470 471 472 473 475 477 481 482 483 486 489 490 491 493 494 495 496 497 500 504 507 510 511
514 516 520 524 525 529 531 533 541 542 543 544 546 547 550 551 552 553 554 556 557 558 559
564 565 567 570 571 577 578 579 581 582 584 585 587 589 591 592 594 595 597 599 602 604 606
607 609 612 613 614 616 621 622 623 625 627 628 629 631 633 634 641 642 646 650 652 653 655
657 658 661 664 665 666 668 670 673 674 675 680 681 682 683 684 690 692 693 694 695 696 698
702 704 705 706 710 711 712 716 717 719 720 722 724 725 726 728 729 730 731 732 735 736 737
739 741 742 744 750 751 753 760 761 762 768 769 774 775 777 781 786 787 788 789 792 793 794
795 797 803 807 808 810 811 816 819 820 821 822 824 826 827 829 831 832 833 836 837 838 839
841 842 843 847 851 855 857 858 863 865 866 867 869 873 874 877 879 888 894 898 899 901 904
905 907 910 911 914 916 918 919 921 922 927 928 929 930 933 937 938 939 940 941 944 945 947
955 956 958 959 961 964 965 967 968 969 973 978 979 980 981 986 987 990 992 995 996 998 1003
1004 1005 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1015 1018 1019 1021

Tous les nombres (1/6)

672 797 65 595 861 838 526 160 889 810
117 184 767 695 519 191 679 214 156 289
59 148 21 120 273 690 439 877 806 693
202 928 746 306 354 808 771 111 538 164
605 866 37 837 754 735 892 888 895 32
331 959 936 858 349 133 548 570 536 344
522 533 239 267 410 64 600 140 143 135
129 898 890 407 830 318 713 1018 1022 370
669 564 43 365 660 42 951 553 91 53
617 371 740 879 250 1011 852 169 615 827

39 387 779 584 883 1012 403 774 676 829
266 461 523 71 603 150 601 899 1014 262
770 1005 799 907 501 652 791 221 124 168
134 332 796 750 499 167 45 321 709 1019
580 839 465 420 86 28 231 201 1016 702
33 577 380 863 427 694 850 213 232 967
647 720 291 34 0 329 685 90 651 944
772 205 502 35 697 775 707 842 778 803
714 121 677 51 764 958 138 79 654 378
813 126 917 346 783 587 515 851 210 369

Tous les nombres (2/6)

780 661 678 769 425 869 74 198 40 100
303 494 435 836 509 904 733 726 460 937
260 921 766 457 893 229 555 614 340 873
611 95 101 833 399 905 860 865 900 712
756 666 727 901 441 1010 401 753 640 80
701 710 391 278 885 92 479 337 333 305
569 777 568 820 993 556 251 616 29 261
257 725 902 514 539 392 949 625 102 271
151 182 971 438 618 155 528 417 301 729
456 486 295 276 12 466 924 159 619 557

620 978 518 444 58 655 920 668 31 27
505 145 246 293 320 390 416 717 991 181
626 154 994 72 574 547 976 217 249 223
125 604 817 634 88 234 419 408 224 768
667 477 177 1009 566 197 630 481 328 627
110 731 414 16 63 990 703 308 323 238
83 623 396 106 187 471 840 356 304 286
315 591 395 142 429 629 535 781 818 357
974 317 195 324 467 363 389 751 149 930
1006 969 1002 78 868 432 113 609 934 20

Tous les nombres (3/6)

413 622 485 9 870 762 881 732 431 737
598 843 449 38 699 375 872 56 884 440
453 495 887 531 700 711 776 855 997 281
146 529 147 342 590 664 931 379 70 582
521 1 405 730 943 795 608 325 926 274
445 112 355 472 575 398 183 670 691 411
41 992 123 49 643 348 804 68 352 641
637 507 153 192 462 811 946 650 450 475
290 175 864 236 844 940 383 739 397 452
862 437 311 927 11 592 17 67 846 961

98 741 1001 599 430 482 44 268 659 704
165 381 532 722 94 918 513 594 962 552
434 674 171 554 784 157 212 433 367 847
721 761 748 61 75 673 809 87 549 227
859 240 957 163 848 170 206 141 950 998
492 418 130 612 562 454 663 300 409 602
583 245 127 275 834 244 24 132 23 173
689 824 347 54 975 373 743 821 540 831
298 254 404 307 1000 279 977 288 686 964
649 542 573 941 800 330 351 406 283 681

Tous les nombres (4/6)

912 933 734 819 738 496 336 1003 913 653
982 60 487 832 372 947 624 987 222 455
923 543 984 665 436 85 366 874 52 511
415 789 215 1013 394 544 30 422 319 945
942 516 57 682 765 1007 999 826 757 571
908 66 687 792 718 144 854 497 360 448
715 965 773 8 835 981 530 680 190 541
310 136 179 719 828 119 948 788 635 241
989 606 563 208 474 760 882 18 82 621
932 178 484 567 188 857 122 510 1017 350

545 939 137 675 561 1004 610 46 108 199
476 412 97 922 203 270 15 62 185 1021
878 299 903 546 662 816 656 995 322 728
812 658 193 489 802 162 671 252 478 724
26 911 96 786 480 312 36 491 377 93
204 76 960 692 966 284 446 867 219 822
272 585 648 736 823 105 845 458 560 216
334 841 10 172 572 500 527 916 576 607
89 81 233 581 886 5 176 550 1023 358
759 787 451 683 876 200 488 578 985 361

Tous les nombres (5/6)

243 490 508 139 747 914 506 793 983 421
180 77 393 189 891 265 385 631 1020 302
805 402 196 973 368 613 644 996 294 980
708 1008 280 287 447 696 825 282 285 343
853 253 498 589 225 277 871 386 6 1015
345 470 109 382 782 152 745 104 263 73
374 463 915 929 875 388 688 314 963 628
503 335 749 716 400 464 442 255 632 706
313 698 588 128 237 894 596 565 586 919
815 744 235 423 469 794 220 955 22 558

897 426 517 642 639 297 798 910 103 359
988 742 906 186 115 524 952 118 925 296
856 956 534 166 537 483 785 25 972 657
954 646 209 99 259 7 226 4 218 443
48 938 723 493 264 362 338 968 258 979
638 47 248 341 459 292 2 228 935 559
755 520 207 69 84 633 645 705 814 986
953 473 230 174 269 376 161 684 211 131
256 353 14 504 896 579 636 428 3 326
758 13 880 158 309 807 593 525 801 114

Tous les nombres (6/6)

247 116 364 55 339 327 790 242 512 50
107 468 752 551 384 316 909 19 763 597
849 424 970 194

Je vais maintenant deviner votre nombre.

672 797 65 595 861 838 526 160 889 810 117 184 767 695 519 191 679 214 156 289 59 148 21 120 273 690 439 877 806 693 202
928 746 306 354 808 771 111 538 164 605 866 37 837 754 735 892 888 895 32 331 959 936 858 349 133 548 570 536 344 522 533
239 267 410 64 600 140 143 135 129 898 890 407 830 318 713 1018 1022 370 669 564 43 365 660 42 951 553 91 53 617 371 740
879 250 1011 852 169 615 827 39 387 779 584 883 1012 403 774 676 829 266 461 523 71 603 150 601 899 1014 262 770 1005 799
907 501 652 791 221 124 168 134 332 796 750 499 167 45 321 709 1019 580 839 465 420 86 28 231 201 1016 702 33 577 380 863
427 694 850 213 232 967 647 720 291 34 0 329 685 90 651 944 772 205 502 35 697 775 707 842 778 803 714 121 677 51 764 958
138 79 654 378 813 126 917 346 783 587 515 851 210 369 780 661 678 769 425 869 74 198 40 100 303 494 435 836 509 904 733
726 460 937 260 921 766 457 893 229 555 614 340 873 611 95 101 833 399 905 860 865 900 712 756 666 727 901 441 1010 401 753
640 80 701 710 391 278 885 92 479 337 333 305 569 777 568 820 993 556 251 616 29 261 257 725 902 514 539 392 949 625 102
271 151 182 971 438 618 155 528 417 301 729 456 486 295 276 12 466 924 159 619 557 620 978 518 444 58 655 920 668 31 27 505
145 246 293 320 390 416 717 991 181 626 154 994 72 574 547 976 217 249 223 125 604 817 634 88 234 419 408 224 768 667 477
177 1009 566 197 630 481 328 627 110 731 414 16 63 990 703 308 323 238 83 623 396 106 187 471 840 356 304 286 315 591 395
142 429 629 535 781 818 357 974 317 195 324 467 363 389 751 149 930 1006 969 1002 78 868 432 113 609 934 20 413 622 485 9
870 762 881 732 431 737 598 843 449 38 699 375 872 56 884 440 453 495 887 531 700 711 776 855 997 281 146 529 147 342 590
664 931 379 70 582 521 1 405 730 943 795 608 325 926 274 445 112 355 472 575 398 183 670 691 411 41 992 123 49 643 348 804
68 352 641 637 507 153 192 462 811 946 650 450 475 290 175 864 236 844 940 383 739 397 452 862 437 311 927 11 592 17 67 846
961 98 741 1001 599 430 482 44 268 659 704 165 381 532 722 94 918 513 594 962 552 434 674 171 554 784 157 212 433 367 847
721 761 748 61 75 673 809 87 549 227 859 240 957 163 848 170 206 141 950 998 492 418 130 612 562 454 663 300 409 602 583
245 127 275 834 244 24 132 23 173 689 824 347 54 975 373 743 821 540 831 298 254 404 307 1000 279 977 288 686 964 649 542
573 941 800 330 351 406 283 681 912 933 734 819 738 496 336 1003 913 653 982 60 487 832 372 947 624 987 222 455 923 543 984
665 436 85 366 874 52 511 415 789 215 1013 394 544 30 422 319 945 942 516 57 682 765 1007 999 826 757 571 908 66 687 792
718 144 854 497 360 448 715 965 773 8 835 981 530 680 190 541 310 136 179 719 828 119 948 788 635 241 989 606 563 208 474
760 882 18 82 621 932 178 484 567 188 857 122 510 1017 350 545 939 137 675 561 1004 610 46 108 199 476 412 97 922 203 270
15 62 185 1021 878 299 903 546 662 816 656 995 322 728 812 658 193 489 802 162 671 252 478 724 26 911 96 786 480 312 36 491
377 93 204 76 960 692 966 284 446 867 219 822 272 585 648 736 823 105 845 458 560 216 334 841 10 172 572 500 527 916 576
607 89 81 233 581 886 5 176 550 1023 358 759 787 451 683 876 200 488 578 985 361 243 490 508 139 747 914 506 793 983 421
180 77 393 189 891 265 385 631 1020 302 805 402 196 973 368 613 644 996 294 980 708 1008 280 287 447 696 825 282 285 343
853 253 498 589 225 277 871 386 6 1015 345 470 109 382 782 152 745 104 263 73 374 463 915 929 875 388 688 314 963 628 503
335 749 716 400 464 442 255 632 706 313 698 588 128 237 894 596 565 586 919 815 744 235 423 469 794 220 955 22 558 897 426
517 642 639 297 798 910 103 359 988 742 906 186 115 524 952 118 925 296 856 956 534 166 537 483 785 25 972 657 954 646 209
99 259 7 226 4 218 443 48 938 723 493 264 362 338 968 258 979 638 47 248 341 459 292 2 228 935 559 755 520 207 69 84 633 645
705 814 986 953 473 230 174 269 376 161 684 211 131 256 353 14 504 896 579 636 428 3 326 758 13 880 158 309 807 593 525 801
114 247 116 364 55 339 327 790 242 512 50 107 468 752 551 384 316 909 19 763 597 849 424 970 194

Choisissez un nombre entre 0 et 63.

Pour chaque liste, est-ce qu'il y a votre nombre ?

- 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63
- 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63
- 8 9 10 11 12 13 14 15 24 25 26 27 28 29 30 31 40 41 42 43 44 45 46 47 56 57 58 59 60 61 62 63
- 4 5 6 7 12 13 14 15 20 21 22 23 28 29 30 31 36 37 38 39 44 45 46 47 52 53 54 55 60 61 62 63
- 2 3 6 7 10 11 14 15 18 19 22 23 26 27 30 31 34 35 38 39 42 43 46 47 50 51 54 55 58 59 62 63
- 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51 53 55 57 59 61 63

Choisissez un nombre entre 0 et 15.

Pour chaque liste, est-ce qu'il y a votre nombre ?

- 8 9 10 11 12 13 14 15
- 4 5 6 7 12 13 14 15
- 2 3 6 7 10 11 14 15
- 1 3 5 7 9 11 13 15

Système décimal (base 10).

$156 = 1 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 6 \times 10^0$
$156 = 1 \times 100 + 5 \times 10 + 6 \times 1$

$13 = 1 \times 10 + 3 \times 1$

Système binaire (base 2).

$13 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$
$13 = 1 \times 8 + 1 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \times 1$

Donc 13 en base 10 s'écrit 1101 en base 2 (binaire).

Base 10	Base 2	Explication
0	0	$0 = 0 \times 1$
1	1	$1 = 1 \times 1$
2	10	$2 = 1 \times 2 + 0 \times 1$
3	11	$3 = 1 \times 2 + 1 \times 1$
4	100	$4 = 1 \times 4 + 0 \times 2 + 0 \times 1$
5	101	$5 = 1 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \times 1$
6	110	$6 = 1 \times 4 + 1 \times 2 + 0 \times 1$
7	111	$7 = 1 \times 4 + 1 \times 2 + 1 \times 1$
8	1000	$8 = 1 \times 8 + 0 \times 4 + 0 \times 2 + 0 \times 1$
9	1001	$9 = 1 \times 8 + 0 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \times 1$
10	1010	$10 = 1 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times 2 + 0 \times 1$
11	1011	$11 = 1 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times 2 + 1 \times 1$
12	1100	$12 = 1 \times 8 + 1 \times 4 + 0 \times 2 + 0 \times 1$
13	1101	$13 = 1 \times 8 + 1 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \times 1$
14	1110	$14 = 1 \times 8 + 1 \times 4 + 1 \times 2 + 0 \times 1$
15	1111	$15 = 1 \times 8 + 1 \times 4 + 1 \times 2 + 1 \times 1$

"Il y a 10 sortes de personnes : ceux qui savent compter en binaire et les autres."

Construction des listes.

(base 10) 0 = 0000 (base 2)

-
-
-
-

Construction des listes.

(base 10) 1 = 0001 (base 2)

-
-
-
- 1

Construction des listes.

(base 10) 2 = 0010 (base 2)

-
-
- 2
-

Construction des listes.

(base 10) 3 = 0011 (base 2)

-
-
- 3
- 3

Construction des listes.

(base 10) 4 = 0100 (base 2)

-
- 4
-
-

Construction des listes.

(base 10) 5 = 0101 (base 2)

-
- 5
-
- 5

Construction des listes.

(base 10) 6 = 0110 (base 2)

-
- 6
- 6
-

Construction des listes.

(base 10) 7 = 0111 (base 2)

-
- 7
- 7
- 7

Construction des listes.

(base 10) 8 = 1000 (base 2)

- 8
-
-
-

Construction des listes.

(base 10) 9 = 1001 (base 2)

- 9
-
-
- 9

Construction des listes.

(base 10) 10 = 1010 (base 2)

- 10
-
- 10
-

Construction des listes.

(base 10) 11 = 1011 (base 2)

- 11
-
- 11
- 11

Construction des listes.

(base 10) 12 = 1100 (base 2)

- 12
- 12
-
-

Construction des listes.

(base 10) 13 = 1101 (base 2)

- 13
- 13
-
- 13

Construction des listes.

(base 10) 14 = 1110 (base 2)

- 14
- 14
- 14
-

Construction des listes.

(base 10) 15 = 1111 (base 2)

- 15
- 15
- 15
- 15

Construction des listes.

- 8 9 10 11 12 13 14 15
- 4 5 6 7 12 13 14 15
- 2 3 6 7 10 11 14 15
- 1 3 5 7 9 11 13 15

Choisissez un nombre entre 0 et 15. Nous choisissons 5.

- 8 9 10 11 12 13 14 15 (Non : 0)
- 4 5 6 7 12 13 14 15 (Oui : 1)
- 2 3 6 7 10 11 14 15 (Non : 0)
- 1 3 5 7 9 11 13 15 (Oui : 1)

(base 2) $0101 \rightarrow 0 \times 8 + 1 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \times 1 = 5$ (base 10)

Choisissez un nombre entre 0 et 15. J'ai choisi mon nombre.

- 8 9 10 11 12 13 14 15 (Oui : 1)
- 4 5 6 7 12 13 14 15 (Non : 0)
- 2 3 6 7 10 11 14 15 (Oui : 1)
- 1 3 5 7 9 11 13 15 (Oui : 1)

(base 2) 1011 $\rightarrow$? (base 10)

Choisissez un nombre entre 0 et 15. J'ai choisi 11.

- 8 9 10 11 12 13 14 15 (Oui : 1)
- 4 5 6 7 12 13 14 15 (Non : 0)
- 2 3 6 7 10 11 14 15 (Oui : 1)
- 1 3 5 7 9 11 13 15 (Oui : 1)

(base 2) $1011 \rightarrow 1 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times 2 + 1 \times 1 = 11$ (base 10)

Choisissez un nombre entre 0 et 63. Nous choisissons 45.

- 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 (Oui : 1)
- 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 (Non : 0)
- 8 9 10 11 12 13 14 15 24 25 26 27 28 29 30 31 40 41 42 43 44 45 46 47 56 57 58 59 60 61 62 63 (Oui : 1)
- 4 5 6 7 12 13 14 15 20 21 22 23 28 29 30 31 36 37 38 39 44 45 46 47 52 53 54 55 60 61 62 63 (Oui : 1)
- 2 3 6 7 10 11 14 15 18 19 22 23 26 27 30 31 34 35 38 39 42 43 46 47 50 51 54 55 58 59 62 63 (Non : 0)
- 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51 53 55 57 59 61 63 (Oui : 1)

$$101101 \rightarrow 1 \times 32 + 0 \times 16 + 1 \times 8 + 1 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \times 1 = 45$$

Choisissez un nombre entre 0 et 63. J'ai choisi mon nombre.

- 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 (Non : 0)
- 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 (Oui : 1)
- 8 9 10 11 12 13 14 15 24 25 26 27 28 29 30 31 40 41 42 43 44 45 46 47 56 57 58 59 60 61 62 63 (Oui : 1)
- 4 5 6 7 12 13 14 15 20 21 22 23 28 29 30 31 36 37 38 39 44 45 46 47 52 53 54 55 60 61 62 63 (Oui : 1)
- 2 3 6 7 10 11 14 15 18 19 22 23 26 27 30 31 34 35 38 39 42 43 46 47 50 51 54 55 58 59 62 63 (Oui : 1)
- 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51 53 55 57 59 61 63 (Non : 0)

$011110 \rightarrow$?

Choisissez un nombre entre 0 et 63. J'ai choisi 30.

- 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 (Non : 0)
- 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 (Oui : 1)
- 8 9 10 11 12 13 14 15 24 25 26 27 28 29 30 31 40 41 42 43 44 45 46 47 56 57 58 59 60 61 62 63 (Oui : 1)
- 4 5 6 7 12 13 14 15 20 21 22 23 28 29 30 31 36 37 38 39 44 45 46 47 52 53 54 55 60 61 62 63 (Oui : 1)
- 2 3 6 7 10 11 14 15 18 19 22 23 26 27 30 31 34 35 38 39 42 43 46 47 50 51 54 55 58 59 62 63 (Oui : 1)
- 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51 53 55 57 59 61 63 (Non : 0)

$$011110 \rightarrow 0 \times 32 + 1 \times 16 + 1 \times 8 + 1 \times 4 + 1 \times 2 + 0 \times 1 = 30$$

On choisit le mot magie.

collège nuage bougie échelle terrasse piano bus magasin wagon disque pluie vacances marron vase horloge plante statue outil pain jeu arbre chimie lac dauphin tournevis ballon lettre science loisir fleuve jaune chien bateau piscine carte multiplication sable armoire ski escalier page gomme gris rivière yeux bureau panneau volant micro cahier neige tortue football cheval fourmi valise siècle marteau eau maillot pin mouton politique nombre chiffre vélo chaise voiture avion train ordinateur lycée fleur musique magie route soleil planète table montagne guitare biologie mer meuble océan maison restaurant ville pays feuille continent rocher photo lampe campagne poisson animal air rouge casque professeur violon sport voyage fusée tableau arc vert stylo chat informatique pneu bleu chambre sac cravate dé cercle tapis porte dictionnaire mathématiques baccalauréat chaussures calculette géographie turquoise chauffage

1. Est-ce que vous voyez votre mot ?

air animal arc avion baccalauréat biologie bleu calculette campagne casque cercle chaise chambre chat chauffage chaussures chiffre continent cravate dé dictionnaire feuille fleur fusée géographie guitare informatique lampe lycée magie maison mathématiques mer meuble montagne musique océan ordinateur pays photo planète pneu poisson porte professeur restaurant rocher rouge route sac soleil sport stylo table tableau tapis train turquoise vélo vert ville violon voiture voyage

Oui : 1

2. Est-ce que vous voyez votre mot ?

air animal arc armoire baccalauréat bateau bleu bureau cahier calculette carte casque cercle chambre chat chauffage chaussures cheval cravate dé dictionnaire eau escalier football fourmi fusée géographie gomme gris informatique maillot marteau mathématiques micro mouton multiplication neige nombre page panneau pin piscine pneu politique porte professeur rivière rouge sable sac siècle ski sport stylo tableau tapis tortue turquoise valise vert violon volant voyage yeux

Non : 0

3. Est-ce que vous voyez votre mot ?

arbre baccalauréat ballon biologie bleu cahier calculette campagne cercle chambre chauffage chaussures cheval chien chimie continent cravate dauphin dé dictionnaire eau feuille fleuve football fourmi géographie guitare jaune jeu lac lampe lettre loisir maillot maison marteau mathématiques mer meuble micro mouton neige nombre océan outil pain pays photo pin poisson politique porte restaurant rocher sac science siècle statue tapis tortue tournevis turquoise valise ville

Non : 0

4. Est-ce que vous voyez votre mot ?

arc baccalauréat ballon bureau calculette campagne chat chauffage chaussures chien continent dictionnaire disque eau feuille fleur fleuve fusée géographie gomme gris horloge informatique jaune lampe lettre loisir magie maillot marron marteau mathématiques montagne mouton musique nombre page panneau pays photo pin planète plante pluie pneu poisson politique rivière rocher route science siècle soleil stylo table tableau tournevis turquoise vacances vase vert volant wagon yeux

Oui : 1

5. Est-ce que vous voyez votre mot ?

arbre armoire avion bureau bus calculette campagne cercle chat chauffage cheval chien chimie dauphin dé escalier fleuve football fourmi géographie horloge informatique jaune lac lampe loisir lycée magasin maison marron montagne mouton nombre océan ordinateur panneau photo piano pin planète plante pneu poisson politique porte professeur restaurant sable ski soleil sport stylo table tapis terrasse train turquoise valise vase ville violon volant voyage yeux

Non : 0

6. Est-ce que vous voyez votre mot ?

arc baccalauréat bougie bus campagne carte casque chaise chauffage chaussures chien continent cravate dauphin eau échelle escalier fourmi gris horloge informatique jaune jeu lac lettre lycée magasin magie maillot mer meuble montagne multiplication neige nombre ordinateur pain panneau plante pluie pneu poisson politique porte restaurant rivière rocher rouge route sac science ski sport table tapis tortue turquoise vacances valise vert ville voiture volant voyage

Oui : 1

7. Est-ce que vous voyez votre mot ?

air armoire ballon biologie bureau cahier casque cercle chambre chat chauffage chaussures cheval chien chimie cravate dauphin disque échelle escalier feuille fleuve géographie gomme jeu lampe lycée magasin maillot maison marteau mathématiques meuble montagne mouton multiplication musique nombre nuage outil piano piscine planète plante pneu poisson porte rivière rocher route science tableau tortue train vacances valise vase vélo vert ville violon voiture volant voyage

Non : 0

Nombre en base 2 = 1001010

Nombre en base 10 =

$1 \times 64 + 0 \times 32 + 0 \times 16 + 1 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times 2 + 0 \times 1 = 74$

0 collège nuage bougie échelle terrasse piano bus magasin wagon disque
10 pluie vacances marron vase horloge plante statue outil pain jeu
20 arbre chimie lac dauphin tournevis ballon lettre science loisir fleuve
30 jaune chien bateau piscine carte multiplication sable armoire ski escalier
40 page gomme gris rivière yeux bureau panneau volant micro cahier
50 neige tortue football cheval fourmi valise siècle marteau eau maillot
60 pin mouton politique nombre chiffre vélo chaise voiture avion train
70 ordinateur lycée fleur musique **magie** route soleil planète table montagne
80 guitare biologie mer meuble océan maison restaurant ville pays feuille
90 continent rocher photo lampe campagne poisson animal air rouge casque
100 professeur violon sport voyage fusée tableau arc vert stylo chat
110 informatique pneu bleu chambre sac cravate dé cercle tapis porte
120 dictionnaire mathématiques baccalauréat chaussures calculette
géographie turquoise chauffage

À vous de jouer. J'ai choisi un mot.

collège nuage bougie échelle terrasse piano bus magasin wagon disque pluie vacances marron vase horloge plante statue outil pain jeu arbre chimie lac dauphin tournevis ballon lettre science loisir fleuve jaune chien bateau piscine carte multiplication sable armoire ski escalier page gomme gris rivière yeux bureau panneau volant micro cahier neige tortue football cheval fourmi valise siècle marteau eau maillot pin mouton politique nombre chiffre vélo chaise voiture avion train ordinateur lycée fleur musique magie route soleil planète table montagne guitare biologie mer meuble océan maison restaurant ville pays feuille continent rocher photo lampe campagne poisson animal air rouge casque professeur violon sport voyage fusée tableau arc vert stylo chat informatique pneu bleu chambre sac cravate dé cercle tapis porte dictionnaire mathématiques baccalauréat chaussures calculette géographie turquoise chauffage

1. Est-ce que je vois mon mot ?

air animal arc avion baccalauréat biologie bleu calculette campagne casque cercle chaise chambre chat chauffage chaussures chiffre continent cravate dé dictionnaire feuille fleur fusée géographie guitare informatique lampe lycée magie maison mathématiques mer meuble montagne musique océan ordinateur pays photo planète pneu poisson porte professeur restaurant rocher rouge route sac soleil sport stylo table tableau tapis train turquoise vélo vert ville violon voiture voyage

Non : 0

2. Est-ce que je vois mon mot ?

air animal arc armoire baccalauréat bateau bleu bureau cahier calculette carte casque cercle chambre chat chauffage chaussures cheval cravate dé dictionnaire eau escalier football fourmi fusée géographie gomme gris informatique maillot marteau mathématiques micro mouton multiplication neige nombre page panneau pin piscine pneu politique porte professeur rivière rouge sable sac siècle ski sport stylo tableau tapis tortue turquoise valise vert violon volant voyage yeux

Oui : 1

3. Est-ce que je vois mon mot ?

arbre baccalauréat ballon biologie bleu cahier calculette campagne cercle chambre chauffage chaussures cheval chien chimie continent cravate dauphin dé dictionnaire eau feuille fleuve football fourmi géographie guitare jaune jeu lac lampe lettre loisir maillot maison marteau mathématiques mer meuble micro mouton neige nombre océan outil pain pays photo pin poisson politique porte restaurant rocher sac science siècle statue tapis tortue tournevis turquoise valise ville

Non : 0

4. Est-ce que je vois mon mot ?

arc baccalauréat ballon bureau calculette campagne chat chauffage chaussures chien continent dictionnaire disque eau feuille fleur fleuve fusée géographie gomme gris horloge informatique jaune lampe lettre loisir magie maillot marron marteau mathématiques montagne mouton musique nombre page panneau pays photo pin planète plante pluie pneu poisson politique rivière rocher route science siècle soleil stylo table tableau tournevis turquoise vacances vase vert volant wagon yeux

Oui : 1

5. Est-ce que je vois mon mot ?

arbre armoire avion bureau bus calculette campagne cercle chat chauffage cheval chien chimie dauphin dé escalier fleuve football fourmi géographie horloge informatique jaune lac lampe loisir lycée magasin maison marron montagne mouton nombre océan ordinateur panneau photo piano pin planète plante pneu poisson politique porte professeur restaurant sable ski soleil sport stylo table tapis terrasse train turquoise valise vase ville violon volant voyage yeux

Non : 0

6. Est-ce que je vois mon mot ?

arc baccalauréat bougie bus campagne carte casque chaise chauffage chaussures chien continent cravate dauphin eau échelle escalier fourmi gris horloge informatique jaune jeu lac lettre lycée magasin magie maillot mer meuble montagne multiplication neige nombre ordinateur pain panneau plante pluie pneu poisson politique porte restaurant rivière rocher rouge route sac science ski sport table tapis tortue turquoise vacances valise vert ville voiture volant voyage

Oui : 1

7. Est-ce que je vois mon mot ?

air armoire ballon biologie bureau cahier casque cercle chambre chat chauffage chaussures cheval chien chimie cravate dauphin disque échelle escalier feuille fleuve géographie gomme jeu lampe lycée magasin maillot maison marteau mathématiques meuble montagne mouton multiplication musique nombre nuage outil piano piscine planète plante pneu poisson porte rivière rocher route science tableau tortue train vacances valise vase vélo vert ville violon voiture volant voyage

Oui : 1

Quel est mon mot ?

0 collège nuage bougie échelle terrasse piano bus magasin wagon disque
10 pluie vacances marron vase horloge plante statue outil pain jeu
20 arbre chimie lac dauphin tournevis ballon lettre science loisir fleuve
30 jaune chien bateau piscine carte multiplication sable armoire ski escalier
40 page gomme gris rivière yeux bureau panneau volant micro cahier
50 neige tortue football cheval fourmi valise siècle marteau eau maillot
60 pin mouton politique nombre chiffre vélo chaise voiture avion train
70 ordinateur lycée fleur musique magie route soleil planète table montagne
80 guitare biologie mer meuble océan maison restaurant ville pays feuille
90 continent rocher photo lampe campagne poisson animal air rouge casque
100 professeur violon sport voyage fusée tableau arc vert stylo chat
110 informatique pneu bleu chambre sac cravate dé cercle tapis porte
120 dictionnaire mathématiques baccalauréat chaussures calculette géographie turquoise chauffage

Quel est mon mot ?

0 collège nuage bougie échelle terrasse piano bus magasin wagon disque
10 pluie vacances marron vase horloge plante statue outil pain jeu
20 arbre chimie lac dauphin tournevis ballon lettre science loisir fleuve
30 jaune chien bateau piscine carte multiplication sable armoire ski escalier
40 page gomme gris **rivière** yeux bureau panneau volant micro cahier
50 neige tortue football cheval fourmi valise siècle marteau eau maillot
60 pin mouton politique nombre chiffre vélo chaise voiture avion train
70 ordinateur lycée fleur musique magie route soleil planète table montagne
80 guitare biologie mer meuble océan maison restaurant ville pays feuille
90 continent rocher photo lampe campagne poisson animal air rouge casque
100 professeur violon sport voyage fusée tableau arc vert stylo chat
110 informatique pneu bleu chambre sac cravate dé cercle tapis porte
120 dictionnaire mathématiques baccalauréat chaussures calculette géographie turquoise chauffage

Nombre en base 2 $= 0101011$
Nombre en base 10 $= 0 \times 64 + 1 \times 32 + 0 \times 16 + 1 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times 2 + 1 \times 1 = 43$

Pour résumer.

Si le mot est dans la liste 1, alors nous ajoutons 64.
Si le mot est dans la liste 2, alors nous ajoutons 32.
Si le mot est dans la liste 3, alors nous ajoutons 16.
Si le mot est dans la liste 4, alors nous ajoutons 8.
Si le mot est dans la liste 5, alors nous ajoutons 4.
Si le mot est dans la liste 6, alors nous ajoutons 2.
Si le mot est dans la liste 7, alors nous ajoutons 1.

Nous obtenons le nombre en base 10.

$$? \times 64 + ? \times 32 + ? \times 16 + ? \times 8 + ? \times 4 + ? \times 2 + ? \times 1 = ?$$

0 collège nuage bougie échelle terrasse piano bus magasin wagon disque
10 pluie vacances marron vase horloge plante statue outil pain jeu
20 arbre chimie lac dauphin tournevis ballon lettre science loisir fleuve
30 jaune chien bateau piscine carte multiplication sable armoire ski escalier
40 page gomme gris rivière yeux bureau panneau volant micro cahier
50 neige tortue football cheval fourmi valise siècle marteau eau maillot
60 pin mouton politique nombre chiffre vélo chaise voiture avion train
70 ordinateur lycée fleur musique magie route soleil planète table montagne
80 guitare biologie mer meuble océan maison restaurant ville pays feuille
90 continent rocher photo lampe campagne poisson animal air rouge casque
100 professeur violon sport voyage fusée tableau arc vert stylo chat
110 informatique pneu bleu chambre sac cravate dé cercle tapis porte
120 dictionnaire mathématiques baccalauréat chaussures calculette géographie turquoise chauffage

Attention : le premier mot de chaque ligne correspond à un nombre qui se termine par 0. Par exemple, neige correspond au nombre 50.

Choisissez un nombre entre 0 et 63.

Pour chaque liste, est-ce qu'il y a votre nombre ?

- 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 (+ 32 si oui)
- 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 (+ 16 si oui)
- 8 9 10 11 12 13 14 15 24 25 26 27 28 29 30 31 40 41 42 43 44 45 46 47 56 57 58 59 60 61 62 63 (+ 8 si oui)
- 4 5 6 7 12 13 14 15 20 21 22 23 28 29 30 31 36 37 38 39 44 45 46 47 52 53 54 55 60 61 62 63 (+ 4 si oui)
- 2 3 6 7 10 11 14 15 18 19 22 23 26 27 30 31 34 35 38 39 42 43 46 47 50 51 54 55 58 59 62 63 (+ 2 si oui)
- 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51 53 55 57 59 61 63 (+ 1 si oui)

Choisissez un nombre entre 0 et 15.

Pour chaque liste, est-ce qu'il y a votre nombre ?

- 8 9 10 11 12 13 14 15 (+ 8 si oui)
- 4 5 6 7 12 13 14 15 (+ 4 si oui)
- 2 3 6 7 10 11 14 15 (+ 2 si oui)
- 1 3 5 7 9 11 13 15 (+ 1 si oui)

Vous pouvez oublier toutes vos tables de multiplication.

$$(\text{base } 10)\ 17 \times 12 \rightarrow 10001 \times 1100\ (\text{base } 2)$$

$$\begin{array}{cccccccccc}
 & & & & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
\times & & & & & 1 & 1 & 0 & 0 \\
\hline
 & & & & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
+ & & & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & . \\
+ & & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & . & . \\
+ & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & . & . & . \\
\hline
= & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0
\end{array}$$

$$10001 \times 1100 = 11001100 \rightarrow 17 \times 12 = 204$$

Quelques systèmes de numération.

- Système binaire (base 2).

Celui que vous venez de découvrir. Très utilisé en informatique.

- Système décimal (base 10).

Celui que vous utilisez tous les jours

- Système hexadécimal (base 16).

Utilisé en électronique et en informatique.

- Système sexagésimal (base 60).

Celui utilisé par les babyloniens et par nous !
$\rightarrow$ 1 heure $=$ 60 minutes et 1 minute $=$ 60 secondes.
$\rightarrow$ un tour sur soi-même $=$ 360 degrés.

Origine probable : nous comptons les $(4 \times 3 = 12)$ phalanges avec le pouce et l'autre main sert pour les retenus (5 doigts) $\rightarrow 12 \times 5 = 60$.

Découvrir les graphes

**Pas besoin de réfléchir,
les ordinateurs calculent tellement vite ?**

La magie des graphes et du binaire

Comment gagner aux jeux combinatoires

La Recherche

Comment gagner aux jeux combinatoires

Jeux impartiaux

Exemples de jeux (jeu des bâtonnets...)

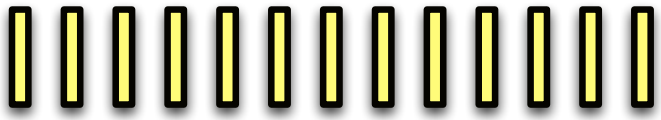
Théorème de Sprague-Grundy et stratégies gagnantes

Autres jeux (partisans...)

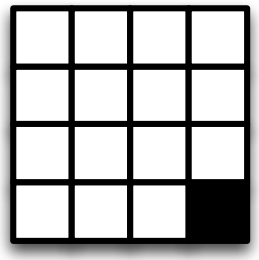
Exemples de jeux, stratégies gagnantes et problèmes ouverts

Problème de préchargement de pages Web

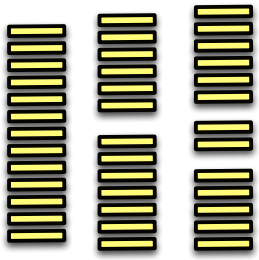
Jeu des bâtonnets.

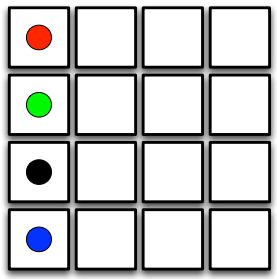


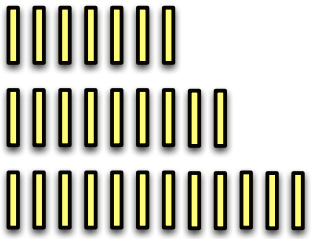
Jeu du carreau de chocolat empoisonné.



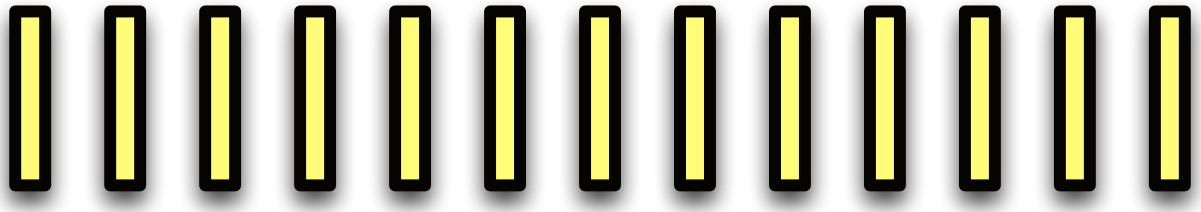
Jeu de Grundy. Jeu du tableau. Jeu de Nim.







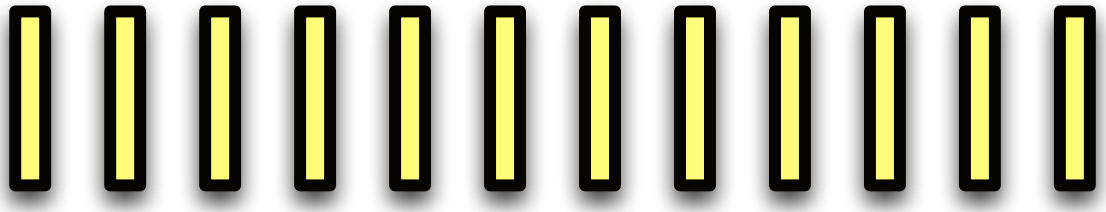
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À vous de jouer. Combien de bâtonnets prenez-vous ?

1 bâtonnet 2 bâtonnets 3 bâtonnets

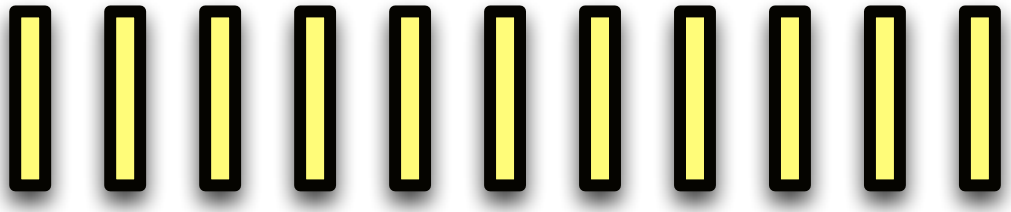
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

1 bâtonnet 2 bâtonnets 3 bâtonnets

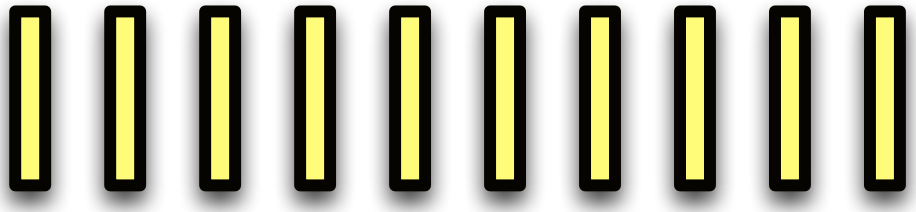
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

1 bâtonnet 2 bâtonnets 3 bâtonnets

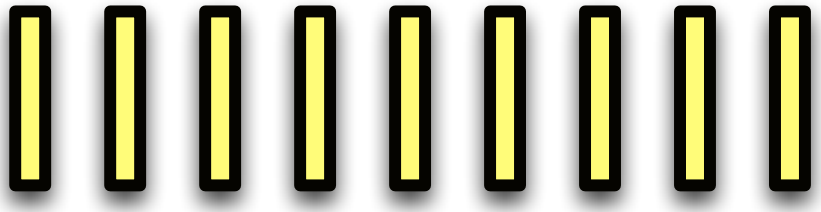
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

1 bâtonnet 2 bâtonnets 3 bâtonnets

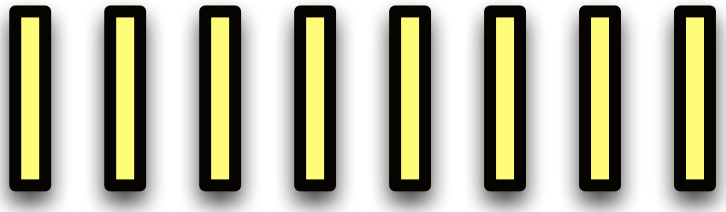
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À vous de jouer. Combien de bâtonnets prenez-vous ?

1 bâtonnet 2 bâtonnets 3 bâtonnets

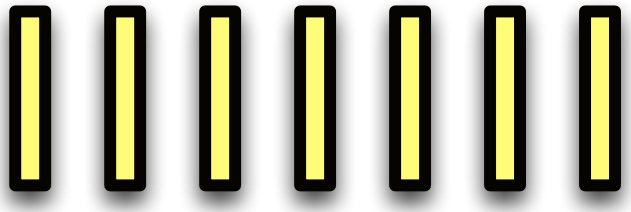
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

1 bâtonnet 2 bâtonnets 3 bâtonnets

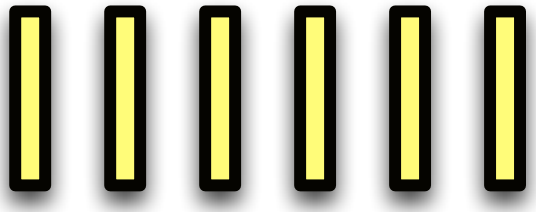
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

1 bâtonnet 2 bâtonnets 3 bâtonnets

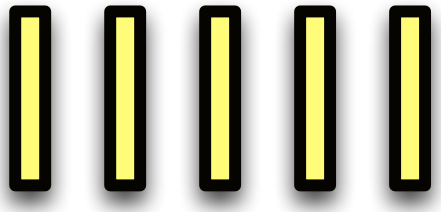
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

1 bâtonnet 2 bâtonnets 3 bâtonnets

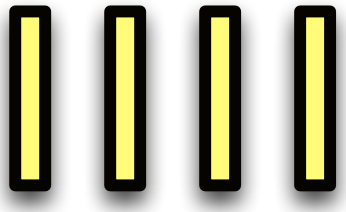
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À vous de jouer. Combien de bâtonnets prenez-vous ?

1 bâtonnet 2 bâtonnets 3 bâtonnets

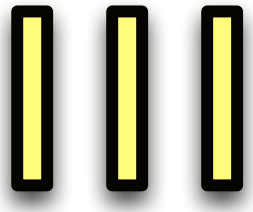
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

1 bâtonnet 2 bâtonnets 3 bâtonnets

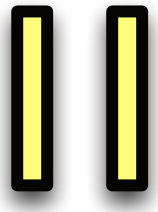
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

1 bâtonnet 2 bâtonnets 3 bâtonnets

Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



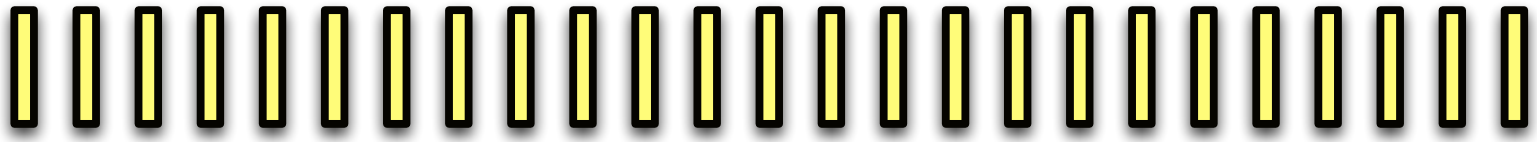
À moi de jouer. Je vais prendre...

1 bâtonnet 2 bâtonnets

Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.

Vous avez perdu ! Faire une autre partie ?

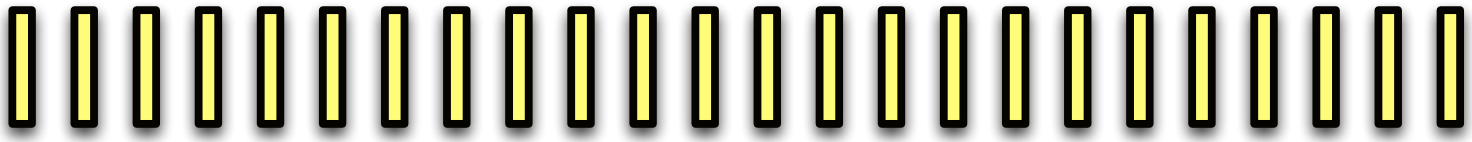
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À vous de jouer. Combien de bâtonnets prenez-vous ?

1 bâtonnet 2 bâtonnets 3 bâtonnets

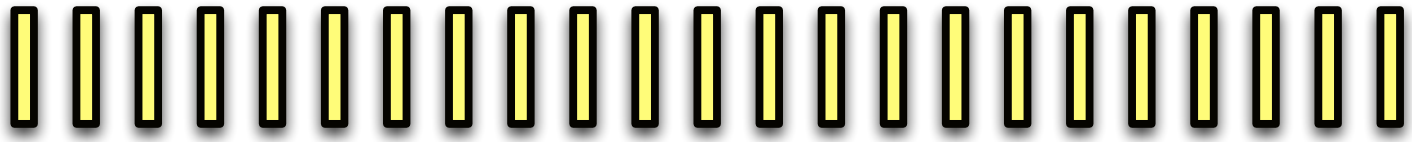
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

3 bâtonnets

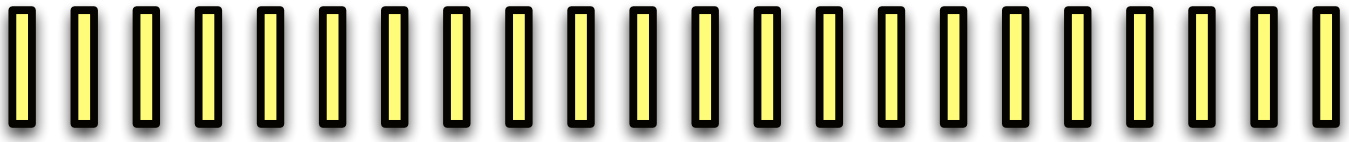
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

2 bâtonnets

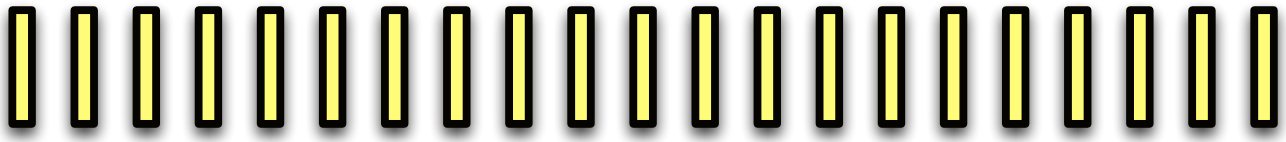
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

1 bâtonnet

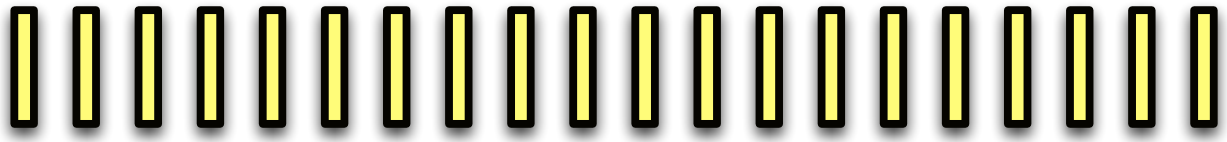
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À vous de jouer. Combien de bâtonnets prenez-vous ?

1 bâtonnet 2 bâtonnets 3 bâtonnets

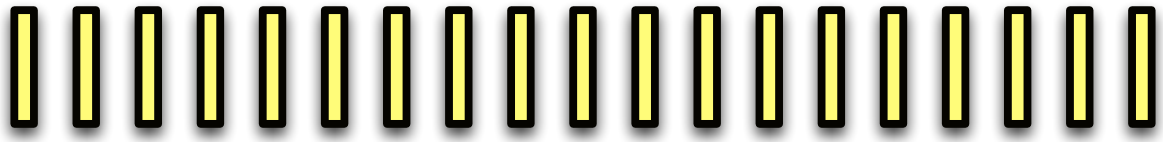
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

3 bâtonnets

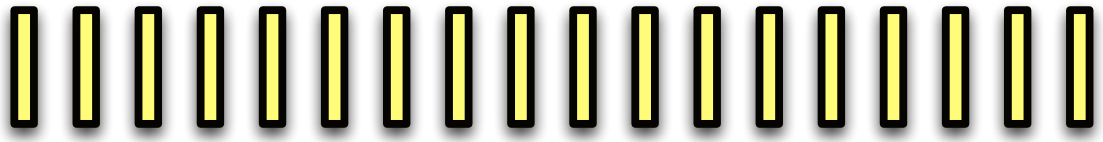
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

2 bâtonnets

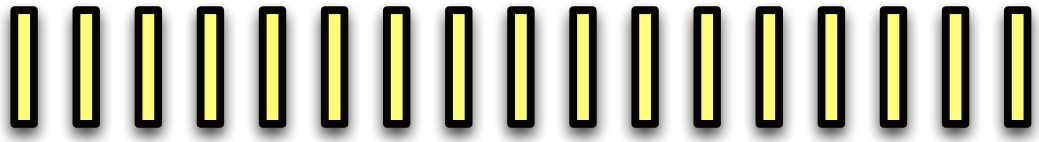
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

1 bâtonnet

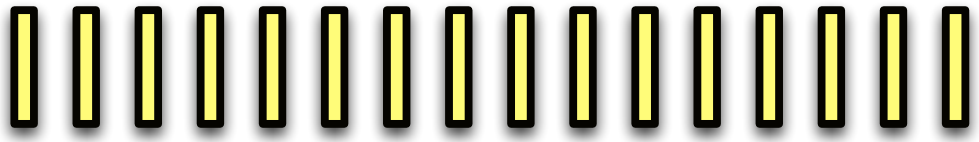
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À vous de jouer. Combien de bâtonnets prenez-vous ?

1 bâtonnet 2 bâtonnets 3 bâtonnets

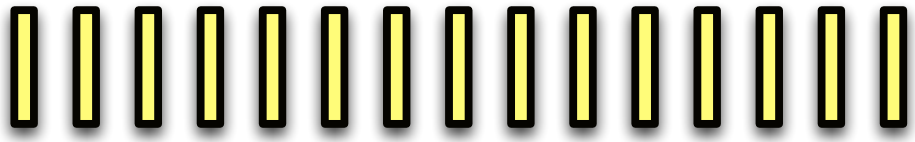
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

3 bâtonnets

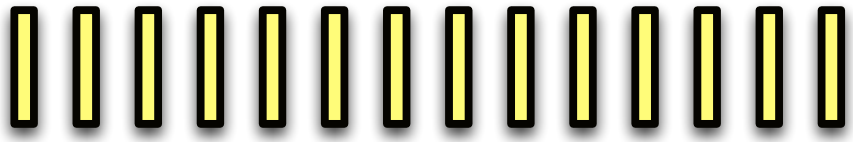
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

2 bâtonnets

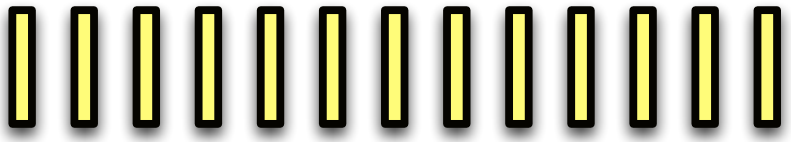
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

1 bâtonnet

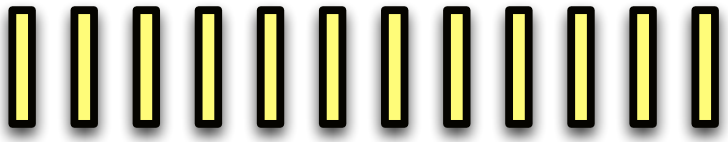
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À vous de jouer. Combien de bâtonnets prenez-vous ?

1 bâtonnet 2 bâtonnets 3 bâtonnets

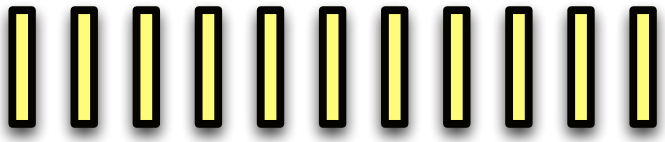
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

3 bâtonnets

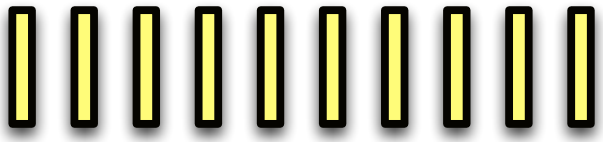
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

2 bâtonnets

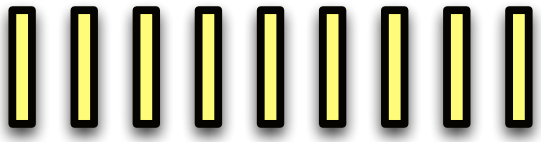
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

1 bâtonnet

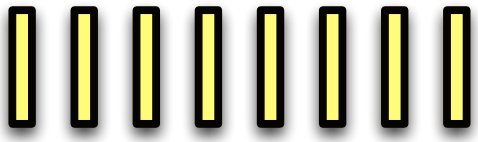
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À vous de jouer. Combien de bâtonnets prenez-vous ?

1 bâtonnet 2 bâtonnets 3 bâtonnets

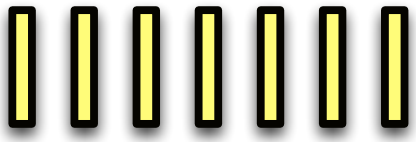
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

3 bâtonnets

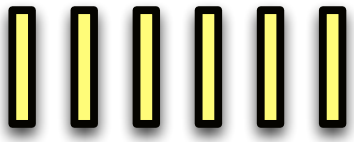
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

2 bâtonnets

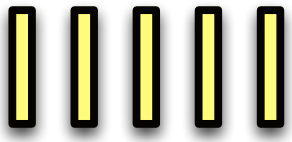
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

1 bâtonnet

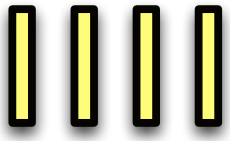
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À vous de jouer. Combien de bâtonnets prenez-vous ?

1 bâtonnet 2 bâtonnets 3 bâtonnets

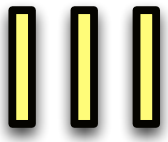
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

3 bâtonnets

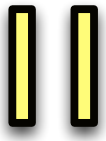
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

2 bâtonnets

Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.



À moi de jouer. Je vais prendre...

1 bâtonnet

Chacun leur tour, les deux joueurs prennent 1, 2 ou 3 bâtonnets.
Le joueur qui prend le dernier bâtonnet a perdu.

Vous avez perdu ! Faire une autre partie ?

Jeu avec 5 bâtonnets et vous commencez.

Si vous prenez 3 bâtonnets, alors je prends 1 bâtonnet.

Si vous prenez 2 bâtonnets, alors je prends 2 bâtonnets.

Si vous prenez 1 bâtonnet, alors je prends 3 bâtonnets.

Il reste 1 bâtonnet et c'est à vous de jouer.

Vous avez perdu.

Jeu avec 9 bâtonnets et vous commencez.

Si vous prenez 3 bâtonnets,	Si vous prenez 2 bâtonnets,	Si vous prenez 1 bâtonnet,
alors je prends 1 bâtonnet.	alors je prends 2 bâtonnets.	alors je prends 3 bâtonnets.

Il reste 5 bâtonnets et c'est à vous de jouer.

Vous allez perdre.

Jeu avec 13 bâtonnets et vous commencez.

Si vous prenez 3 bâtonnets,	Si vous prenez 2 bâtonnets,	Si vous prenez 1 bâtonnet,
alors je prends 1 bâtonnet.	alors je prends 2 bâtonnets.	alors je prends 3 bâtonnets.

Il reste 9 bâtonnets et c'est à vous de jouer.

Vous allez perdre.

Jeu avec $4k+1$ bâtonnets et vous commencez.

Si vous prenez 3 bâtonnets, alors je prends 1 bâtonnet.

Si vous prenez 2 bâtonnets, alors je prends 2 bâtonnets.

Si vous prenez 1 bâtonnet, alors je prends 3 bâtonnets.

Il reste $4(k-1)+1$ bâtonnets et c'est à vous de jouer.

Vous allez perdre.

Jeu avec 6 bâtonnets et vous commencez.

Vous prenez 1 bâtonnet.

Il reste 5 bâtonnets et c'est à moi de jouer.

Vous allez gagner.

Jeu avec 7 bâtonnets et vous commencez.

Vous prenez 2 bâtonnets.

Il reste 5 bâtonnets et c'est à moi de jouer.

Vous allez gagner.

Jeu avec 8 bâtonnets et vous commencez.

Vous prenez 3 bâtonnets.

Il reste 5 bâtonnets et c'est à moi de jouer.

Vous allez gagner.

Nombre de bâtonnets	Le joueur qui commence...
1	perd
2	gagne
3	gagne
4	gagne
5	perd
6	gagne
7	gagne
8	gagne
9	perd
10	gagne
11	gagne
12	gagne
...	...

Le joueur qui commence perd s'il y a

1,5,9,13,17,21,25,29,33,37,41,45... bâtonnets.

Le joueur qui commence gagne s'il y a

2,3,4,6,7,8,10,11,12,14,15,16,18,19,20... bâtonnets.

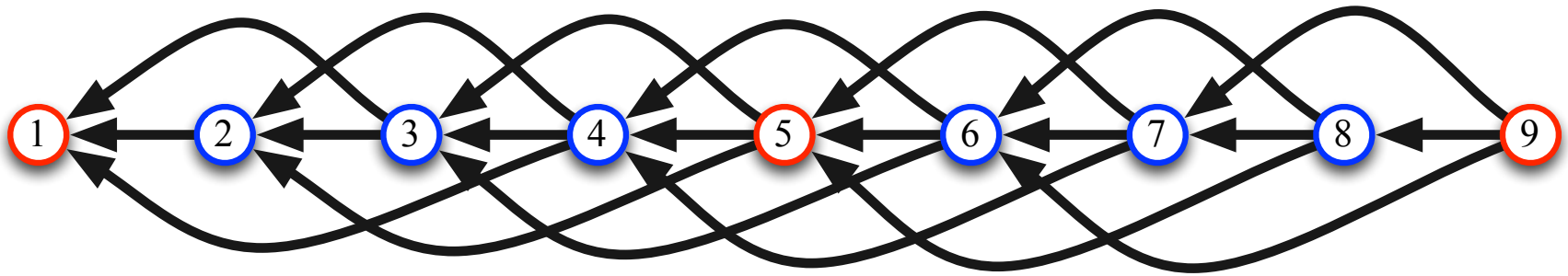
Jeux impartiaux.

Le jeu des bâtonnets.

- Les deux joueurs jouent à tour de rôle.
- L'information est complète.
- Aucun hasard n'intervient (pas de lancer de dé par exemple).
- Il y a toujours un gagnant et un perdant (pas de match nul).
- Les possibilités de mouvement ne dépendent pas du joueur.

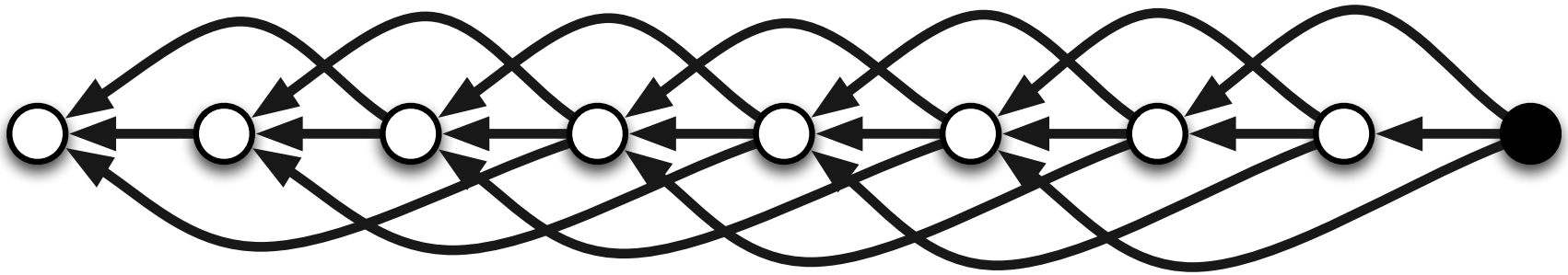
Graphe associé au jeu des bâtonnets.

Chaque sommet représente un nombre de bâtonnets.
Chaque arc représente une action possible d'un joueur.



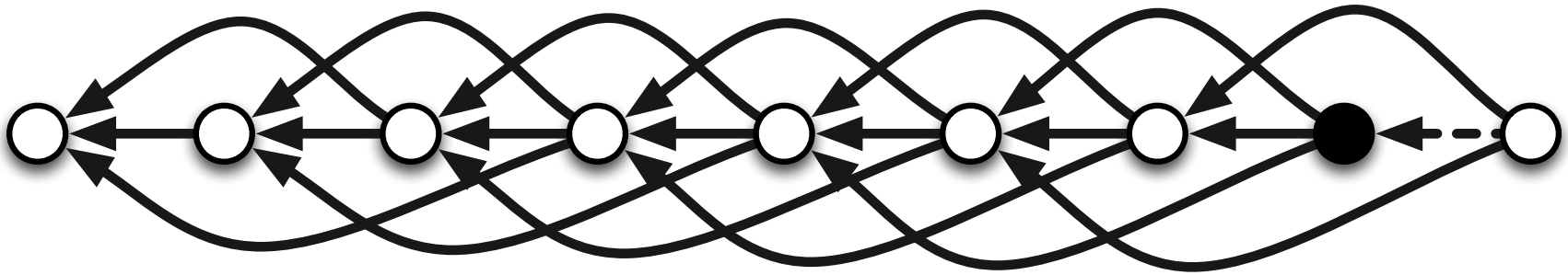
Jeu sur un graphe orienté sans circuit.

Initialement, un pion sur un le sommet noir.
Chacun leur tour, les joueurs déplacent le pion suivant un arc.
Le joueur qui ne peut plus jouer a perdu.



Jeu sur un graphe orienté sans circuit.

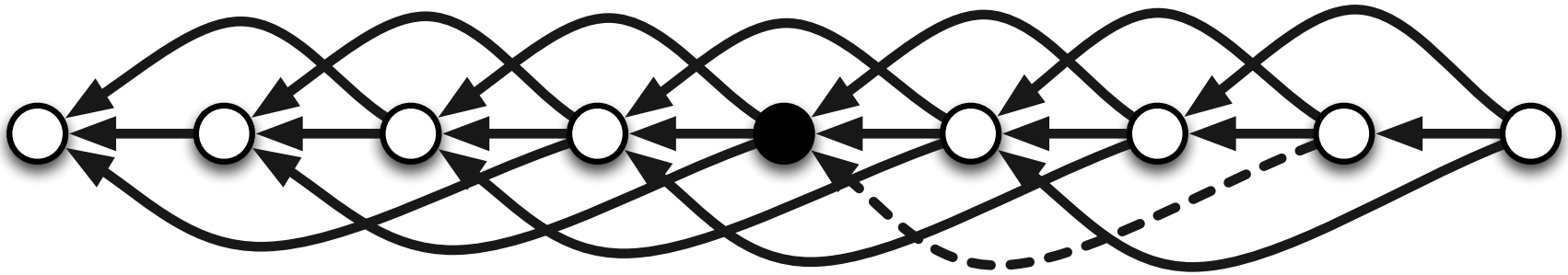
Initialement, un pion sur un le sommet noir.
Chacun leur tour, les joueurs déplacent le pion suivant un arc.
Le joueur qui ne peut plus jouer a perdu.



Le joueur 1 joue.

Jeu sur un graphe orienté sans circuit.

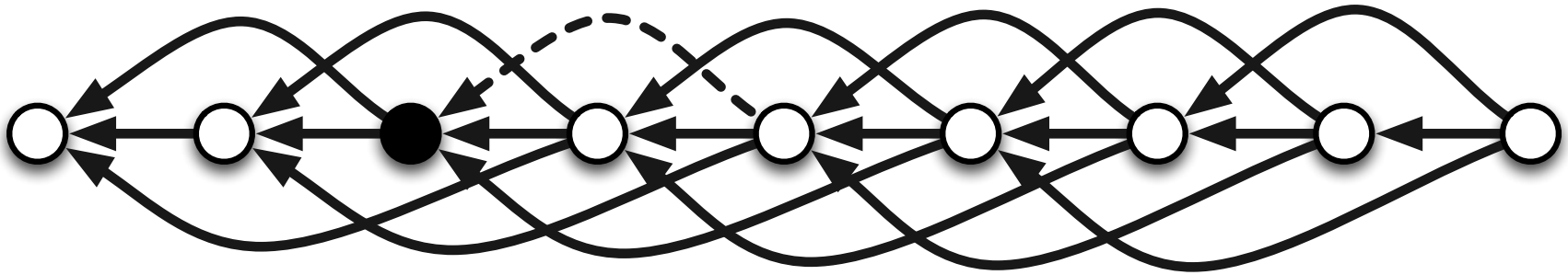
Initialement, un pion sur un le sommet noir.
Chacun leur tour, les joueurs déplacent le pion suivant un arc.
Le joueur qui ne peut plus jouer a perdu.



Le joueur 2 joue.

Jeu sur un graphe orienté sans circuit.

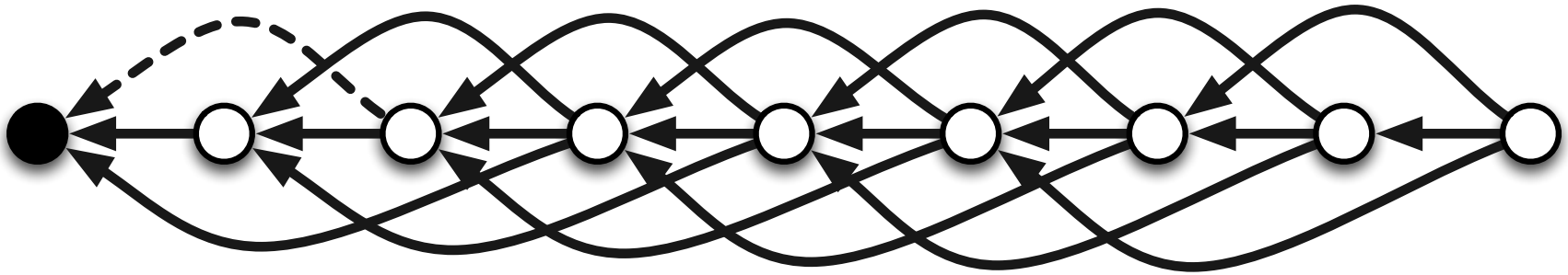
Initialement, un pion sur un le sommet noir.
Chacun leur tour, les joueurs déplacent le pion suivant un arc.
Le joueur qui ne peut plus jouer a perdu.



Le joueur 1 joue.

Jeu sur un graphe orienté sans circuit.

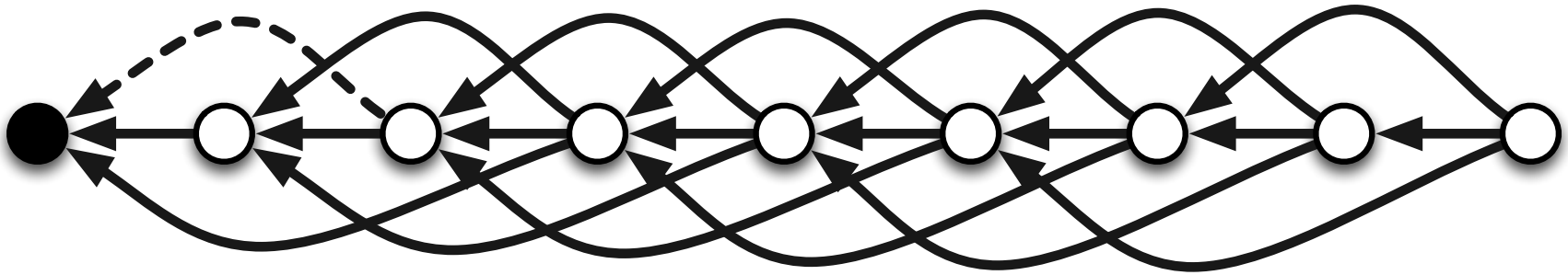
Initialement, un pion sur un le sommet noir.
Chacun leur tour, les joueurs déplacent le pion suivant un arc.
Le joueur qui ne peut plus jouer a perdu.



Le joueur 2 joue.

Jeu sur un graphe orienté sans circuit.

Initialement, un pion sur un le sommet noir.
Chacun leur tour, les joueurs déplacent le pion suivant un arc.
Le joueur qui ne peut plus jouer a perdu.



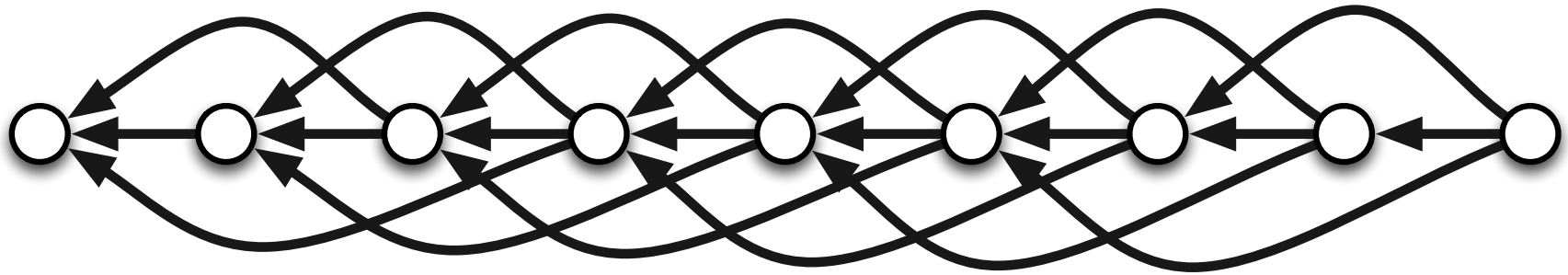
Le joueur 1 ne peut plus jouer et perd.

Théorème de Sprague-Grundy.

Si aucun arc ne sort d'un sommet, alors il est perdant.

Si un sommet pointe vers au moins un perdant, alors il est gagnant.

Si un sommet pointe uniquement vers des gagnants, alors il est perdant.

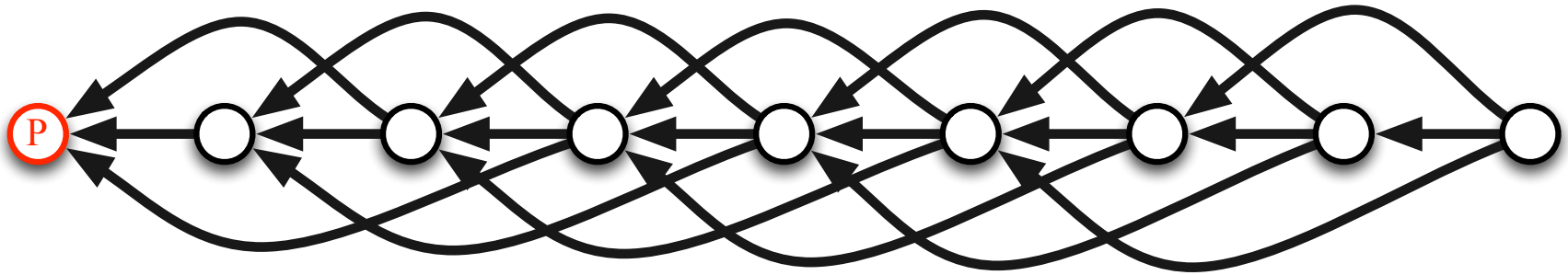


Théorème de Sprague-Grundy.

Si aucun arc ne sort d'un sommet, alors il est perdant.

Si un sommet pointe vers au moins un perdant, alors il est gagnant.

Si un sommet pointe uniquement vers des gagnants, alors il est perdant.

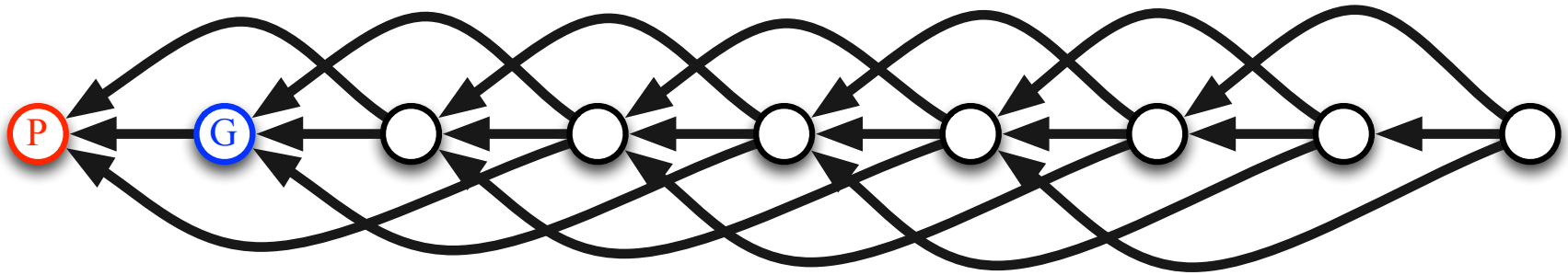


Théorème de Sprague-Grundy.

Si aucun arc ne sort d'un sommet, alors il est perdant.

Si un sommet pointe vers au moins un perdant, alors il est gagnant.

Si un sommet pointe uniquement vers des gagnants, alors il est perdant.

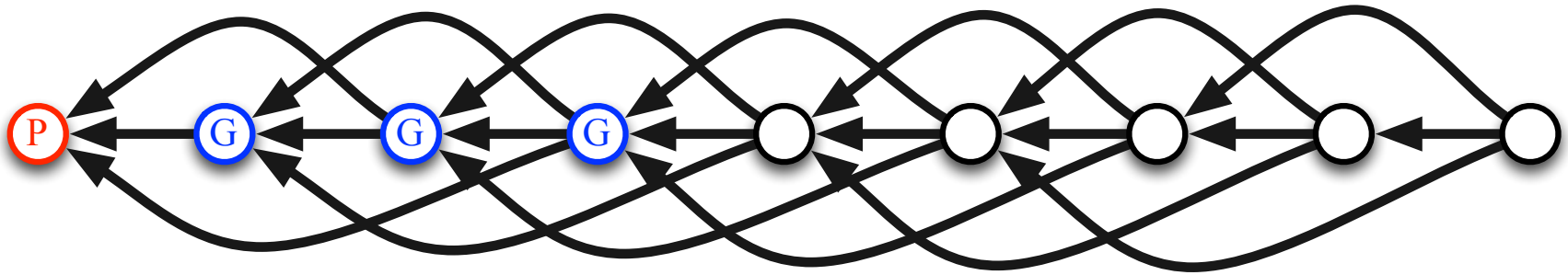


Théorème de Sprague-Grundy.

Si aucun arc ne sort d'un sommet, alors il est perdant.

Si un sommet pointe vers au moins un perdant, alors il est gagnant.

Si un sommet pointe uniquement vers des gagnants, alors il est perdant.

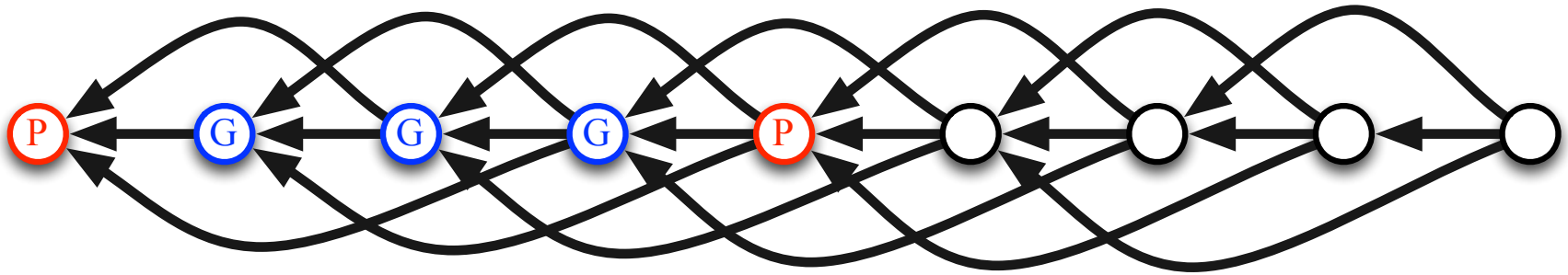


Théorème de Sprague-Grundy.

Si aucun arc ne sort d'un sommet, alors il est perdant.

Si un sommet pointe vers au moins un perdant, alors il est gagnant.

Si un sommet pointe uniquement vers des gagnants, alors il est perdant.

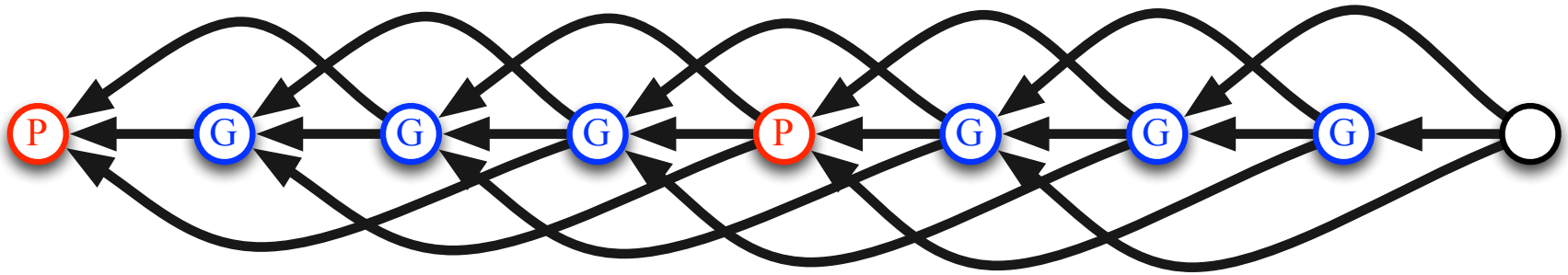


Théorème de Sprague-Grundy.

Si aucun arc ne sort d'un sommet, alors il est perdant.

Si un sommet pointe vers au moins un perdant, alors il est gagnant.

Si un sommet pointe uniquement vers des gagnants, alors il est perdant.

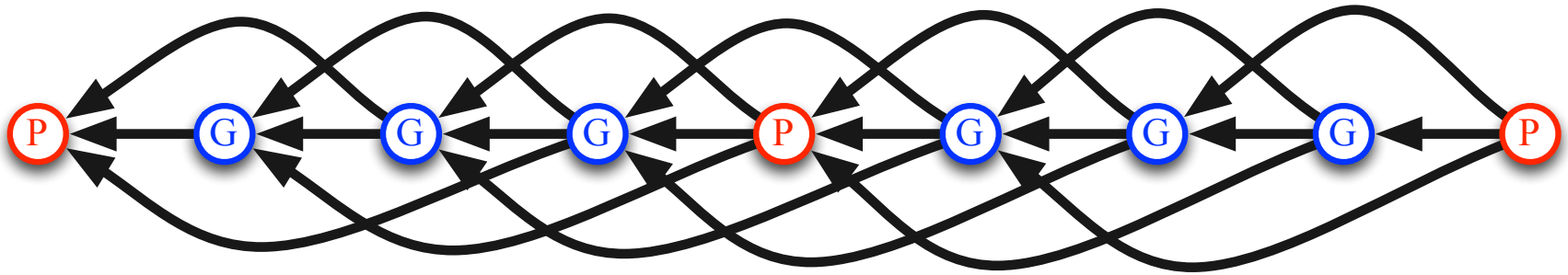


Théorème de Sprague-Grundy.

Si aucun arc ne sort d'un sommet, alors il est perdant.

Si un sommet pointe vers au moins un perdant, alors il est gagnant.

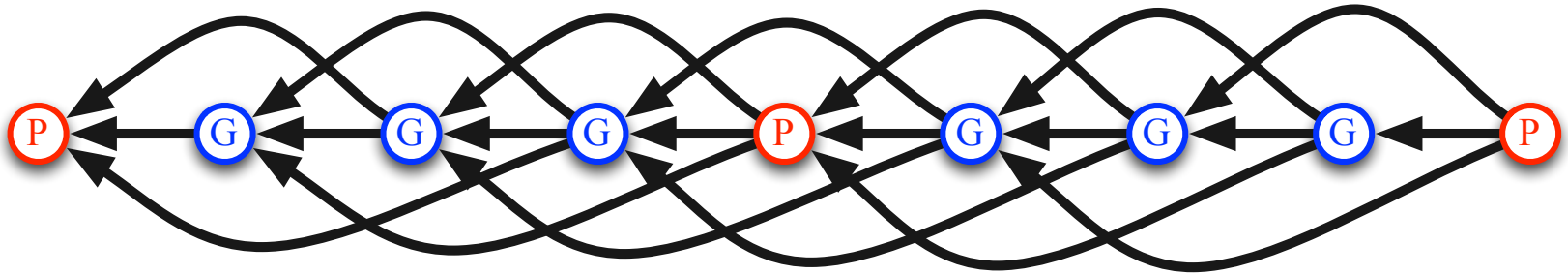
Si un sommet pointe uniquement vers des gagnants, alors il est perdant.



Stratégie = déplacer le pion vers un sommet perdant.

Possible si le pion est sur un sommet gagnant.

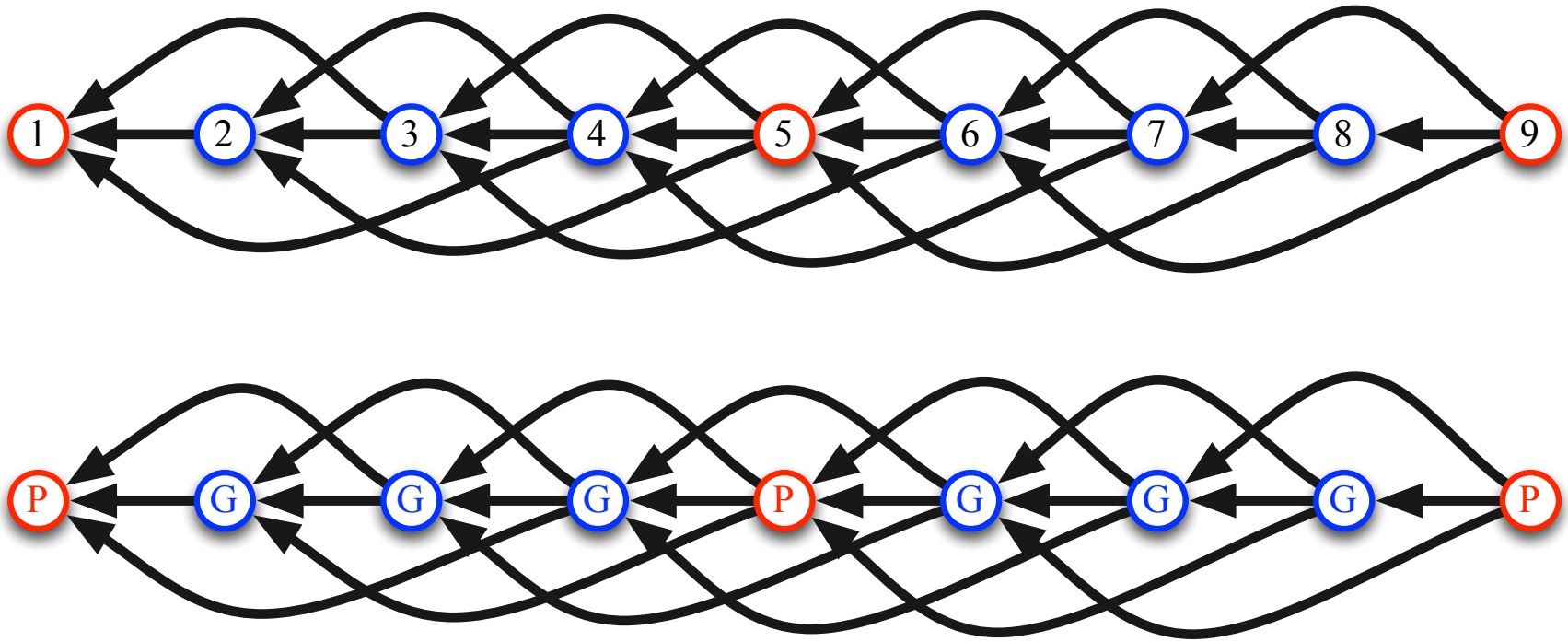
Impossible si le pion est sur un sommet perdant.



Si le sommet de départ est gagnant, alors le premier joueur gagne.

Si le sommet de départ est perdant, alors le premier joueur perd.

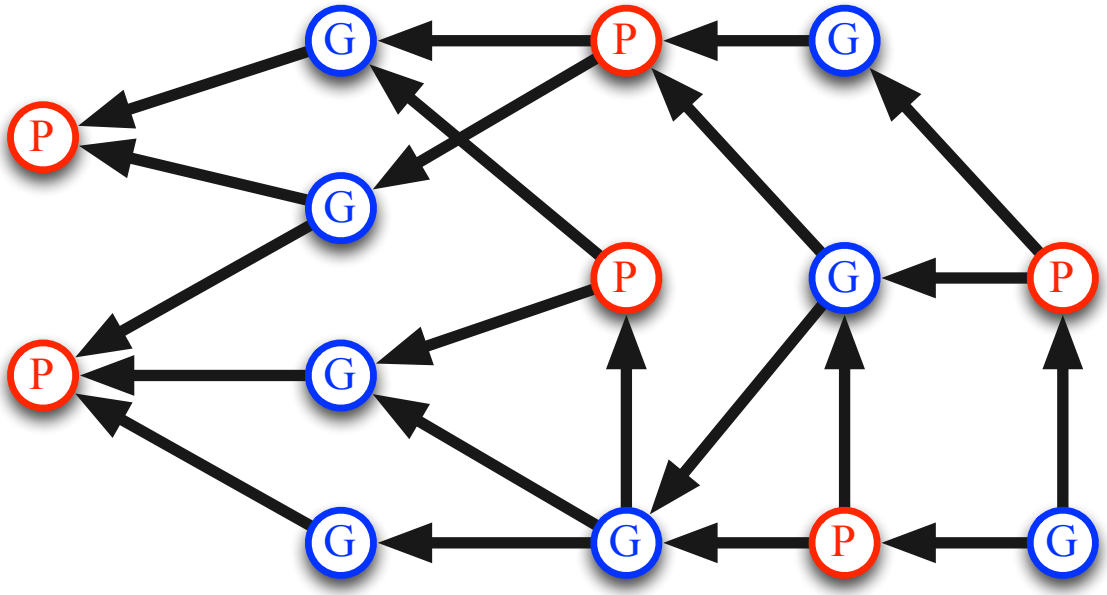
Jeu sur le graphe $\Leftrightarrow$ Jeu des bâtonnets.



Si le sommet de départ est gagnant, alors le premier joueur gagne.

Si le sommet de départ est perdant, alors le premier joueur perd.

Un **jeu impartial** se modélise par un jeu sur un graphe orienté sans circuit.

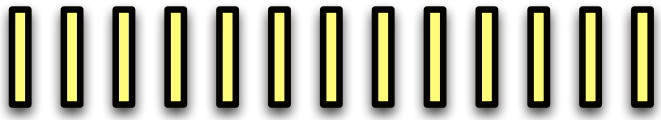


Théorème de Sprague-Grundy.

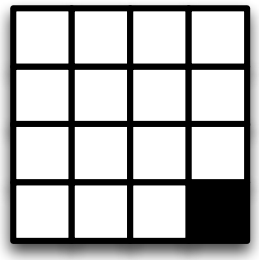
Si le sommet de départ est gagnant, alors le premier joueur gagne.

Si le sommet de départ est perdant, alors le premier joueur perd.

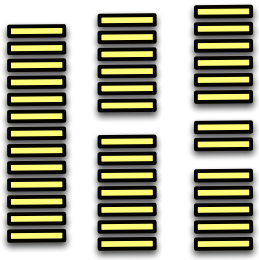
Jeu des bâtonnets.

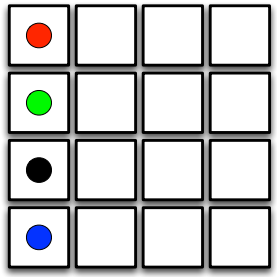


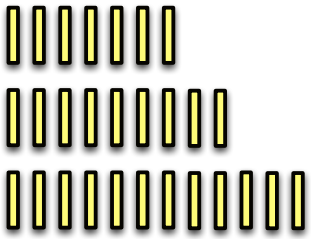
Jeu du carreau de chocolat empoisonné.



Jeu de Grundy. Jeu du tableau. Jeu de Nim.

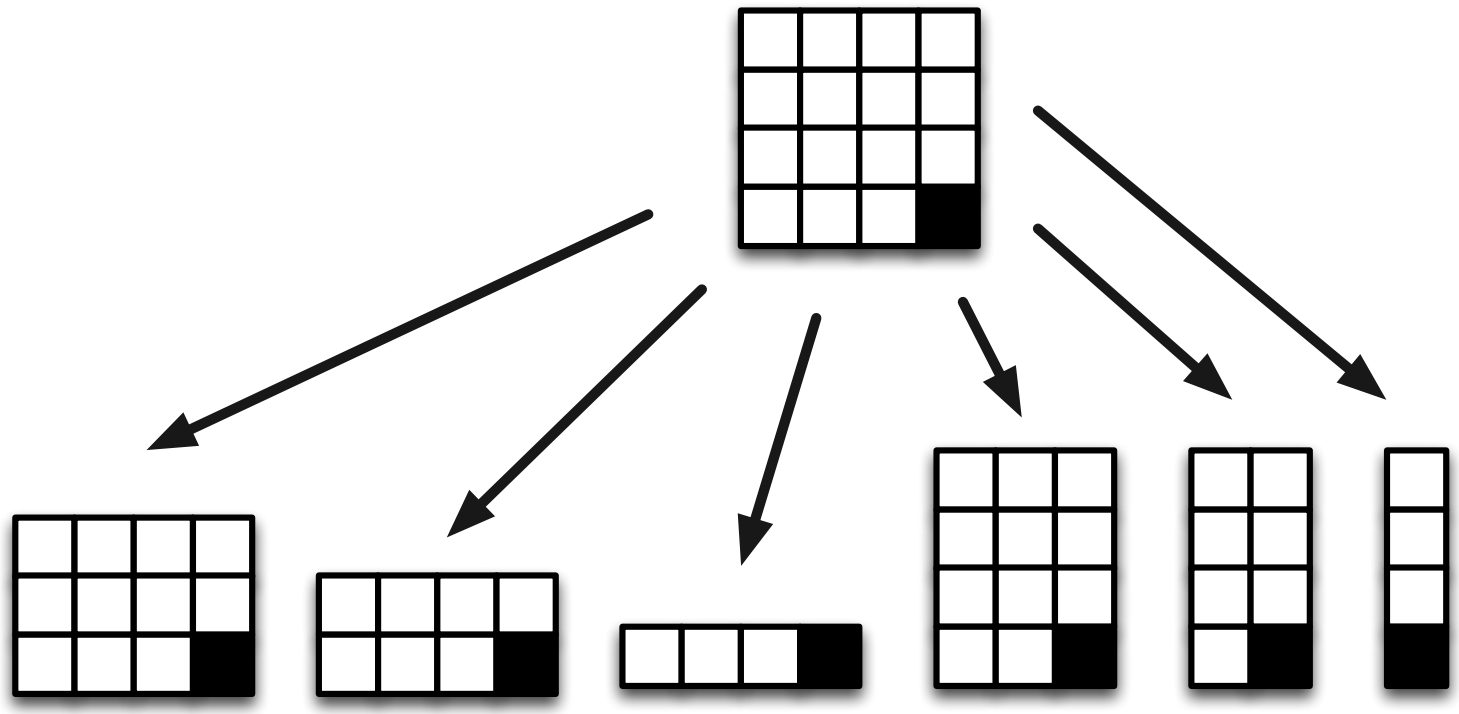






Chacun leur tour, les deux joueurs mangent une partie du chocolat suivant une coupe verticale ou horizontale.

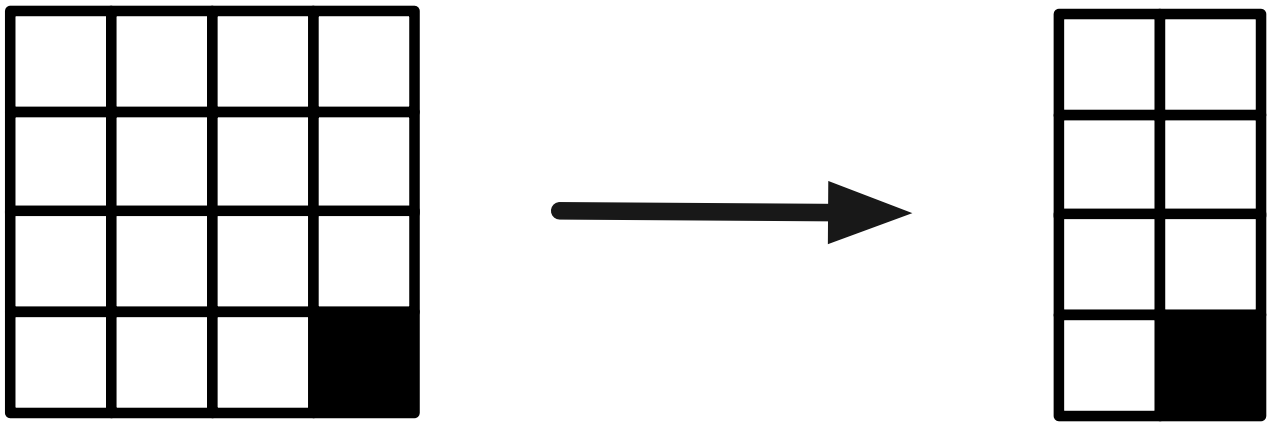
Le joueur qui mange le carreau empoissoné (noir) a perdu.



Chacun leur tour, les deux joueurs mangent une partie du chocolat suivant une coupe verticale ou horizontale.

Le joueur qui mange le carreau empoissoné (noir) a perdu.

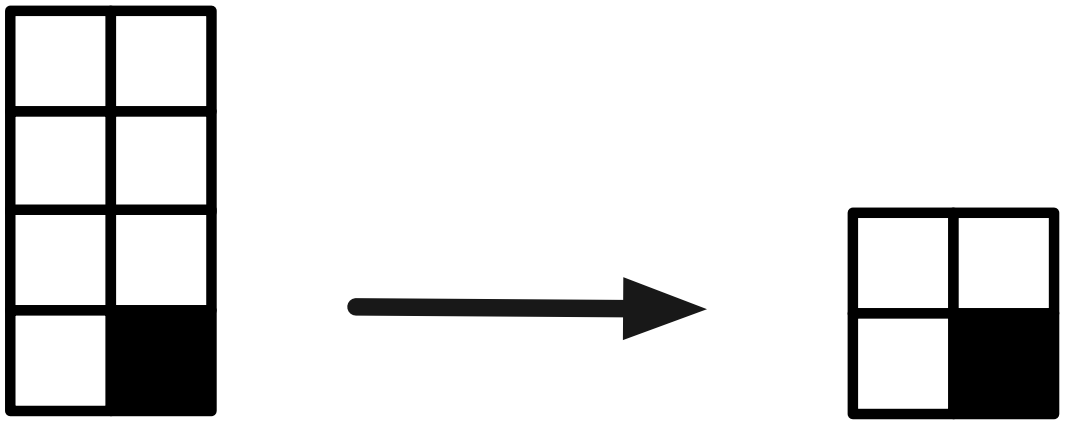
Le joueur 1 joue.



Chacun leur tour, les deux joueurs mangent une partie du chocolat suivant une coupe verticale ou horizontale.

Le joueur qui mange le carreau empoissoné (noir) a perdu.

Le joueur 2 joue.



Chacun leur tour, les deux joueurs mangent une partie du chocolat suivant une coupe verticale ou horizontale.

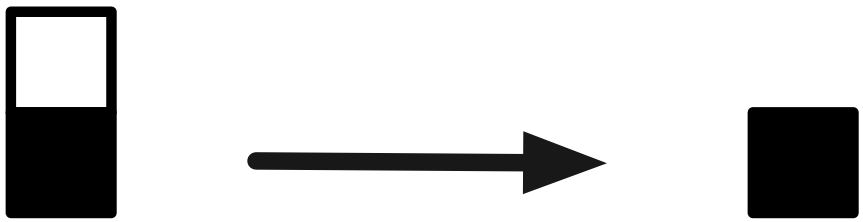
Le joueur qui mange le carreau empoissoné (noir) a perdu.

Le joueur 1 joue.

Chacun leur tour, les deux joueurs mangent une partie du chocolat suivant une coupe verticale ou horizontale.

Le joueur qui mange le carreau empoissoné (noir) a perdu.

Le joueur 2 joue.



Chacun leur tour, les deux joueurs mangent une partie du chocolat suivant une coupe verticale ou horizontale.

Le joueur qui mange le carreau empoissoné (noir) a perdu.

Le joueur 1 perd.

Jeux impartiaux.

Le jeu du carreau de chocolat empoisonné.

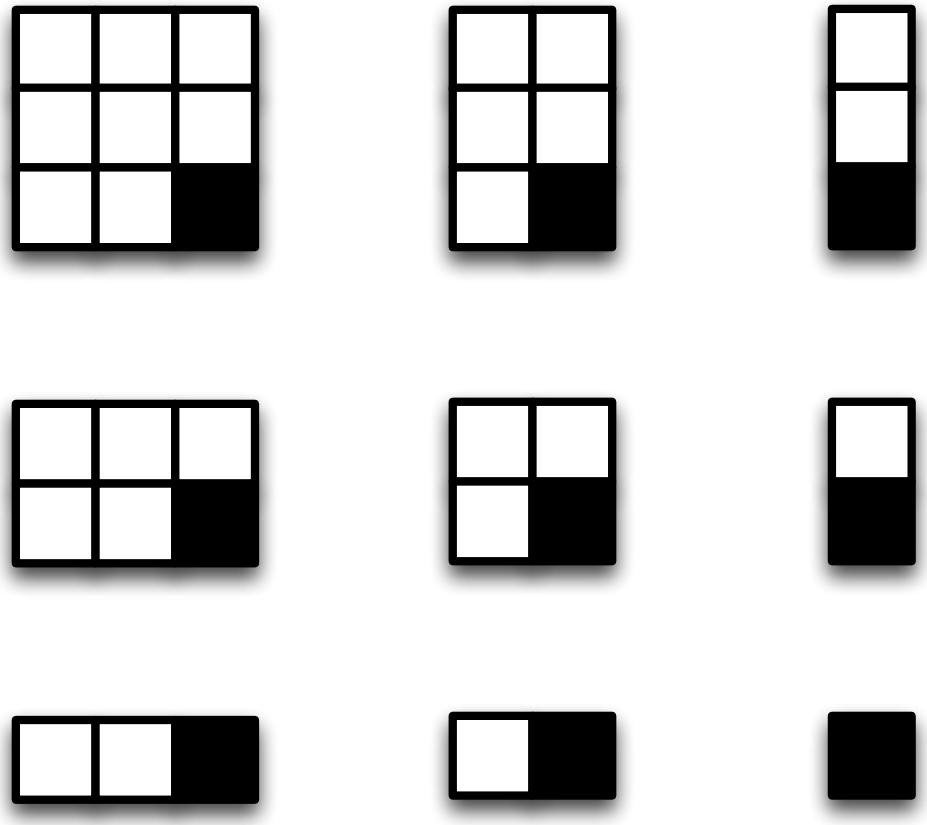
- Les deux joueurs jouent à tour de rôle.
- L'information est complète.
- Aucun hasard n'intervient (pas de lancer de dé par exemple).
- Il y a toujours un gagnant et un perdant (pas de match nul).
- Les possibilités de mouvement ne dépendent pas du joueur.

Théorème de Sprague-Grundy.

Si aucun arc ne sort d'un sommet, alors il est perdant.

Si un sommet pointe vers au moins un perdant, alors il est gagnant.

Si un sommet pointe uniquement vers des gagnants, alors il est perdant.

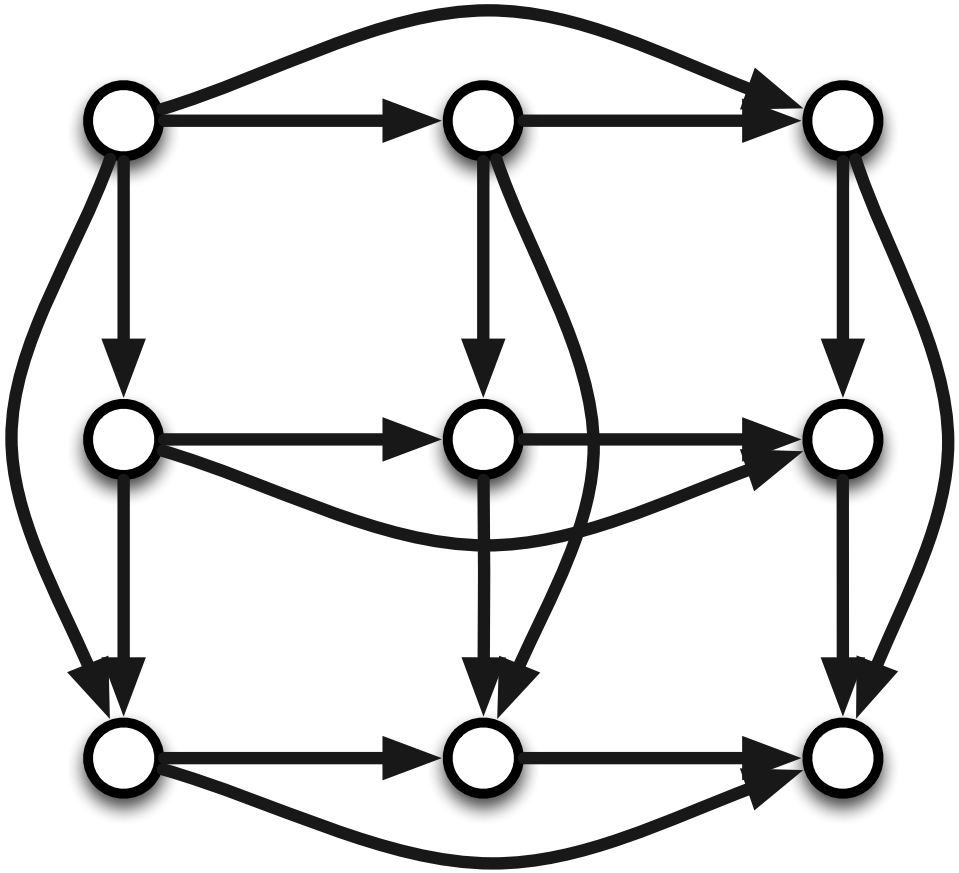


Théorème de Sprague-Grundy.

Si aucun arc ne sort d'un sommet, alors il est perdant.

Si un sommet pointe vers au moins un perdant, alors il est gagnant.

Si un sommet pointe uniquement vers des gagnants, alors il est perdant.

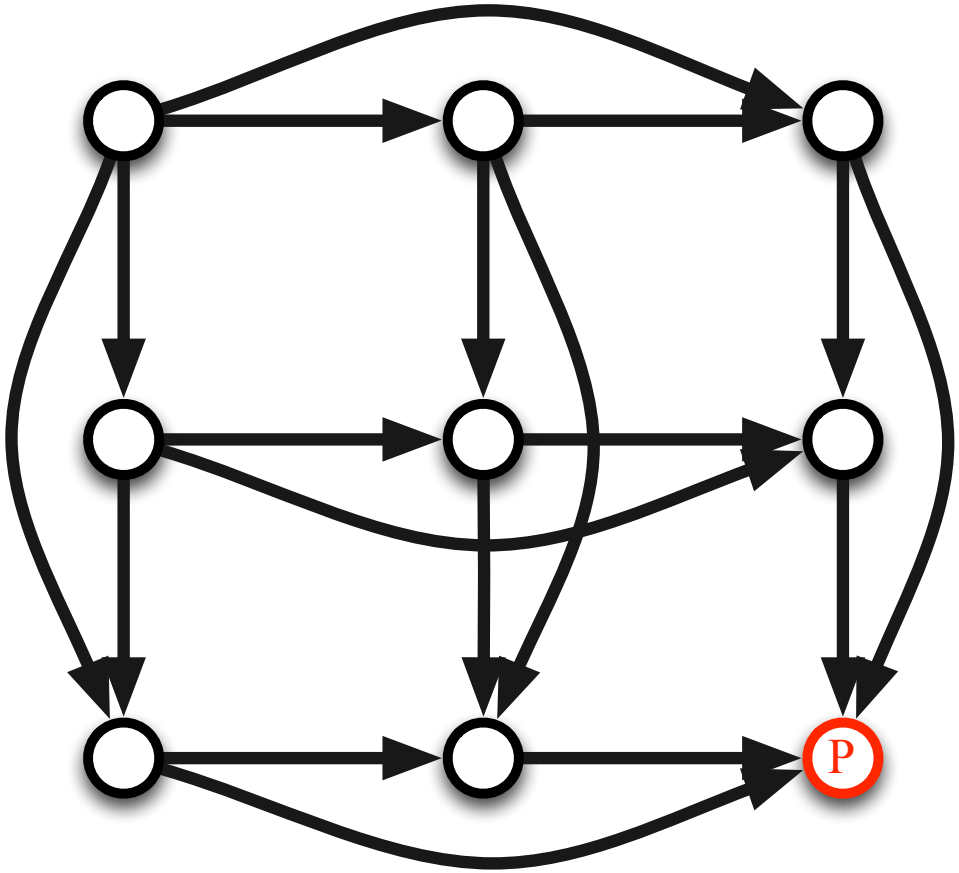


Théorème de Sprague-Grundy.

Si aucun arc ne sort d'un sommet, alors il est perdant.

Si un sommet pointe vers au moins un perdant, alors il est gagnant.

Si un sommet pointe uniquement vers des gagnants, alors il est perdant.

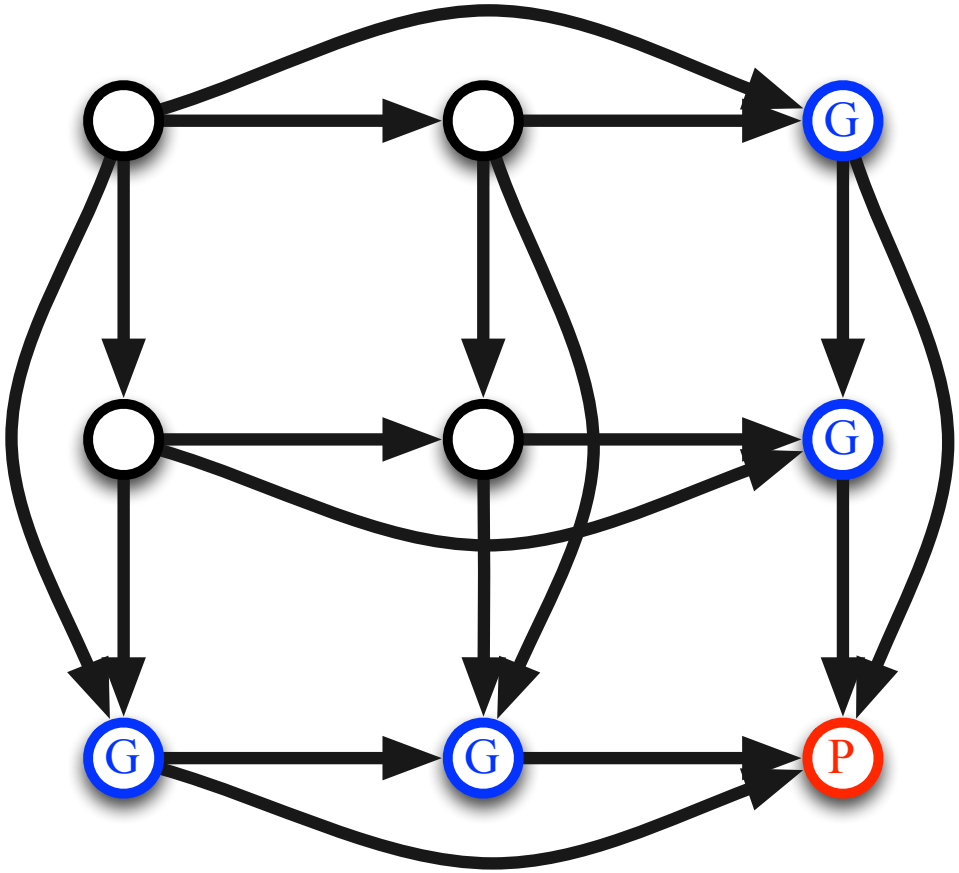


Théorème de Sprague-Grundy.

Si aucun arc ne sort d'un sommet, alors il est perdant.

Si un sommet pointe vers au moins un perdant, alors il est gagnant.

Si un sommet pointe uniquement vers des gagnants, alors il est perdant.

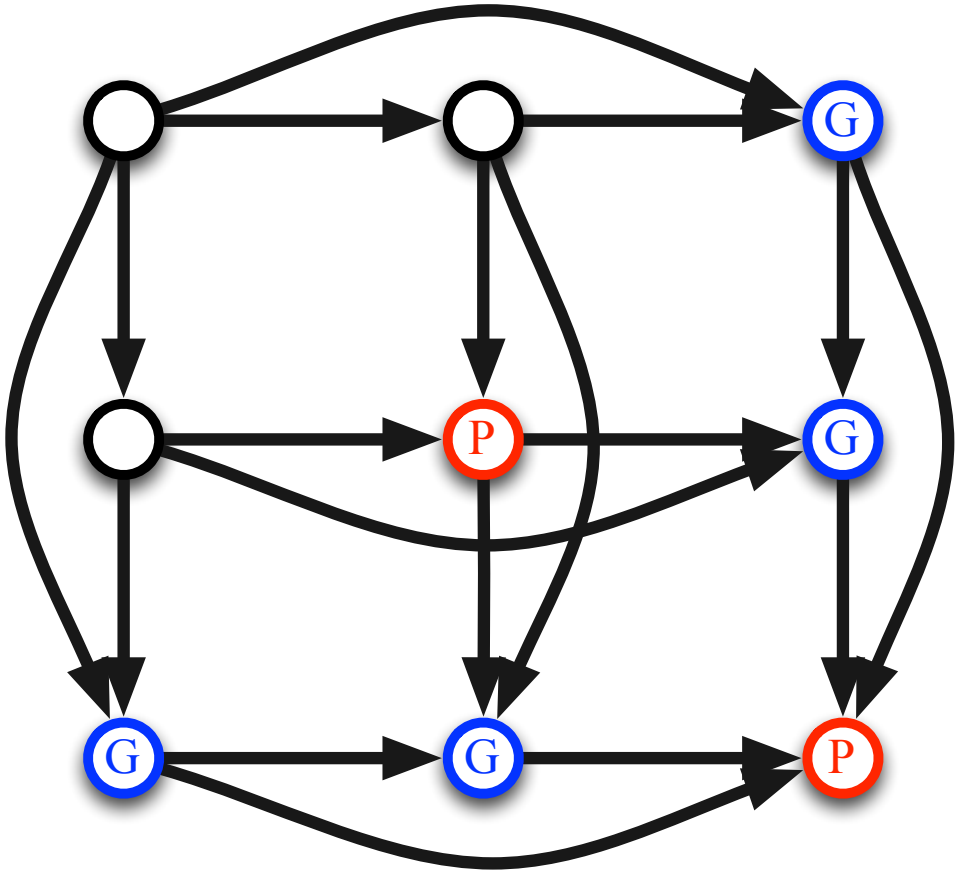


Théorème de Sprague-Grundy.

Si aucun arc ne sort d'un sommet, alors il est perdant.

Si un sommet pointe vers au moins un perdant, alors il est gagnant.

Si un sommet pointe uniquement vers des gagnants, alors il est perdant.

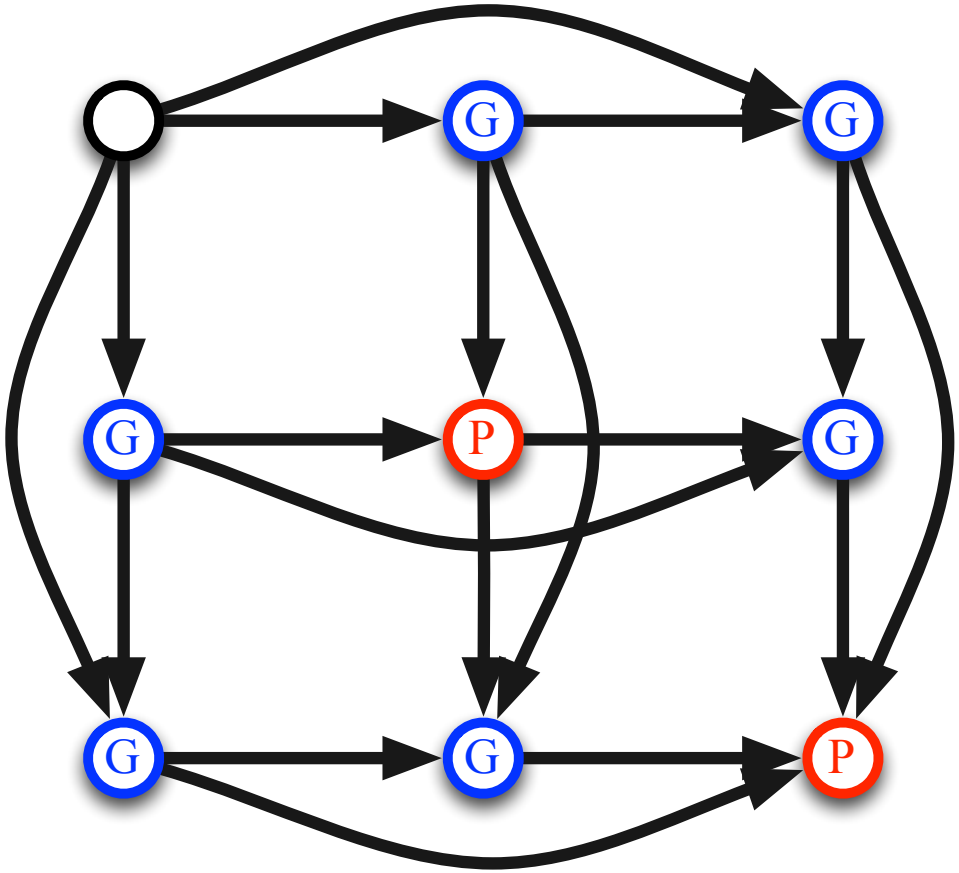


Théorème de Sprague-Grundy.

Si aucun arc ne sort d'un sommet, alors il est perdant.

Si un sommet pointe vers au moins un perdant, alors il est gagnant.

Si un sommet pointe uniquement vers des gagnants, alors il est perdant.

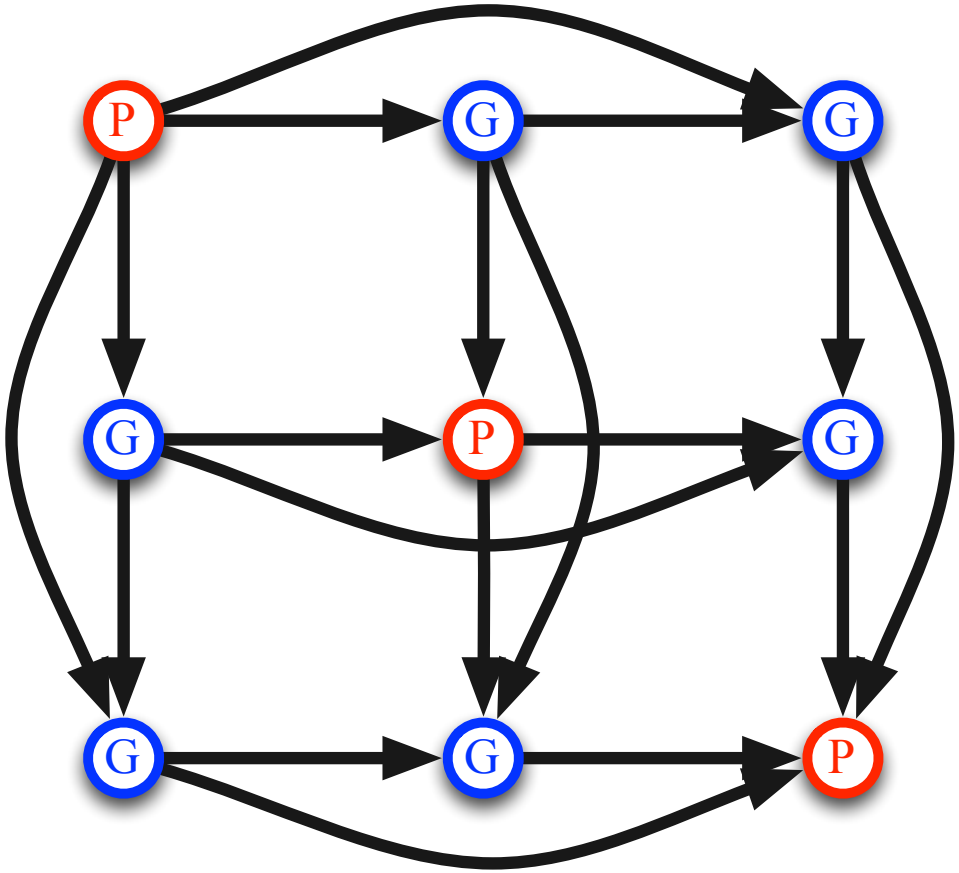


Théorème de Sprague-Grundy.

Si aucun arc ne sort d'un sommet, alors il est perdant.

Si un sommet pointe vers au moins un perdant, alors il est gagnant.

Si un sommet pointe uniquement vers des gagnants, alors il est perdant.

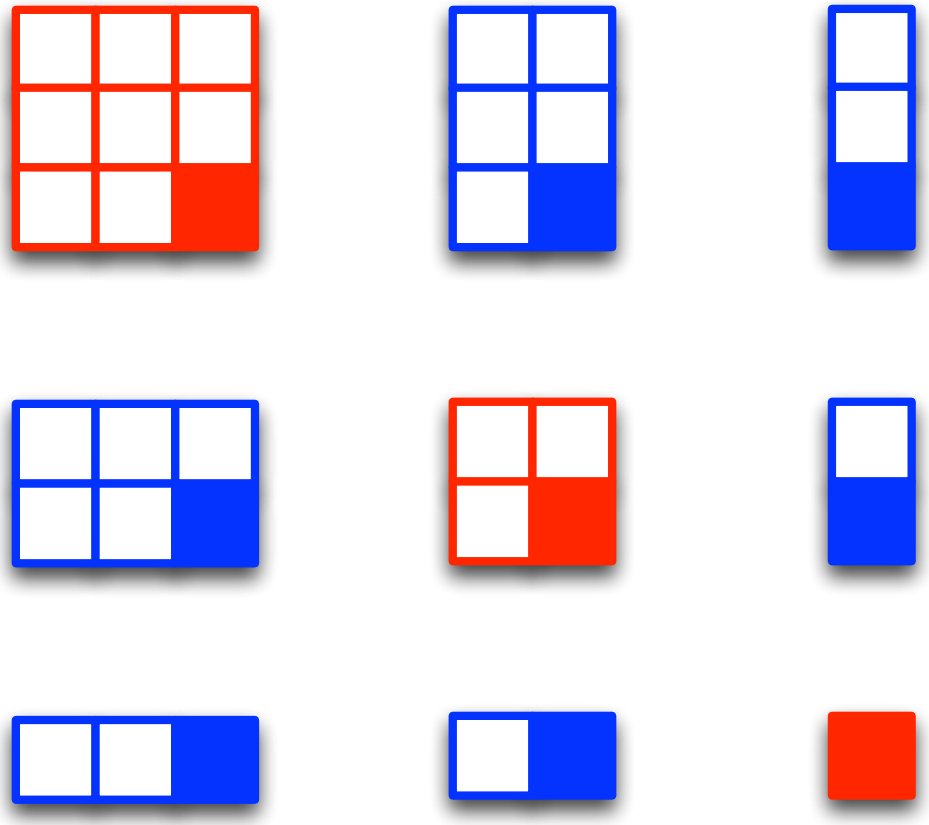


Théorème de Sprague-Grundy.

Si aucun arc ne sort d'un sommet, alors il est perdant.

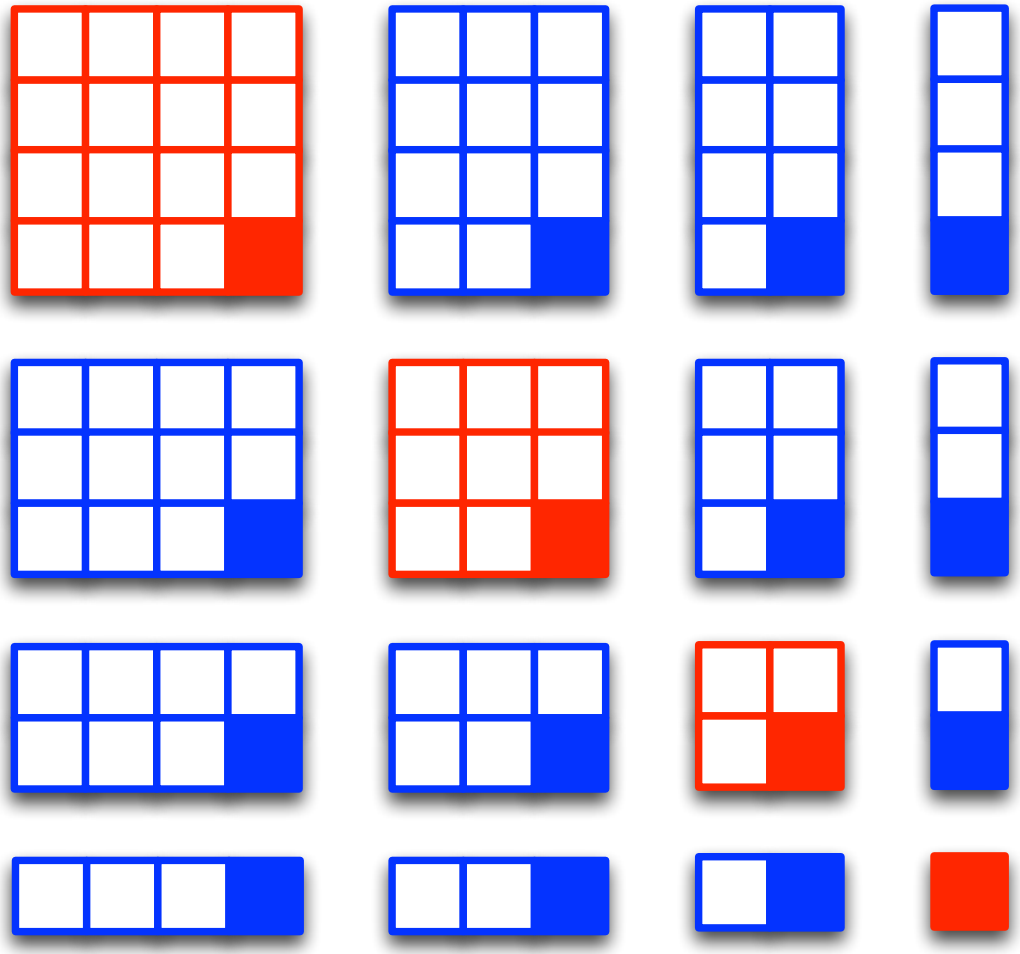
Si un sommet pointe vers au moins un perdant, alors il est gagnant.

Si un sommet pointe uniquement vers des gagnants, alors il est perdant.

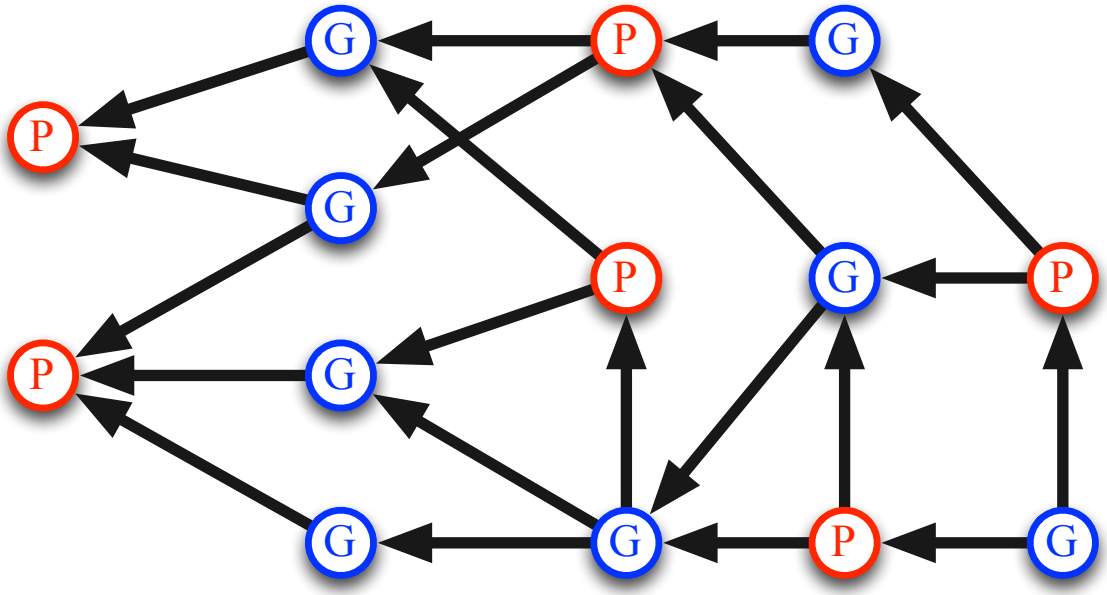


Le joueur qui commence perd si la tablette est un carré.

Le joueur qui commence gagne si la tablette n'est pas un carré.
(prendre du chocolat pour la transformer en carré)



Un **jeu impartial** se modélise par un jeu sur un graphe orienté sans circuit.

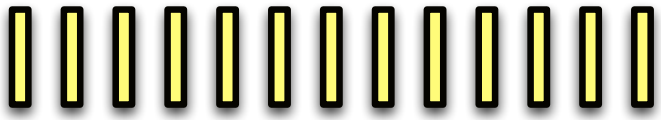


Théorème de Sprague-Grundy.

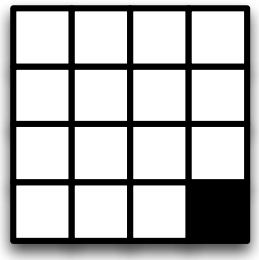
Si le sommet de départ est gagnant, alors le premier joueur gagne.

Si le sommet de départ est perdant, alors le premier joueur perd.

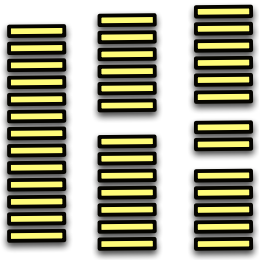
Jeu des bâtonnets.

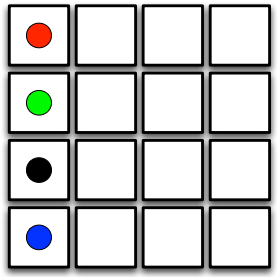


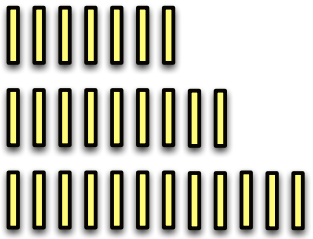
Jeu du carreau de chocolat empoisonné.



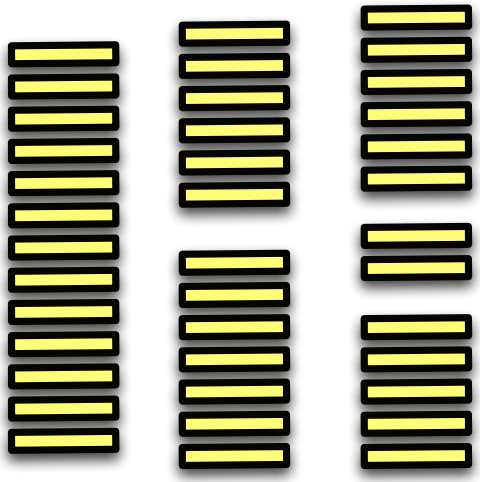
Jeu de Grundy. Jeu du tableau. Jeu de Nim.



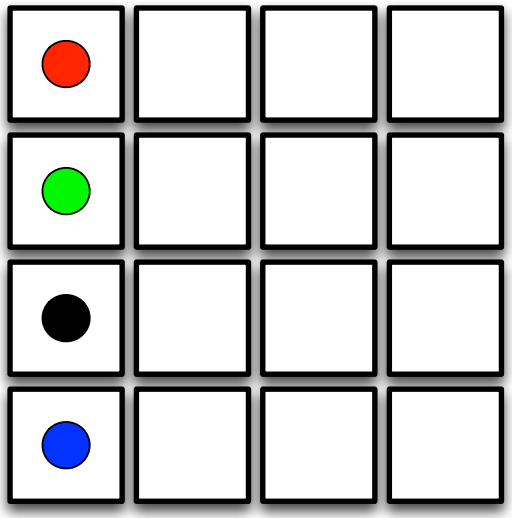




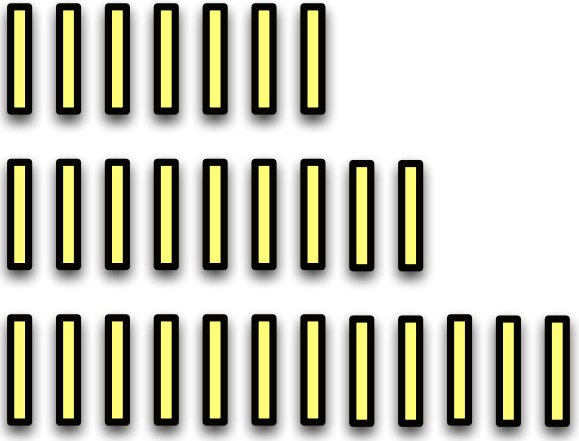
Jeu de Grundy.



Jeu de tableau.



Jeu du Nim.



Comment gagner aux jeux combinatoires

Jeux impartiaux

Exemples de jeux (jeu des bâtonnets...)

Théorème de Sprague-Grundy et stratégies gagnantes

Autres jeux (partisans...)

Exemples de jeux, stratégies gagnantes et problèmes ouverts

Problème de préchargement de pages Web

Jeux partisans.

Le jeu d'Hex.

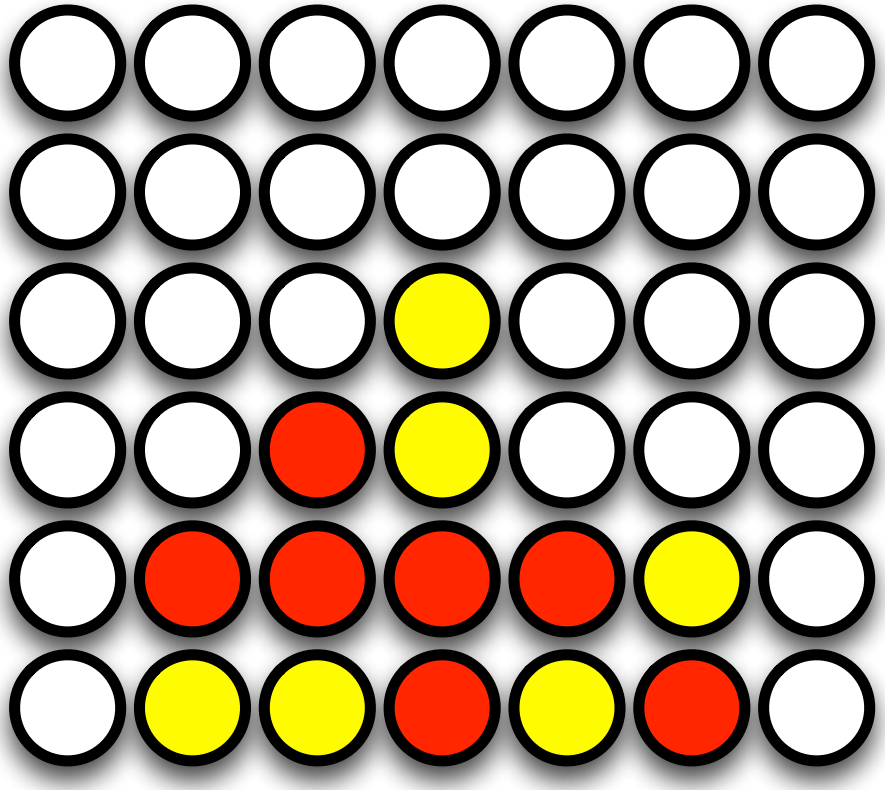
- Les deux joueurs jouent à tour de rôle.
- L'information est complète.
- Aucun hasard n'intervient (pas de lancer de dé par exemple).
- Il y a toujours un gagnant et un perdant (pas de match nul).
- **Les possibilités de mouvement varient selon le joueur.**

Autres jeux.

Puissance 4, jeu d'échecs, jeu de go, jeu de dames.

- Les deux joueurs jouent à tour de rôle.
- L'information est complète.
- Aucun hasard n'intervient (pas de lancer de dé par exemple).
- **Il y a un gagnant, un perdant ou un match nul.**
- **Les possibilités de mouvement varient selon le joueur.**

Puissance 4.



Le premier joueur peut toujours gagner.

Jeu d'échecs.

Il est théoriquement possible de prouver que

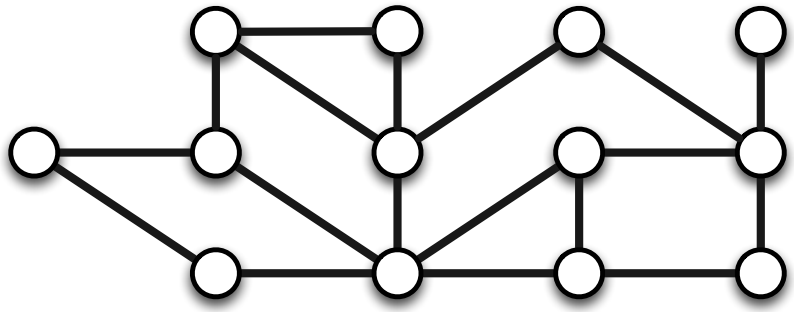
- le premier joueur peut toujours gagner ou
- le deuxième joueur peut toujours gagner ou
- les deux joueurs font toujours égalité.

Mais, pour le moment, personne n'a réussi...

Nombre de parties différentes possibles $\approx 10^{120}$.
Nombre d'atomes dans l'univers $\approx 10^{80}$.
Nombre de molécules dans une goutte d'eau $\approx 10^{21}$.

Problème de préchargement de pages Web.

(sommets = pages Web et arêtes = lien entre pages Web)



Objectif du navigateur.
Précharger des pages Web pour que le Web surfeur n'attende jamais.

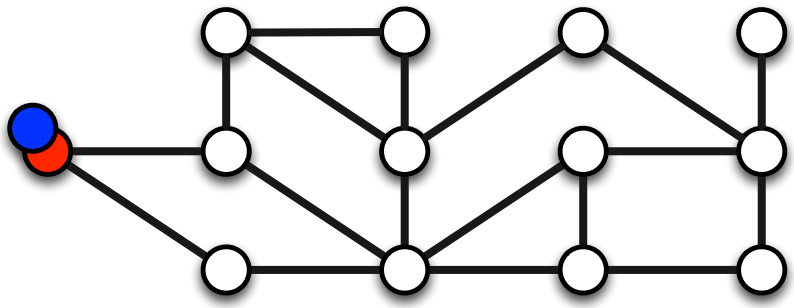
Contrainte du navigateur.
Impossible de précharger un trop grand nombre de pages à chaque étape.

Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

Jeu du Web surfeur.

(jeu partisan)

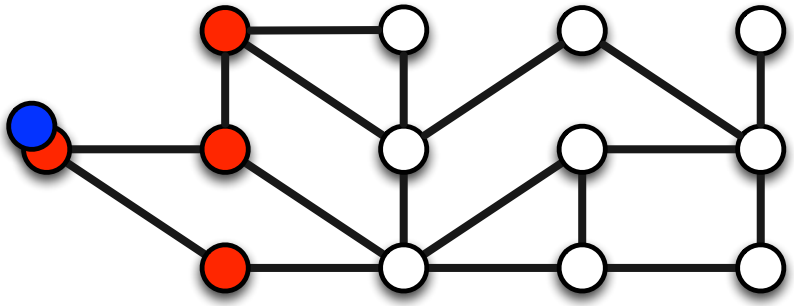
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
  À chaque étape, il se déplace sur une page Web en suivant un lien.
  Objectif = atteindre une page qui n'a pas été préchargée.
- Joueur 2 = un navigateur Web.
  (Google Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari...)
  À chaque étape, il précharge k pages Web.
  Objectif = faire que le surfeur soit toujours sur une page préchargée.



Jeu du Web surfeur.

(jeu partisan)

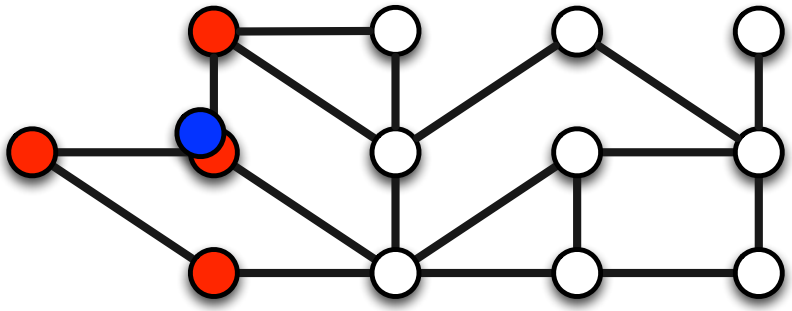
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
  À chaque étape, il se déplace sur une page Web en suivant un lien.
  Objectif = atteindre une page qui n'a pas été préchargée.
- Joueur 2 = un navigateur Web.
  (Google Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari...)
  À chaque étape, il précharge k pages Web.
  Objectif = faire que le surfeur soit toujours sur une page préchargée.



Jeu du Web surfeur.

(jeu partisan)

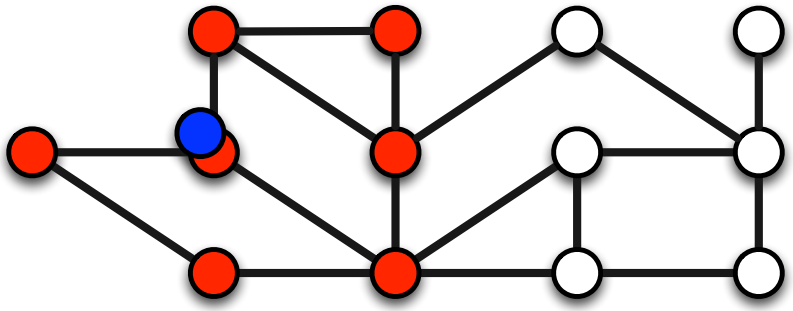
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
  À chaque étape, il se déplace sur une page Web en suivant un lien.
  Objectif = atteindre une page qui n'a pas été préchargée.
- Joueur 2 = un navigateur Web.
  (Google Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari...)
  À chaque étape, il précharge k pages Web.
  Objectif = faire que le surfeur soit toujours sur une page préchargée.



Jeu du Web surfeur.

(jeu partisan)

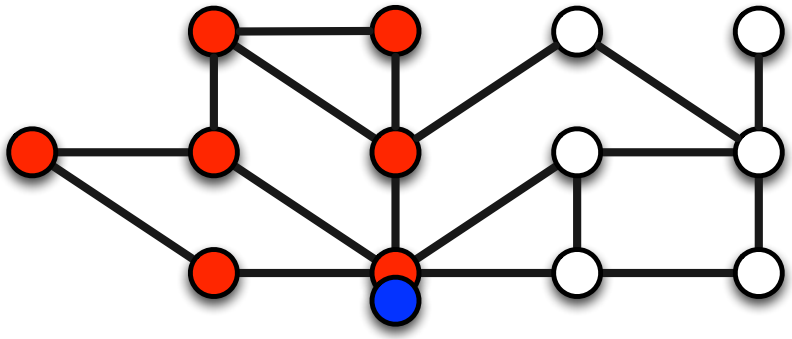
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
  À chaque étape, il se déplace sur une page Web en suivant un lien.
  Objectif = atteindre une page qui n'a pas été préchargée.
- Joueur 2 = un navigateur Web.
  (Google Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari...)
  À chaque étape, il précharge k pages Web.
  Objectif = faire que le surfeur soit toujours sur une page préchargée.



Jeu du Web surfeur.

(jeu partisan)

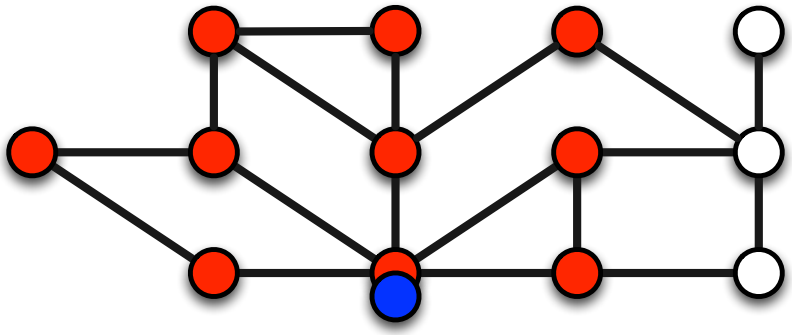
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
  À chaque étape, il se déplace sur une page Web en suivant un lien.
  Objectif = atteindre une page qui n'a pas été préchargée.
- Joueur 2 = un navigateur Web.
  (Google Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari...)
  À chaque étape, il précharge k pages Web.
  Objectif = faire que le surfeur soit toujours sur une page préchargée.



Jeu du Web surfeur.

(jeu partisan)

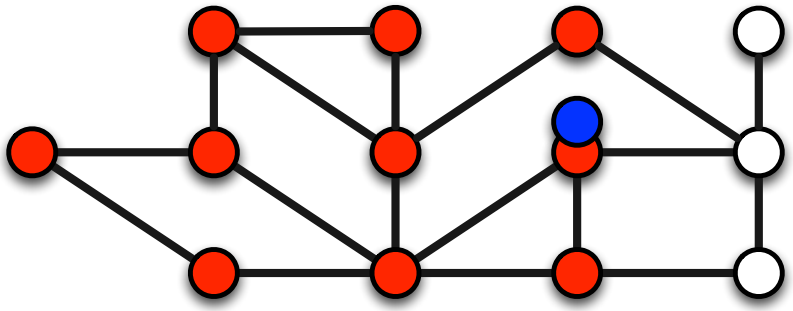
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
  À chaque étape, il se déplace sur une page Web en suivant un lien.
  Objectif = atteindre une page qui n'a pas été préchargée.
- Joueur 2 = un navigateur Web.
  (Google Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari...)
  À chaque étape, il précharge k pages Web.
  Objectif = faire que le surfeur soit toujours sur une page préchargée.



Jeu du Web surfeur.

(jeu partisan)

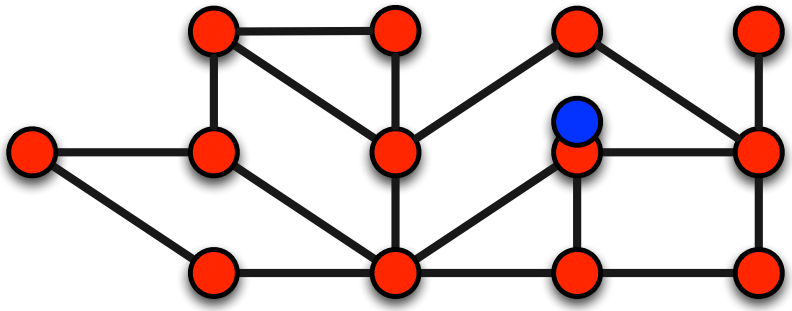
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
  À chaque étape, il se déplace sur une page Web en suivant un lien.
  Objectif = atteindre une page qui n'a pas été préchargée.
- Joueur 2 = un navigateur Web.
  (Google Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari...)
  À chaque étape, il précharge k pages Web.
  Objectif = faire que le surfeur soit toujours sur une page préchargée.



Jeu du Web surfeur.

(jeu partisan)

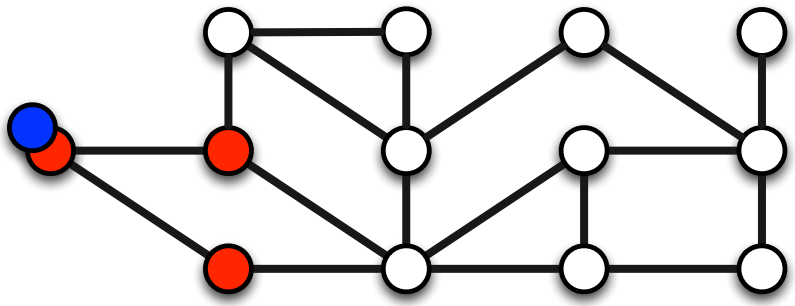
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
  À chaque étape, il se déplace sur une page Web en suivant un lien.
  Objectif = atteindre une page qui n'a pas été préchargée.
- Joueur 2 = un navigateur Web.
  (Google Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari...)
  À chaque étape, il précharge k pages Web.
  Objectif = faire que le surfeur soit toujours sur une page préchargée.



Jeu du Web surfeur.

(jeu partisan)

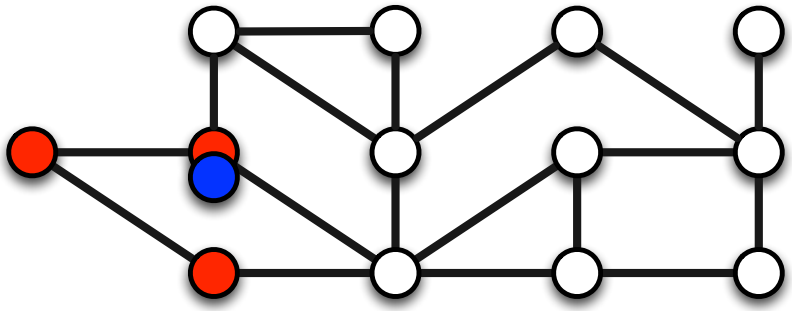
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
  À chaque étape, il se déplace sur une page Web en suivant un lien.
  Objectif = atteindre une page qui n'a pas été préchargée.
- Joueur 2 = un navigateur Web.
  (Google Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari...)
  À chaque étape, il précharge k pages Web.
  Objectif = faire que le surfeur soit toujours sur une page préchargée.



Jeu du Web surfeur.

(jeu partisan)

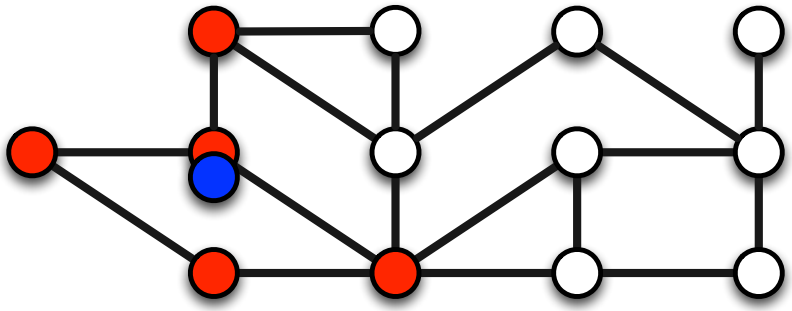
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
  À chaque étape, il se déplace sur une page Web en suivant un lien.
  Objectif = atteindre une page qui n'a pas été préchargée.
- Joueur 2 = un navigateur Web.
  (Google Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari...)
  À chaque étape, il précharge k pages Web.
  Objectif = faire que le surfeur soit toujours sur une page préchargée.



Jeu du Web surfeur.

(jeu partisan)

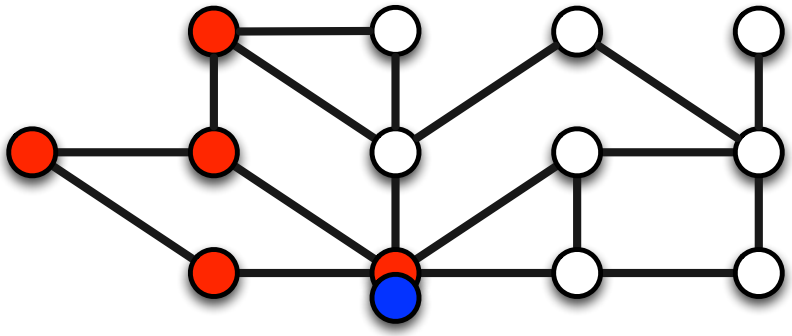
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
  À chaque étape, il se déplace sur une page Web en suivant un lien.
  Objectif = atteindre une page qui n'a pas été préchargée.
- Joueur 2 = un navigateur Web.
  (Google Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari...)
  À chaque étape, il précharge k pages Web.
  Objectif = faire que le surfeur soit toujours sur une page préchargée.



Jeu du Web surfeur.

(jeu partisan)

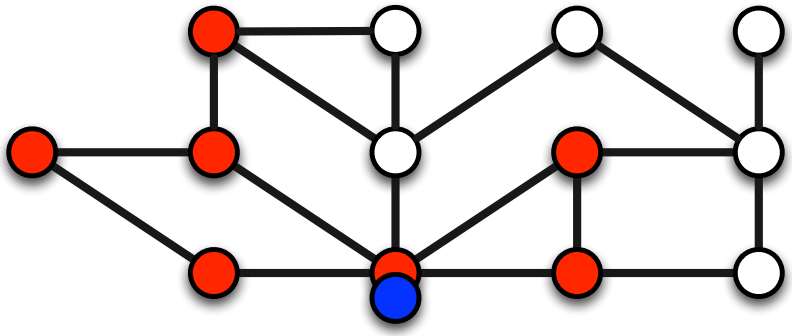
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
  À chaque étape, il se déplace sur une page Web en suivant un lien.
  Objectif = atteindre une page qui n'a pas été préchargée.
- Joueur 2 = un navigateur Web.
  (Google Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari...)
  À chaque étape, il précharge k pages Web.
  Objectif = faire que le surfeur soit toujours sur une page préchargée.



Jeu du Web surfeur.

(jeu partisan)

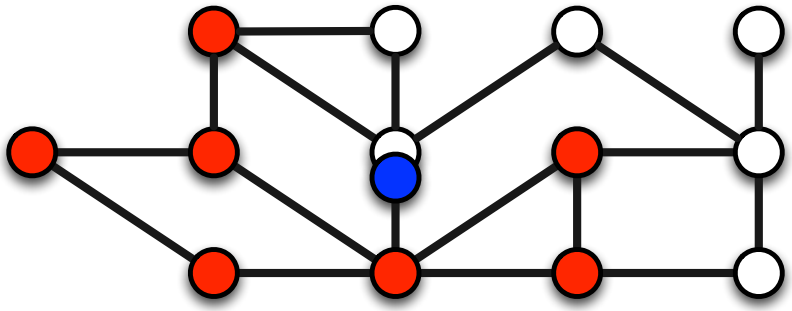
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
  À chaque étape, il se déplace sur une page Web en suivant un lien.
  Objectif = atteindre une page qui n'a pas été préchargée.
- Joueur 2 = un navigateur Web.
  (Google Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari...)
  À chaque étape, il précharge k pages Web.
  Objectif = faire que le surfeur soit toujours sur une page préchargée.



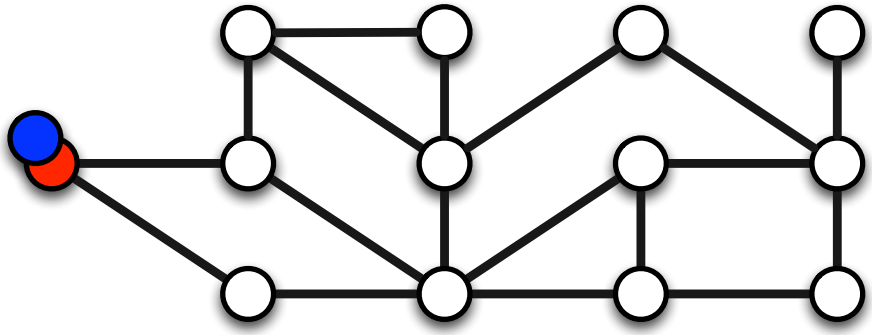
Jeu du Web surfeur.

(jeu partisan)

- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
  À chaque étape, il se déplace sur une page Web en suivant un lien.
  Objectif = atteindre une page qui n'a pas été préchargée.
- Joueur 2 = un navigateur Web.
  (Google Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari...)
  À chaque étape, il précharge k pages Web.
  Objectif = faire que le surfeur soit toujours sur une page préchargée.



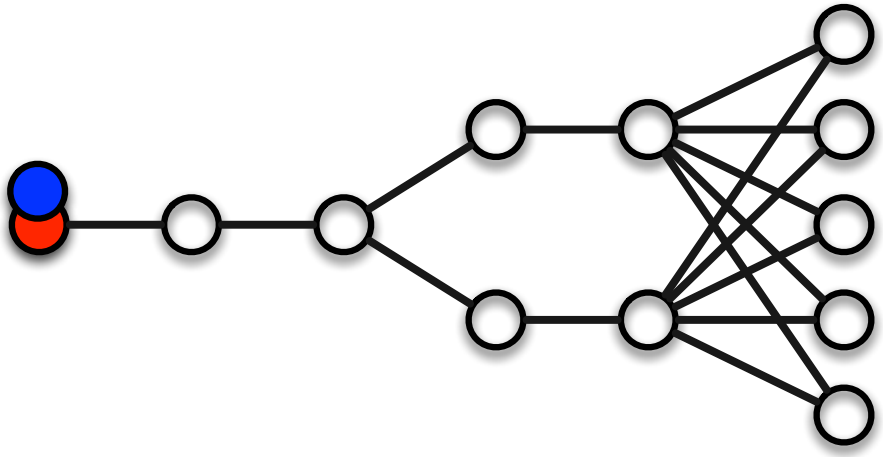
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web. **Gagnant si** $k < 3$**.**
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si** $k \geq 3$**.**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

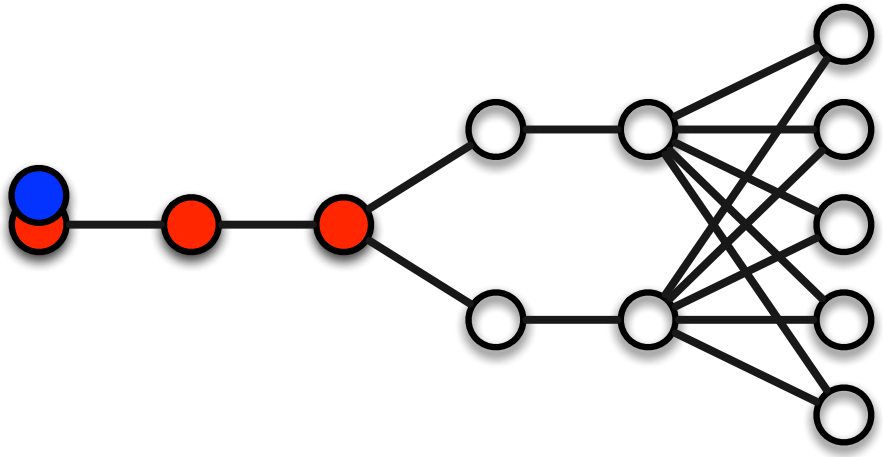
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$?**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

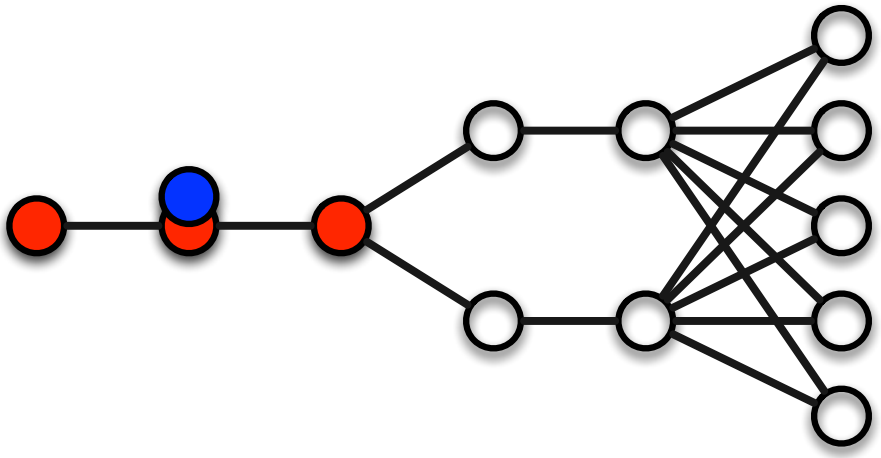
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$?**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

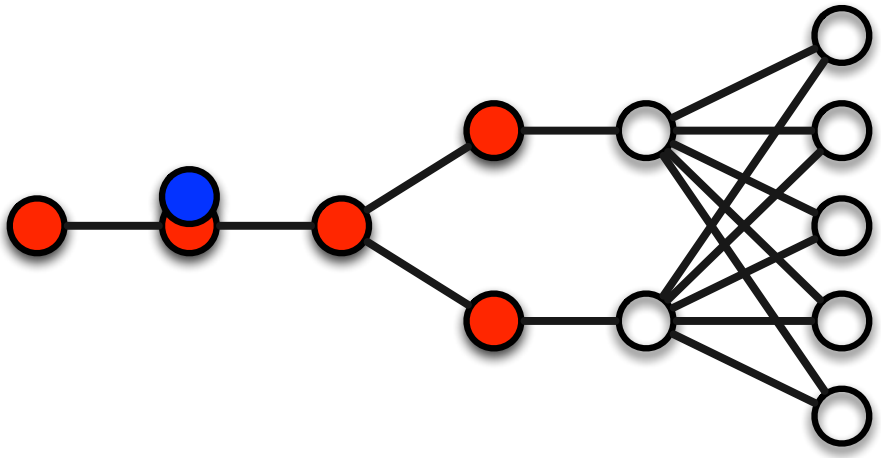
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$?**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

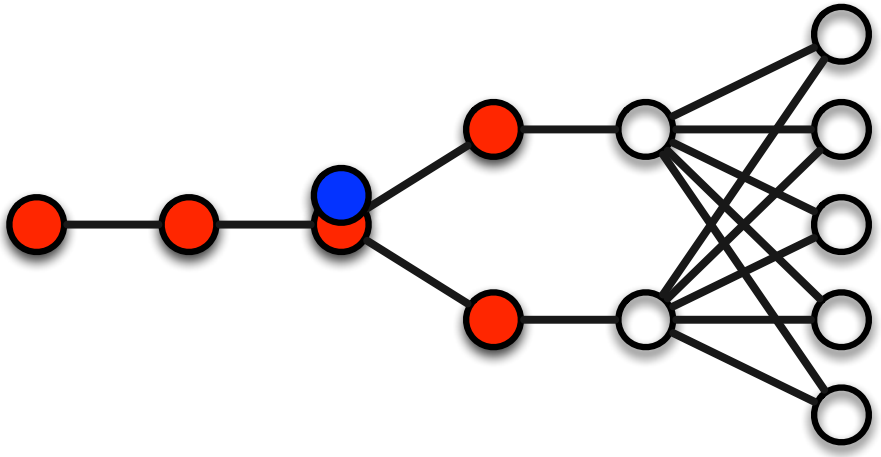
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$?**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

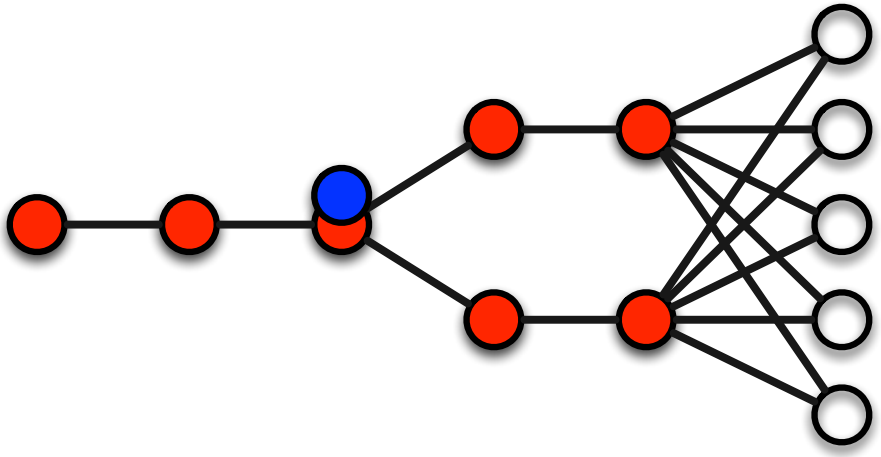
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$?**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

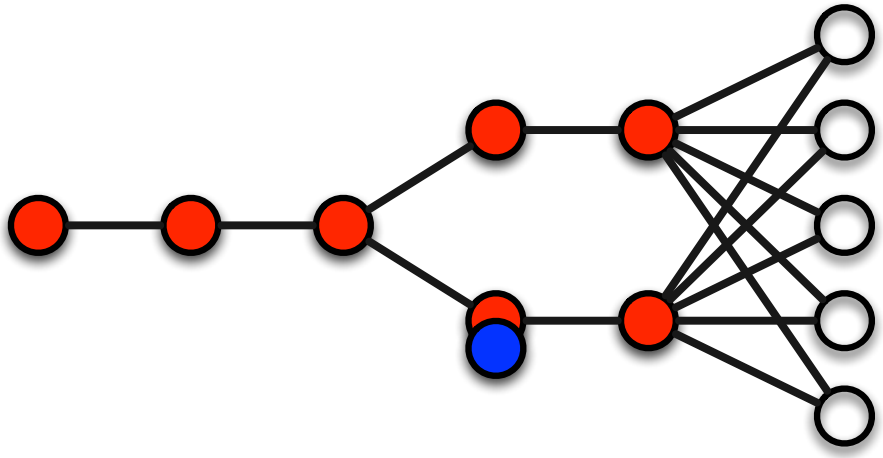
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$?**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

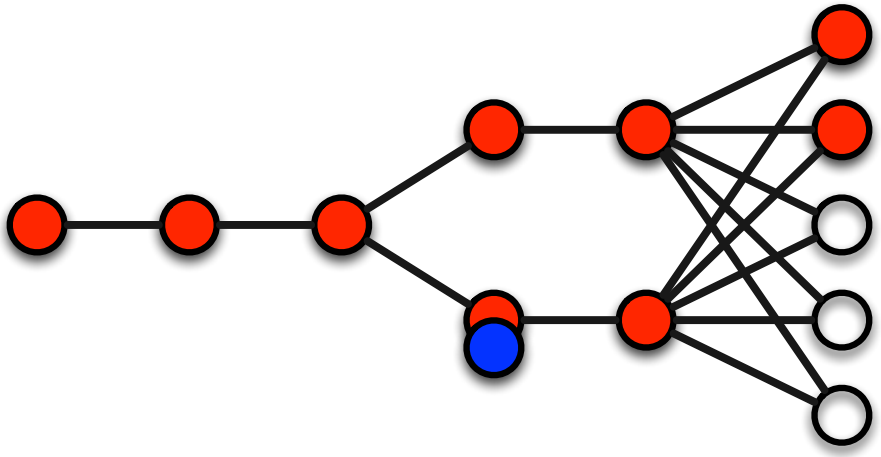
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$?**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

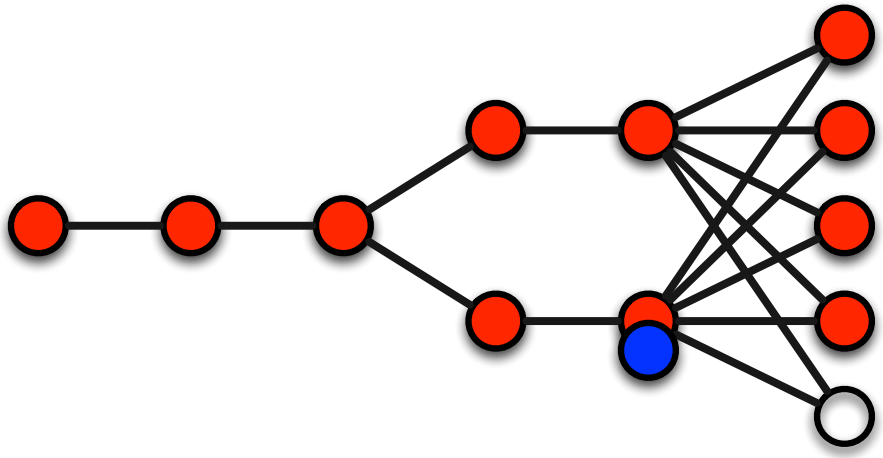
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$?**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

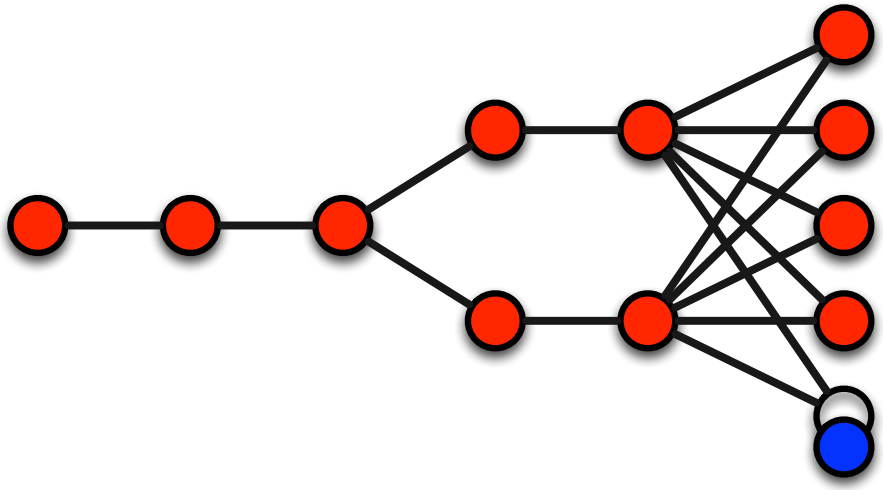
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$?**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

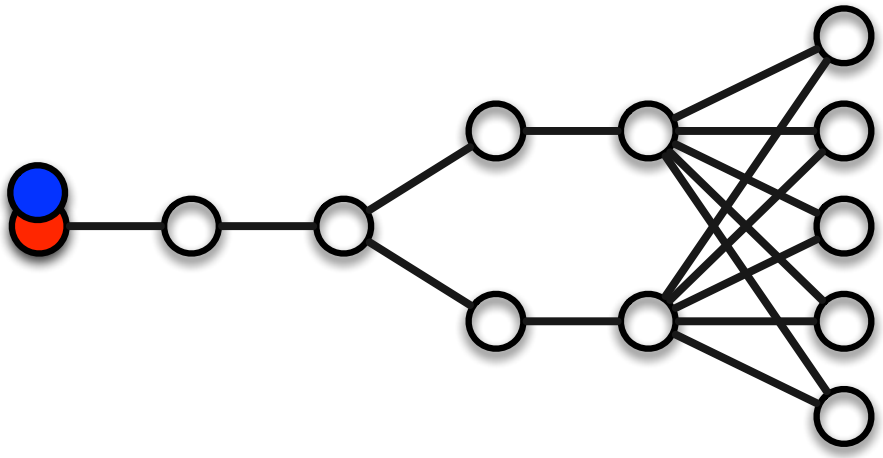
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$?**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

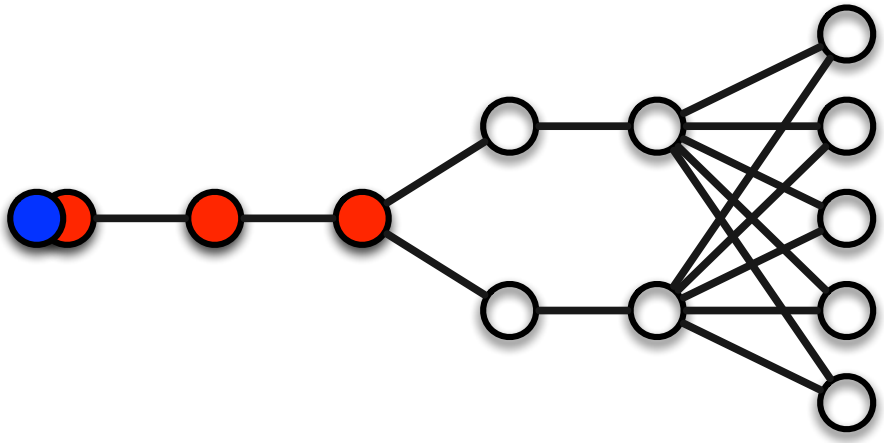
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$.**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

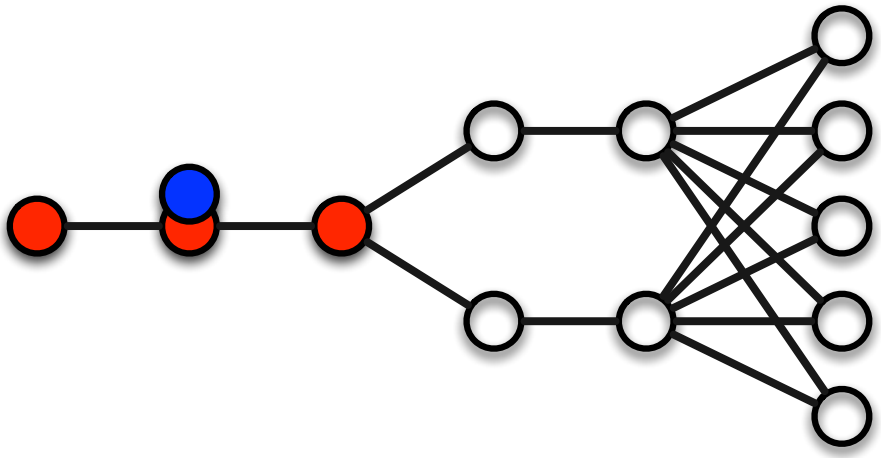
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$.**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

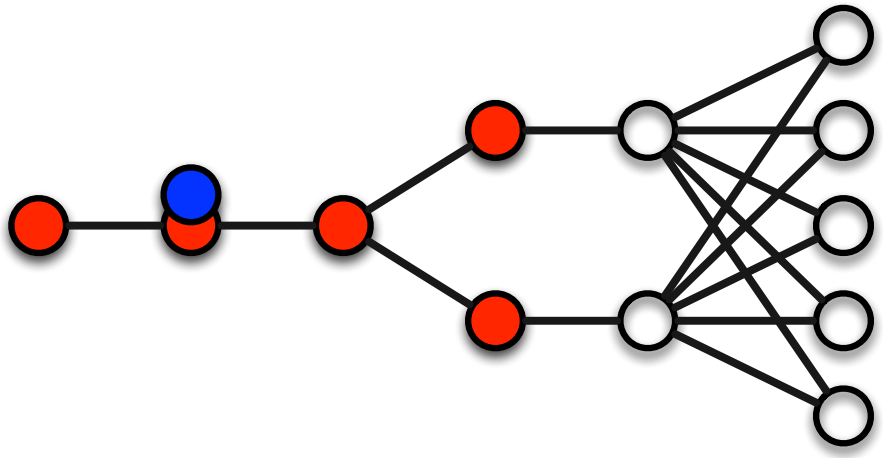
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$.**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

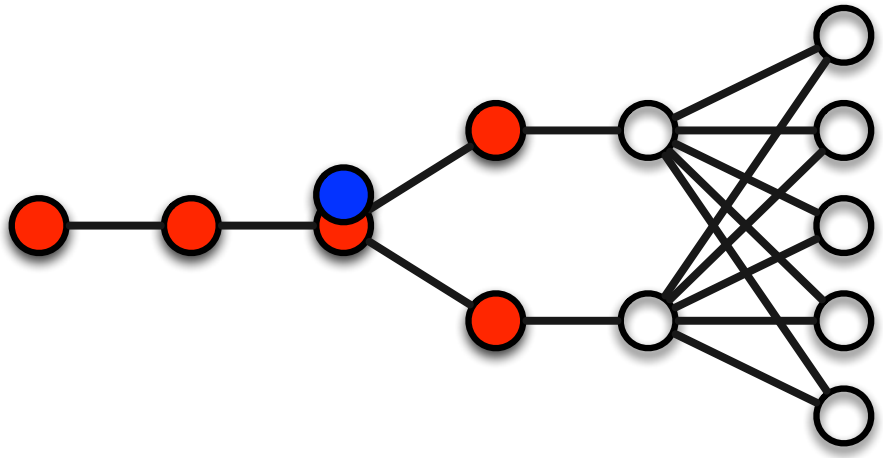
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$.**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

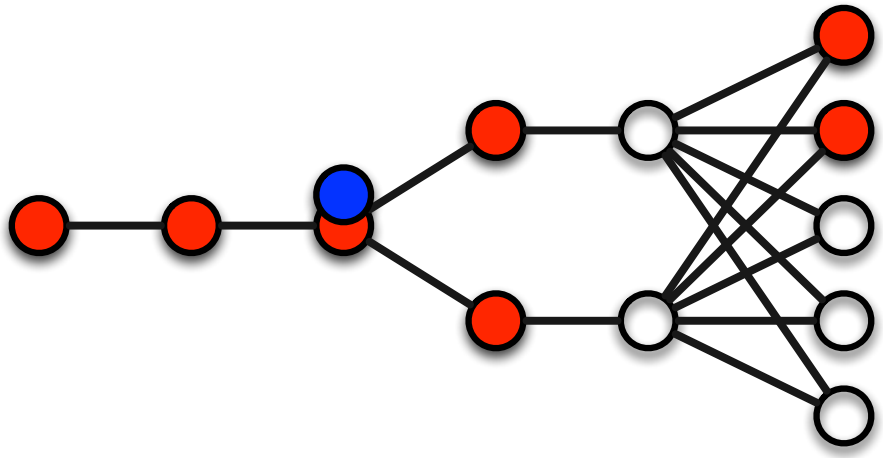
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$.**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

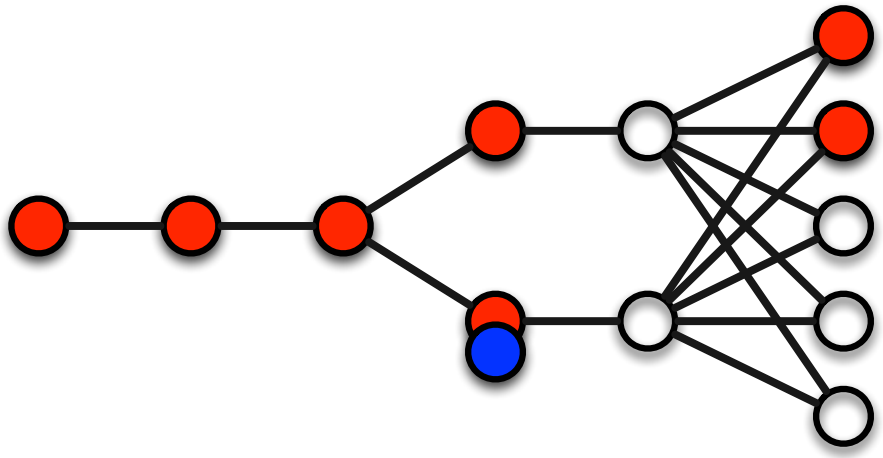
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$.**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

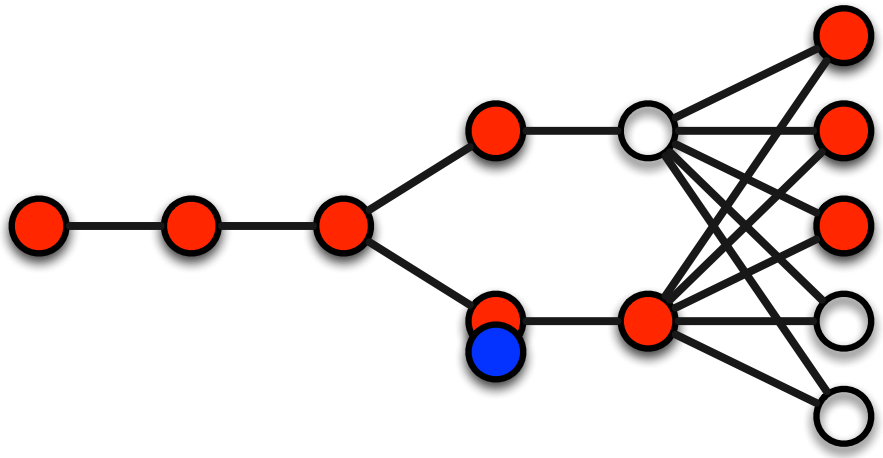
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$.**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

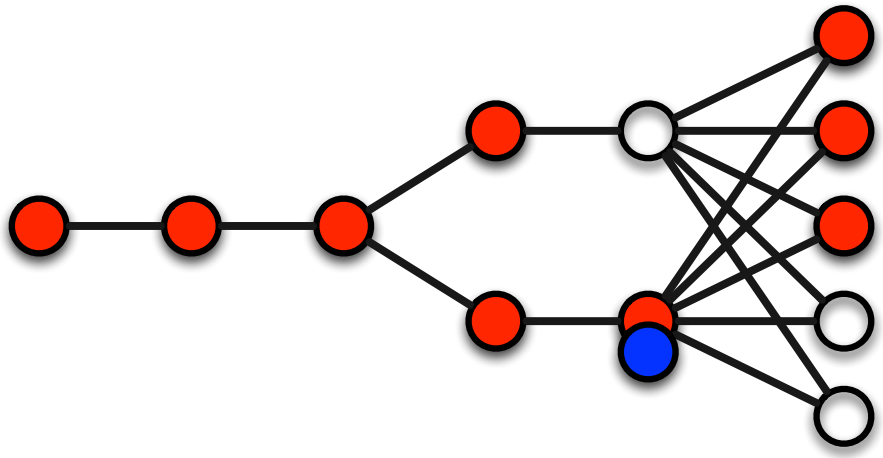
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$.**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

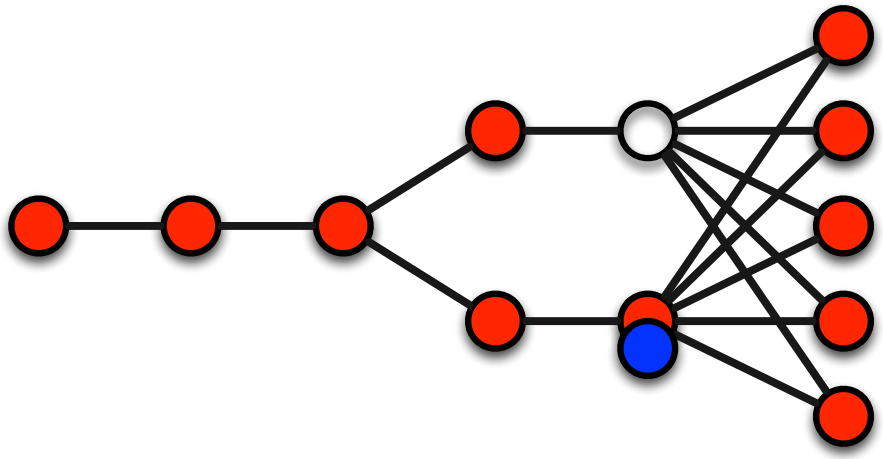
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$.**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

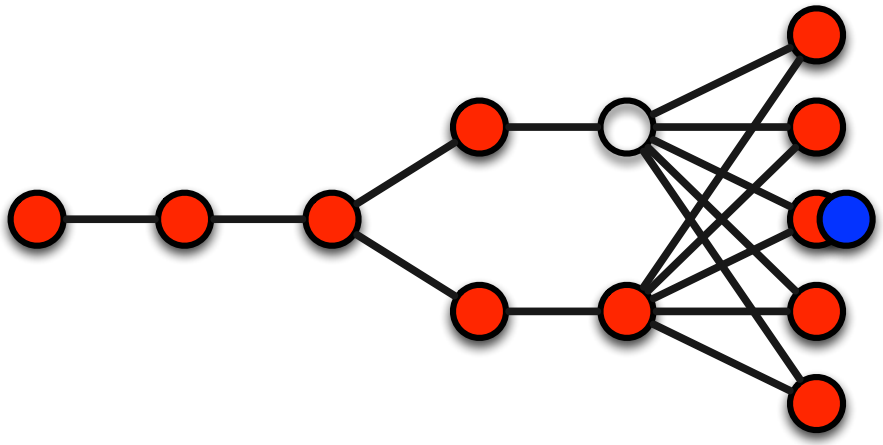
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$.**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

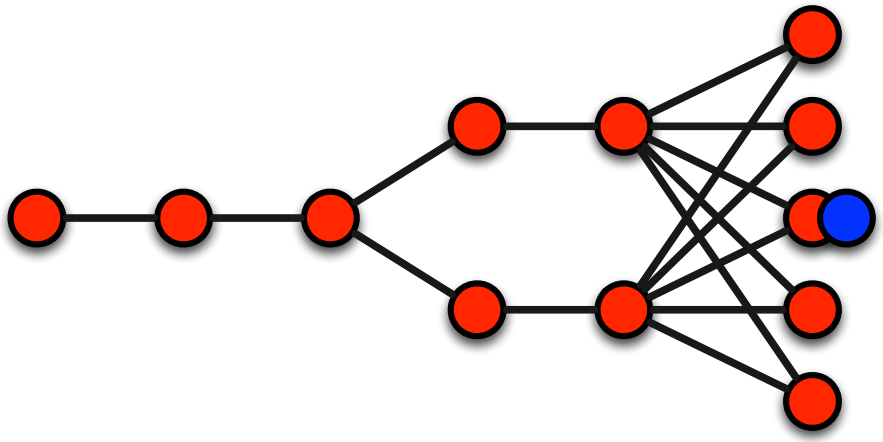
- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$.**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

- Joueur 1 = une personne qui surfe sur le Web.
- Joueur 2 = un navigateur Web. **Gagnant si $k = 2$.**



Problème de préchargement de pages Web.
Quel est le plus petit nombre de pages Web que le navigateur doit précharger à chaque étape pour que le Web surfeur n'attende jamais ?

= Trouver le plus petit k tel que le joueur 2 gagne quelle que soit la stratégie du joueur 1.

Découvrir les graphes

**Pas besoin de réfléchir,
les ordinateurs calculent tellement vite ?**

La magie des graphes et du binaire

Comment gagner aux jeux combinatoires

La Recherche

La Recherche

Le métier de chercheur

Pourquoi, qui, où, comment... ?

Mon parcours

Mathématiques et Informatique

Les métiers de la recherche.

- Chercheur (Inria, CNRS), Enseignant-Chercheur (Université), Ingénieur, Technicien, Services administratifs et juridiques, Communication, Relations internationales...

Où faire de la recherche ?

- Recherche publique : Inria, CNRS, Universités, CEA, INRA, INSERM...
- Industrie : Orange, Alcatel... PME, Start-up...

Comment devenir chercheur ?

- Classes préparatoires $\rightarrow$ grandes écoles $\rightarrow$ Thèse.
- Université (Licence, IUT) $\rightarrow$ Master $\rightarrow$ Thèse.

“Qualités” du chercheur.

- Créativité, travail en équipe, passion, ténacité (échecs fréquents), communication (dans sa communauté et pour le grand public)...

S'informer, se former.

Lire des articles, des livres... Aller à des conférences, des écoles...
Discuter avec des collègues, des industriels...

Résoudre des problèmes.

Prouver des théorèmes, des algorithmes. Prouver qu'il n'y a pas de solution efficace.

Diffuser.

Écrire des articles. Présenter ses travaux à des conférences. Enseigner (Université...).
Vulgariser (Fête de la Science, conférences dans des lycées, collèges...).

Encadrer.

Stagiaires de Licence (Bac + 1,2) et de Master (Bac + 3,4).
Doctorants (Bac + 5) et post-doctorants (Bac + 8).

Chercher des financements.

Contrats industriels. Contrats institutionnels (Europe, ANR...)

Évaluer et organiser.

Faire des rapports sur des articles. Évaluer les équipes de recherches.
Recruter de nouveaux étudiants ou collègues.

Rapports d'activité.

Chaque année (individuellement, par équipe) et tous les 4 ans (évaluation poussée).

Depuis 2014. **Inria Sophia Antipolis - Méditerranée.**
- Algorithmes et Biologie Structurale.
- Geometrica.

2012 - 2014. **Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Marseille.**
- Algorithmique, Combinatoire et Recherche Opérationnelle.

2011 - 2012. **Columbia University, New York.**
- Computer Science.
- Electrical Engineering.

2008 - 2011. **Doctorat à I3S (CNRS, Université de Nice) et Inria.**
- Méthodes Algorithmiques, Simulation et Combinatoire pour l'Optimisation des Télécommunications.
- Models for performance analysis and control of networks.

2007 - 2008. **Master 2 réseaux et systèmes distribués.**

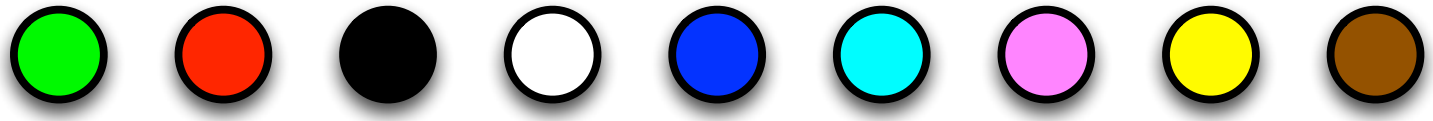
2002 - 2008. **Licence/Ingénieur en mathématiques appliquées.**

Optimiser le placement des fichiers dans les réseaux pair-à-pair.

Minimiser la variance du nombre de fichiers perdus en cas de pannes...

Illustration du problème. Une classe de 9 élèves.
Chaque élève doit faire 4 exposés.
Un exposé est fait par exactement 3 élèves.

Objectif. Chaque élève fait un (et un seul) exposé avec chacun des autres.

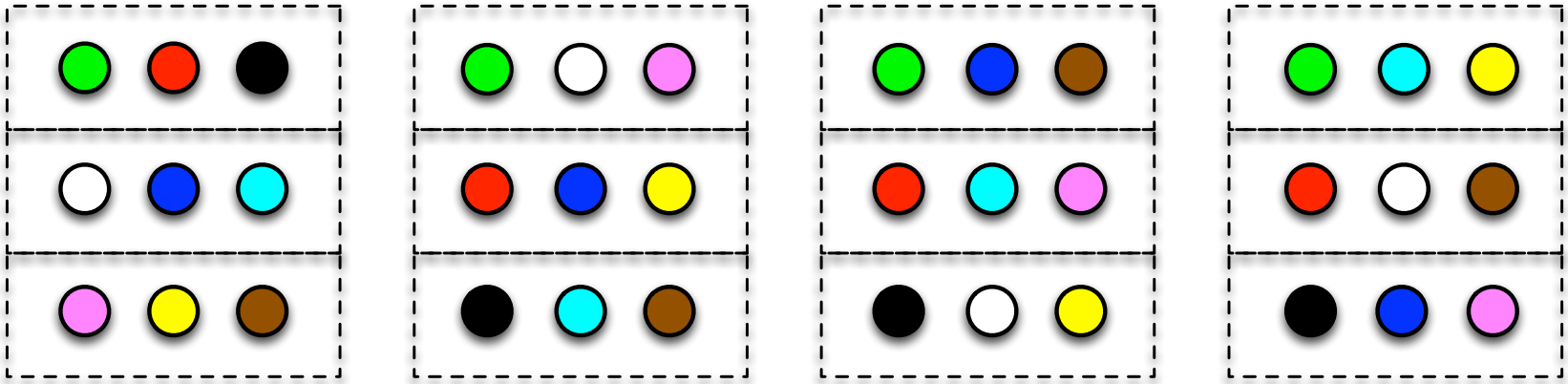


Optimiser le placement des fichiers dans les réseaux pair-à-pair.

Minimiser la variance du nombre de fichiers perdus en cas de pannes...

Illustration du problème. Une classe de 9 élèves.
Chaque élève doit faire 4 exposés.
Un exposé est fait par exactement 3 élèves.

Objectif. Chaque élève fait un (et un seul) exposé avec chacun des autres.



Optimiser le placement des fichiers dans les réseaux pair-à-pair.

Minimiser la variance du nombre de fichiers perdus en cas de pannes...

Illustration du problème. Une classe de 15 élèves.
Chaque élève doit faire 7 exposés.
Un exposé est fait par exactement 3 élèves.

Objectif. Chaque élève fait un (et un seul) exposé avec chacun des autres.

15, 1, 9	15, 2, 7	15, 3, 11	15, 4, 6	15, 5, 8	15, 10, 12	1, 4, 5
2, 4, 12	3, 4, 8	1, 7, 12	1, 8, 11	1, 2, 3	3, 5, 9	2, 6, 11
5, 10, 11	5, 6, 12	6, 8, 10	2, 9, 10	6, 7, 9	4, 7, 11	3, 7, 10
7, 8, 13	9, 11, 13	2, 5, 13	3, 12, 13	4, 10, 13	1, 6, 13	8, 9, 12
3, 6, 14	1, 10, 14	4, 9, 14	5, 7, 14	11, 12, 14	2, 8, 14	15, 13, 14

Optimiser le placement des fichiers dans les réseaux pair-à-pair.

Minimiser la variance du nombre de fichiers perdus en cas de pannes...

Illustration du problème. Une classe de $6n+3$ élèves.
Chaque élève doit faire $3n+1$ exposés.
Un exposé est fait par exactement 3 élèves.

Objectif. Chaque élève fait un (et un seul) exposé avec chacun des autres.

Kirkman Triple System

Depuis 2014. Inria Sophia Antipolis - Méditerranée.
- Algorithmes et Biologie Structurale.
- Geometrica.

2012 - 2014. Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Marseille.
- Algorithmique, Combinatoire et Recherche Opérationnelle.

2011 - 2012. Columbia University, New York.
- **Computer Science**.
- Electrical Engineering.

2008 - 2011. Doctorat à I3S (CNRS, Université de Nice) et Inria.
- Méthodes Algorithmiques, Simulation et Combinatoire pour l'Optimisation des Télécommunications.
- Models for performance analysis and control of networks.

2007 - 2008. Master 2 réseaux et systèmes distribués.

2002 - 2008. Licence/Ingénieur en mathématiques appliquées.

Dynamique des groupes de partage dans les réseaux sociaux.

• Détection de communautés dans les graphes statiques ne permet pas de comprendre les processus locaux.

→ Analyse des processus locaux (stabilité, temps de convergence).

• Optimisation individuelle $\neq$ Optimisation globale.
Acteurs égoïstes (maximisation de l'utilité individuelle).

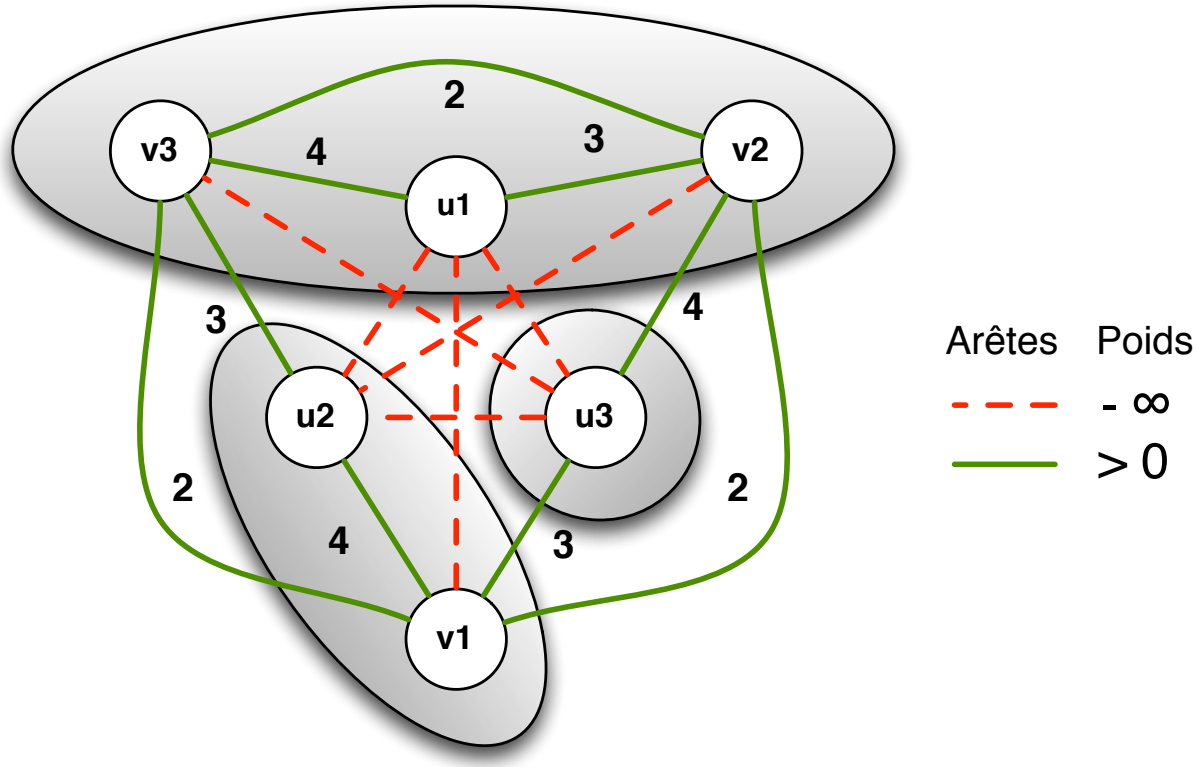
→ Nouveaux problèmes et nouvelles techniques.

Réseau d'interaction = **graphe complet arête-valué**.

Poids d'une arête = intérêt mutuel à être dans un même groupe.

Les groupes forment une **partition des sommets**.

Utilité d'un sommet = somme des poids de ses arêtes adjacentes.

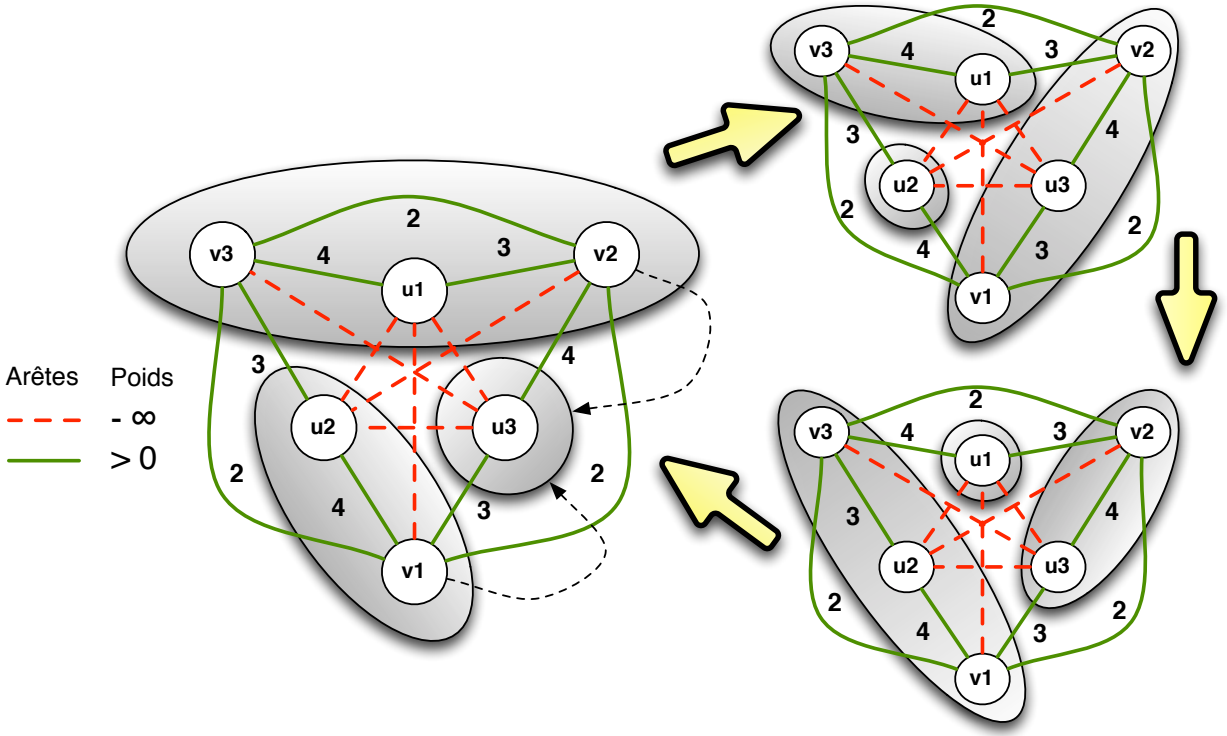


Processus local et optimisation individuelle

k-déviation. Au plus k acteurs peuvent rejoindre (créer) un groupe ssi leurs utilités respectives augmentent strictement.

k-stabilité. La partition est k-stable $\Leftrightarrow$ pas de k-déviation possible.

Existence d'une partition k-stable ? Temps de convergence ?

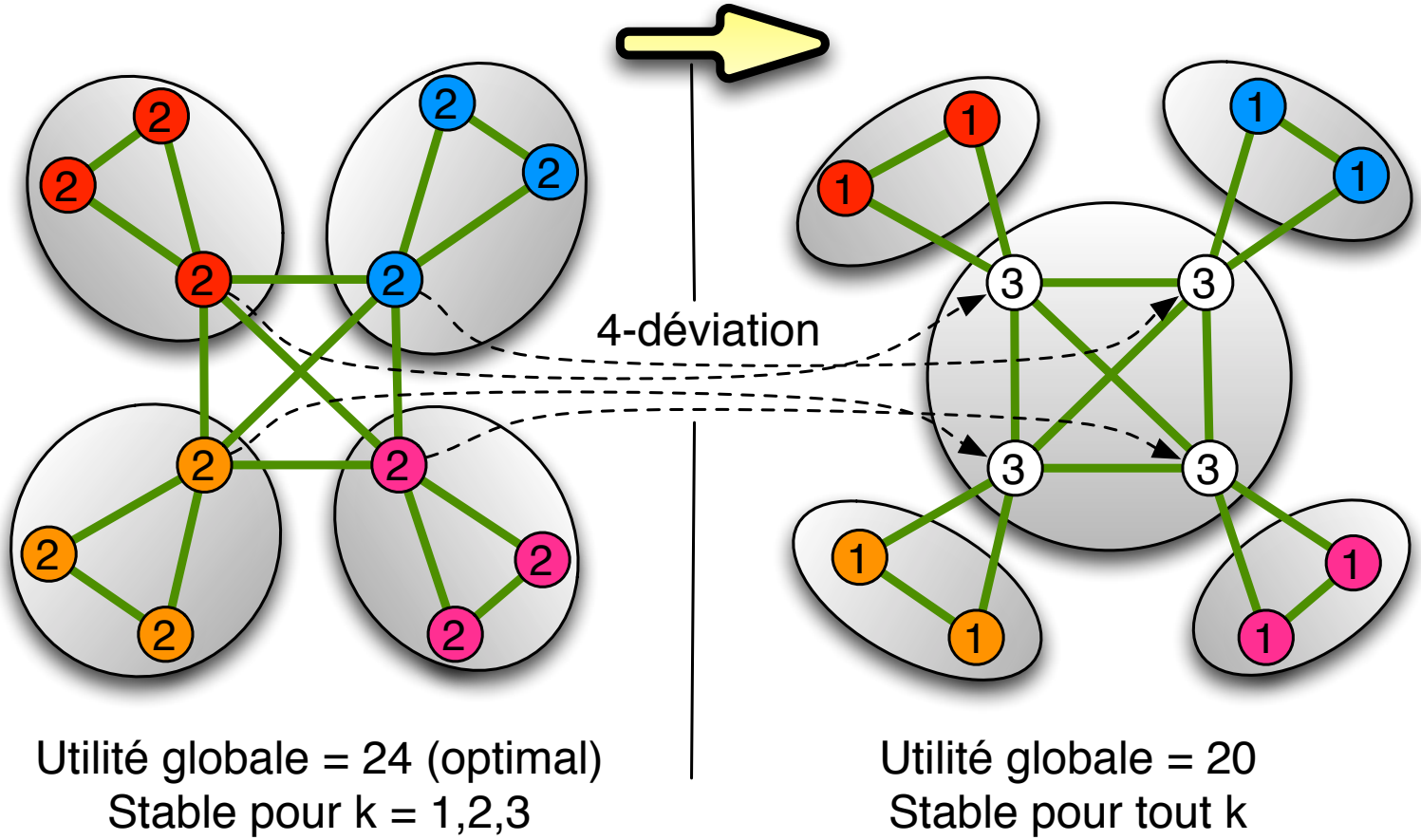


Partition 1-stable

Pas de partition 2-stable

Optimisation individuelle $\neq$ optimisation globale

Classe d'instances *ennemis* (poids $-\infty$) et *amis* (poids 1) :



Temps de convergence pour la classe ennemis et amis.

Nombre maximum de k-déviations avant convergence :

k	Littérature	Contributions
1,2	$O(n^2)$	$\sim \frac{2}{3}n^{3/2}$
3	$O(n^3)$	$\Omega(n^2)$
≥ 4	$O(2^n)$	$\Omega(n^{\theta(\ln(n))})$, $O(e^{\sqrt{n}})$

Résolution d'une conjecture de J. M. Kleinberg et K. Ligett.

De la difficulté de garder ses amis (quand on a des ennemis) !

Découvrir les graphes

**Pas besoin de réfléchir,
les ordinateurs calculent tellement vite ?**

La magie des graphes et du binaire

Comment gagner aux jeux combinatoires

La Recherche

Merci

dorian.mazauric@inria.fr

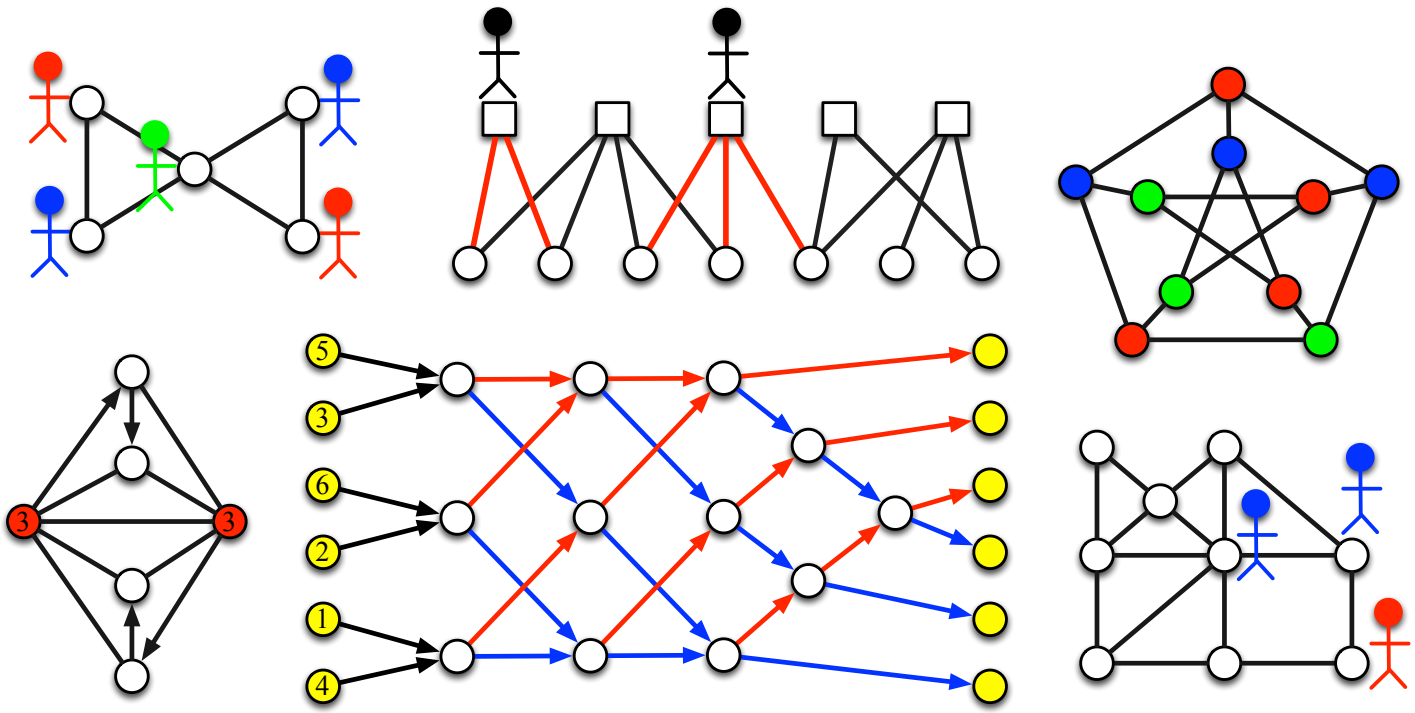
http://www-sop.inria.fr/members/Dorian.Mazauric

N'hésitez pas à nous contacter pour des conférences, des ateliers, des formations...

Conférence

Découvrir les graphes.

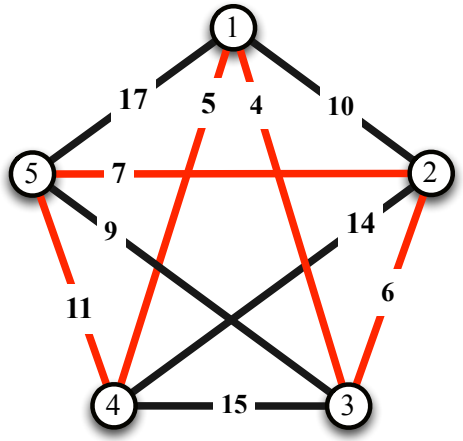
Un réseau peut être représenté par un graphe (réseau routier, réseau social, réseau du Web, réseau en biologie...).



Conférence

Pas besoin de réfléchir, les ordinateurs calculent tellement vite ?

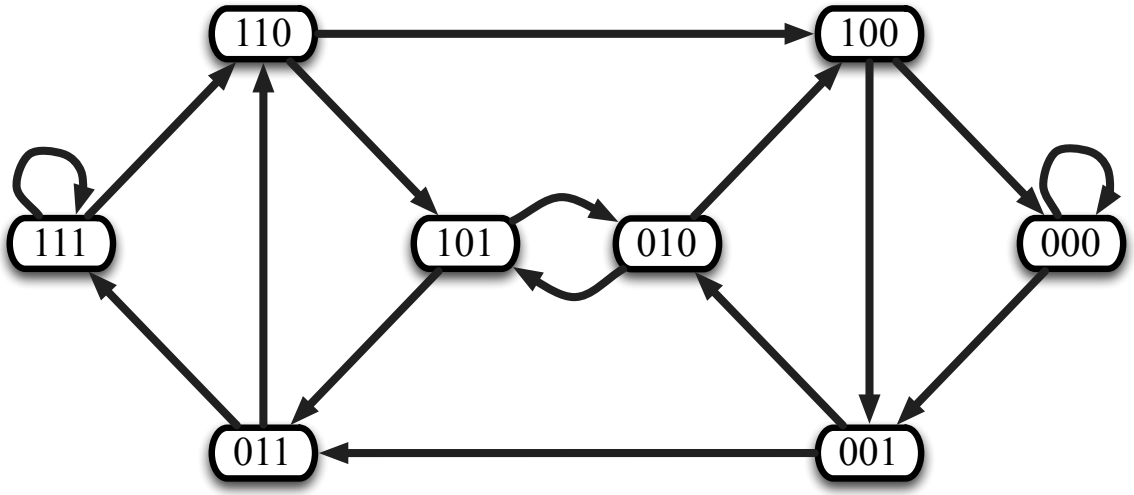
Introduction à l'algorithmique avec un problème a priori très simple : parcourir toutes les villes d'un réseau routier en minimisant la durée totale du trajet.
Il est important de bien réfléchir aux algorithmes (méthode pour résoudre un problème) qui sont implémentés même si la puissance des ordinateurs est très importante.



Conférence

La magie des graphes et du binaire.

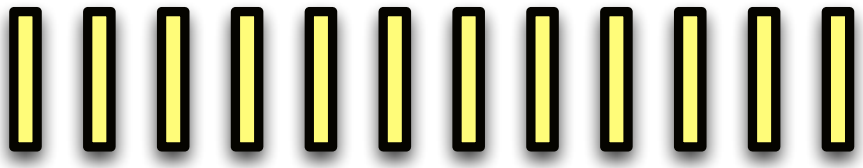
Deux tours de magie (transmission de pensée et tour de cartes) pour faire découvrir la puissance des graphes et du binaire.



Conférence

Comment gagner aux jeux combinatoires.

Méthode mathématique pour gagner à coup sûr au jeu des bâtonnets (et à d'autres jeux combinatoires).
Chacun leur tour, les deux joueurs prennent un, deux ou trois bâtonnets. Celui ou celle qui prend le dernier a perdu.



Atelier / Animation

Graphes et Algorithmes - Jeux grandeur nature.

`https://hal.inria.fr/hal-01366804`

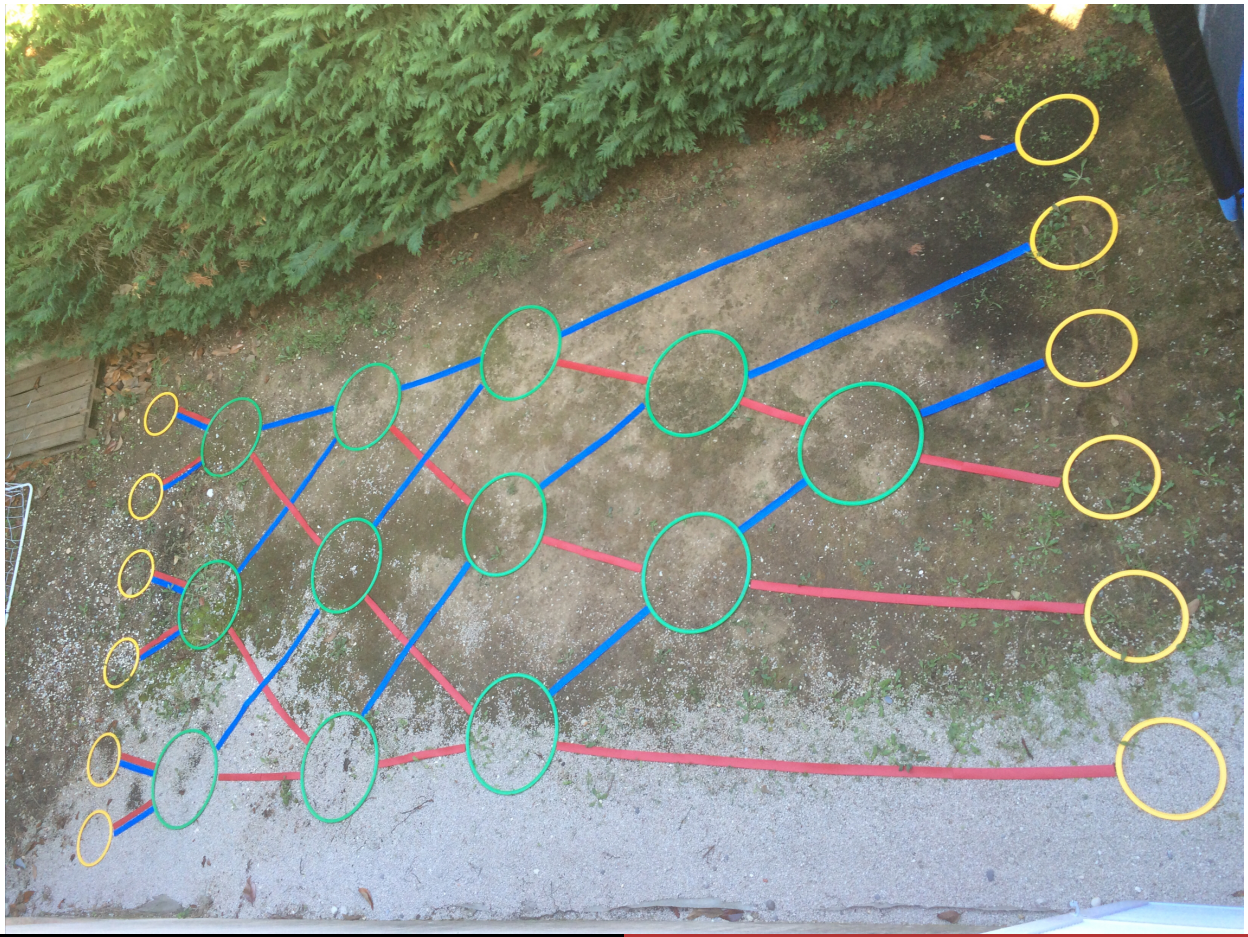
L'objectif est de présenter des problèmes de graphes et des algorithmes sous la forme la plus simple et la plus ludique possible. Toutes les activités pourront être proposées sous la forme de jeux grandeur nature. Cela permet d'appréhender des notions et des problèmes complexes, de manière simple et ludique. Les jeux pourront être proposés de manière conventionnelle (par exemple en imprimant les jeux et leurs solutions) ou en les construisant grandeur nature (par exemple en utilisant des cerceaux et des lattes en plastique, ou en dessinant sur le sol avec des craies).

Atelier / Animation

Graphes et Algorithmes - Jeux grandeur nature.

Exemple : algorithme pour trier six nombres.

`https://www.youtube.com/watch?v=pd3EnV-gbbo`



Atelier / Animation

Graphes et Algorithmes - Jeux grandeur nature.

Exemple : algorithme pour déterminer un réseau électrique optimal.