

# Colorier à la manière de Mondrian (Ressources complémentaires)

« *Éduquer le regard : croisements entre art et mathématiques* »  
Journées académiques de l'IREM de Lille - 2022

2022

Un peu de  
théorie

Premières définitions  
et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie  
des graphes sur divers  
problèmes

# Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

## Définitions

Un graphe simple  $G$  est un couple formé de deux ensembles :

Colorier à la  
manière de  
Mondrian  
(Ressources  
complémentaires)

Un peu de  
théorie

Premières définitions  
et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie  
des graphes sur divers  
problèmes

# Un peu de théorie

## Premières définitions et exemples

### Définitions

Un graphe simple  $G$  est un couple formé de deux ensembles :

- un ensemble  $X = \{x_1; x_2; \dots; x_n\}$  dont les éléments sont appelés sommets, et

Colorier à la manière de Mondrian  
(Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

# Un peu de théorie

## Premières définitions et exemples

### Définitions

Un graphe simple  $G$  est un couple formé de deux ensembles :

- un ensemble  $X = \{x_1; x_2; \dots; x_n\}$  dont les éléments sont appelés sommets, et
- un ensemble  $A = \{a_1; a_2; \dots; a_n\}$ , partie de l'ensemble  $\mathcal{P}_2(X)$  des parties à deux éléments de  $X$ , dont les éléments sont appelés arêtes. On notera  $G = (X; A)$ .

Colorier à la manière de Mondrian  
(Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

# Un peu de théorie

## Premières définitions et exemples

### Définitions

Un graphe simple  $G$  est un couple formé de deux ensembles :

- un ensemble  $X = \{x_1; x_2; \dots; x_n\}$  dont les éléments sont appelés sommets, et

- un ensemble  $A = \{a_1; a_2; \dots; a_n\}$ , partie de l'ensemble  $\mathcal{P}_2(X)$  des parties à deux éléments de  $X$ , dont les éléments sont appelés arêtes. On notera  $G = (X; A)$ .

Lorsque  $a = \{x; y\} \in A$ , on dit que  $a$  est l'arête de  $G$  d'extrémités  $x$  et  $y$ , ou que  $a$  joint  $x$  et  $y$ , ou encore que  $a$  passe par  $x$  et  $y$ . Les sommets  $x$  et  $y$  sont dits adjacents dans  $G$ .

Colorier à la manière de Mondrian  
(Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

# Un peu de théorie

## Premières définitions et exemples

### Définitions

Un graphe simple  $G$  est un couple formé de deux ensembles :

- un ensemble  $X = \{x_1; x_2; \dots; x_n\}$  dont les éléments sont appelés sommets, et

- un ensemble  $A = \{a_1; a_2; \dots; a_n\}$ , partie de l'ensemble  $\mathcal{P}_2(X)$  des parties à deux éléments de  $X$ , dont les éléments sont appelés arêtes. On notera  $G = (X; A)$ .

Lorsque  $a = \{x; y\} \in A$ , on dit que  $a$  est l'arête de  $G$  d'extrémités  $x$  et  $y$ , ou que  $a$  joint  $x$  et  $y$ , ou encore que  $a$  passe par  $x$  et  $y$ . Les sommets  $x$  et  $y$  sont dits adjacents dans  $G$ .

Le degré de  $x$ , noté  $d(x)$ , est le nombre d'arêtes incidentes à  $x$ ; c'est-à-dire contenant  $x$ .

Colorier à la manière de Mondrian  
(Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

# Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

**Exemples :**

Colorier à la  
manière de  
Mondrian  
(Ressources  
complémentaires)

Un peu de  
théorie

Premières définitions  
et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie  
des graphes sur divers  
problèmes

# Un peu de théorie

## Premières définitions et exemples

### Exemples :

1. Le graphe d'un tournoi  $T = (X; A)$  où :

- $X$  est l'ensemble des participants au tournoi
- $A$  est l'ensemble des paires de joueurs se rencontrant dans le tournoi.

Colorier à la  
manière de  
Mondrian  
(Ressources  
complémentaires)

Un peu de  
théorie

Premières définitions  
et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie  
des graphes sur divers  
problèmes



# Un peu de théorie

## Premières définitions et exemples

### Exemples :

1. Le graphe d'un tournoi  $T = (X; A)$  où :

- $X$  est l'ensemble des participants au tournoi
- $A$  est l'ensemble des paires de joueurs se rencontrant dans le tournoi.

2. La carte routière de la France  $F = (X; A)$  où

- $X$  est l'ensemble des villes de la France.
- $A = \{x; y\}$  il y a au moins une route directe reliant les villes  $x$  et  $y$  :

# Un peu de théorie

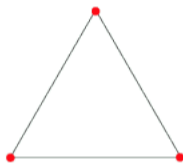
## Premières définitions et exemples

### Exemples :

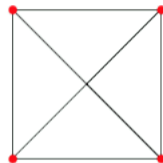
3. Le graphe complet d'ordre  $n$ ,  $K_n$ ; où  $X = \{1; 2; \dots; n\}$  et  $A = \mathcal{P}_2(X)$



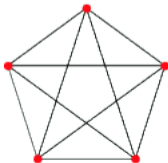
$K_2$



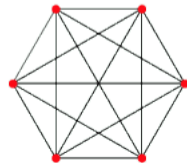
$K_3$



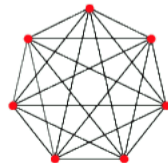
$K_4$



$K_5$



$K_6$



$K_7$

Colorier à la manière de Mondrian (Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

# Un peu de théorie

## Premières définitions et exemples

Un graphe  $G$  est connexe s'il existe au moins une chaîne entre deux sommets quelconques  $G$ .

Colorier à la  
manière de  
Mondrian  
(Ressources  
complémentaires)

Un peu de  
théorie

Premières définitions  
et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie  
des graphes sur divers  
problèmes

# Un peu de théorie

## Premières définitions et exemples

Un graphe  $G$  est connexe s'il existe au moins une chaîne entre deux sommets quelconques  $G$ .

Un cycle eulérien (respectivement une chaîne eulérienne) dans un graphe  $G$  est un cycle (respectivement une chaîne) contenant chaque arête de  $G$  une et une seule fois.

Colorier à la  
manière de  
Mondrian  
(Ressources  
complémentaires)

Un peu de  
théorie

Premières définitions  
et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie  
des graphes sur divers  
problèmes

# Un peu de théorie

## Premières définitions et exemples

Un graphe  $G$  est **connexe** s'il existe au moins une chaîne entre deux sommets quelconques  $G$ .

Un **cycle eulérien** (respectivement une chaîne eulérienne) dans un graphe  $G$  est un cycle (respectivement une chaîne) contenant chaque arête de  $G$  une et une seule fois.

### Proposition

Un graphe connexe admet un cycle eulérien si, et seulement si, tous ses sommets ont un degré pair.

Colorier à la  
manière de  
Mondrian  
(Ressources  
complémentaires)

Un peu de  
théorie

Premières définitions  
et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie  
des graphes sur divers  
problèmes

# Un peu de théorie

## Coloriage d'un graphe

### Définitions

Soit  $G = (X; A)$  un graphe non orienté. Un sous-ensemble  $S$  de  $X$  est stable s'il ne comprend que des sommets non adjacents deux à deux.

Colorier à la manière de Mondrian  
(Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

# Un peu de théorie

## Coloriage d'un graphe

### Définitions

Soit  $G = (X; A)$  un graphe non orienté. Un sous-ensemble  $S$  de  $X$  est stable s'il ne comprend que des sommets non adjacents deux à deux.

Le cardinal de la plus grande partie stable est le nombre de stabilité de  $G$  ; on le note  $\alpha(G)$ .

Colorier à la  
manière de  
Mondrian  
(Ressources  
complémentaires)

Un peu de  
théorie

Premières définitions  
et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie  
des graphes sur divers  
problèmes

# Un peu de théorie

## Coloriage d'un graphe

### Définitions

Soit  $G = (X; A)$  un graphe non orienté. Un sous-ensemble  $S$  de  $X$  est stable s'il ne comprend que des sommets non adjacents deux à deux.

Le cardinal de la plus grande partie stable est le nombre de stabilité de  $G$  ; on le note  $\alpha(G)$ .

La coloration des sommets d'un graphe consiste à affecter tous les sommets de ce graphe d'une couleur de telle sorte que deux sommets adjacents ne portent pas la même couleur.

Colorier à la manière de Mondrian  
(Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes



# Un peu de théorie

## Coloriage d'un graphe

### Remarques :

- Une coloration avec  $k$  couleurs (ou  $k$ -coloration) est donc une partition de l'ensemble des sommets en  $k$  parties stables.

Colorier à la  
manière de  
Mondrian  
(Ressources  
complémentaires)

Un peu de  
théorie

Premières définitions  
et exemples

Coloriage d'un graphe

"Regard" de la théorie  
des graphes sur divers  
problèmes

# Un peu de théorie

## Coloriage d'un graphe

Colorier à la  
manière de  
Mondrian  
(Ressources  
complémentaires)

### Remarques :

- Une coloration avec  $k$  couleurs (ou  $k$ -coloration) est donc une partition de l'ensemble des sommets en  $k$  parties stables.
- Le nombre chromatique, noté  $\gamma(G)$ ; du graphe  $G$  est le plus petit entier  $k$  pour lequel il existe une partition de  $X$  en  $k$  sous-ensembles stables.

Un peu de  
théorie

Premières définitions  
et exemples

Coloriage d'un graphe

"Regard" de la théorie  
des graphes sur divers  
problèmes

# Un peu de théorie

## Coloriage d'un graphe

### Proposition

Soit  $G = (X; A)$  un graphe simple d'ordre  $n$ . On a l'encadrement suivant :

$$\left\lceil \frac{n}{\alpha(G)} \right\rceil \leq \gamma(G) \leq r + 1$$

où  $r$  est le degré maximal des sommets du graphe  $G$ .

Colorier à la  
manière de  
Mondrian  
(Ressources  
complémentaires)

Un peu de  
théorie

Premières définitions  
et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie  
des graphes sur divers  
problèmes

# Un peu de théorie

## Coloriage d'un graphe

### Proposition

Soit  $G = (X; A)$  un graphe simple d'ordre  $n$ . On a l'encadrement suivant :

$$\left\lceil \frac{n}{\alpha(G)} \right\rceil \leq \gamma(G) \leq r + 1$$

où  $r$  est le degré maximal des sommets du graphe  $G$ .

### Proposition

Soit  $G = (X, A)$  un graphe simple d'ordre  $n$ , alors :

$$\gamma(G) + \alpha(G) \leq n + 1$$

Colorier à la  
manière de  
Mondrian  
(Ressources  
complémentaires)

Un peu de  
théorie

Premières définitions  
et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie  
des graphes sur divers  
problèmes

# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Le problème du voyageur de commerce (*Traveling-Salesman Problem – TSP*)

Le problème du voyageur de commerce est un problème très connu en mathématiques car d'apparence simple il s'avère qu'il est impossible de calculer la meilleure solution à partir d'un certain nombre de villes dans tous les cas. L'idée est qu'une personne doit parcourir un certain nombre de villes tout en minimisant la distance totale parcourue.

Il est possible de « s'amuser un peu » avec des villes françaises sur le site

<https://www.datavis.fr/index.php?page=salesman-problem>

Colorier à la  
manière de  
Mondrian  
(Ressources  
complémentaires)

Un peu de  
théorie

Premières définitions  
et exemples

Coloriage d'un graphe

"Regard" de la théorie  
des graphes sur divers  
problèmes

# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Le problème du voyageur de commerce (*Traveling-Salesman Problem – TSP*)



*Situation de départ générée aléatoirement avec le territoire des Alpes-Maritimes (163 communes)*

Colorier à la manière de Mondrian (Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe

"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Fini les problèmes d'emploi du temps!

*« Une université doit organiser les horaires des examens. On suppose qu'il y a 7 épreuves à planifier, correspondant aux cours numérotés de 1 à 7 et que les paires de cours suivantes ont des étudiants communs : 1 et 2, 1 et 3, 1 et 4, 1 et 7, 2 et 3, 2 et 4, 2 et 5, 2 et 7, 3 et 4, 3 et 6, 3 et 7, 4 et 5, 4 et 6, 5 et 6, 5 et 7 et 6 et 7. Comment organiser ces épreuves de façon qu'aucun étudiant n'ait à passer deux épreuves en même temps et cela sur une durée minimale ? »*

Colorier à la manière de Mondrian  
(Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe

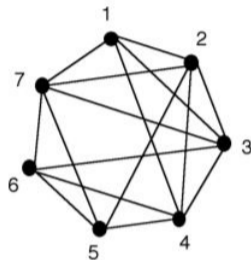
"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Fini les problèmes d'emploi du temps!

## Solution :

Construisons le graphe  $G$  dont les sommets sont les épreuves numérotées de 1 à 7, une arête relie deux de ses sommets lorsque les deux cours correspondant possèdent des étudiants communs :



Colorier à la manière de Mondrian (Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes



# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Finis les problèmes d'emploi du temps!

Planifier les examens en un temps minimal consiste à déterminer une  $k$ -coloration de  $G$ , avec  $k = \gamma(G)$ .

$G$  possède un sous-graphe complet d'ordre 4 (de sommets 1,2,3,4), donc  $\gamma(G) \geq 4$ .

Colorier à la manière de Mondrian  
(Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Fini les problèmes d'emploi du temps!

Planifier les examens en un temps minimal consiste à déterminer une  $k$ -coloration de  $G$ , avec  $k = \gamma(G)$ .

$G$  possède un sous-graphe complet d'ordre 4 (de sommets 1,2,3,4), donc  $\gamma(G) \geq 4$ .

Déterminons une partition des sommets de  $G$  en sous-ensembles stables :

$$S_1 = \{1, 6\} \quad S_2 = \{2\} \quad S_3 = \{3, 5\} \quad S_4 = \{4, 7\}$$

d'où  $\gamma(G) \leq 4$ , et finalement  $\gamma(G) = 4$ .

Colorier à la  
manière de  
Mondrian  
(Ressources  
complémentaires)

Un peu de  
théorie

Premières définitions  
et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie  
des graphes sur divers  
problèmes

# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Fini les problèmes d'emploi du temps !

Les examens peuvent être répartis en 4 périodes, de la manière suivante :

- 1<sup>ère</sup> période : épreuves des cours 1 et 6
- 2<sup>e</sup> période, épreuve du cours 2
- 3<sup>e</sup> période, épreuves des cours 3 et 5
- 4<sup>e</sup> période, épreuves des cours 4 et 7.

Colorier à la  
manière de  
Mondrian  
(Ressources  
complémentaires)

Un peu de  
théorie

Premières définitions  
et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie  
des graphes sur divers  
problèmes

# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Applications à la coloration d'un graphe

Nous avons vu que la coloration d'un graphe est utile dans la coloration des cartes géographiques mais ce n'est pas là son unique domaine d'application. En effet, la coloration de graphe a de nombreuses utilités :

Colorier à la manière de Mondrian  
(Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe

"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Applications à la coloration d'un graphe

Nous avons vu que la coloration d'un graphe est utile dans la coloration des cartes géographiques mais ce n'est pas là son unique domaine d'application. En effet, la coloration de graphe a de nombreuses utilités :

- les problèmes d'incompatibilité : le stockage de produits chimiques qui peuvent exploser s'ils entrent en contact, désignation d'un endroit pour des personnes ou des animaux en tenant compte des relations,

Colorier à la manière de Mondrian (Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe

"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

## Applications à la coloration d'un graphe

Nous avons vu que la coloration d'un graphe est utile dans la coloration des cartes géographiques mais ce n'est pas là son unique domaine d'application. En effet, la coloration de graphe a de nombreuses utilités :

- les problèmes d'incompatibilité : le stockage de produits chimiques qui peuvent exploser s'ils entrent en contact, désignation d'un endroit pour des personnes ou des animaux en tenant compte des relations,
- l'allocation de fréquences, par exemple dans un réseau de téléphone mobile GSM,

Colorier à la manière de Mondrian (Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe

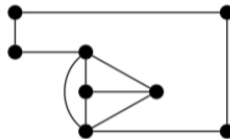
"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Applications à la coloration d'un graphe

– la confection d'horaires,

	Math	Latin	Grec	Sciences Sociales
Classe A	X			X
Classe B	X	X		
Classe C		X	X	
Classe D		X		X



Colorier à la manière de Mondrian (Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

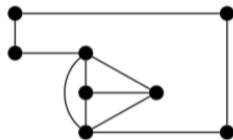
# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Applications à la coloration d'un graphe

– la confection d'horaires,

	Math	Latin	Grec	Sciences Sociales
Classe A	X			X
Classe B	X	X		
Classe C		X	X	
Classe D		X		X

– la résolution du Sudoku,



Colorier à la manière de Mondrian (Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes



# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

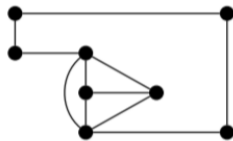
Applications à la coloration d'un graphe

– la confection d'horaires,

	Math	Latin	Grec	Sciences Sociales
Classe A	X			X
Classe B	X	X		
Classe C		X	X	
Classe D		X		X

– la résolution du Sudoku,

– ...



Colorier à la manière de Mondrian (Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Un peu de culture générale...

## Théorie du « Petit Monde » et les six degrés de séparation

L'expérience de Stanley Milgram en 1967 a mis en lumière qu'il fallait en moyenne 6 liens de connaissance pour relier deux américains qui ne se connaissent pas : c'est la théorie des six degrés de séparation.

Colorier à la manière de Mondrian  
(Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Un peu de culture générale...

Colorier à la manière de Mondrian  
(Ressources complémentaires)

## Théorie du « Petit Monde » et les six degrés de séparation

L'expérience de Stanley Milgram en 1967 a mis en lumière qu'il fallait en moyenne 6 liens de connaissance pour relier deux américains qui ne se connaissent pas : c'est la théorie des six degrés de séparation.

Des études sur les réseaux sociaux ont confirmé cette théorie et ont montré que les réseaux sociaux ont encore diminué ce degré de séparation moyen entre deux individus dans le monde.

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Un peu de culture générale...

## Nombre Bacon

*The Bacon number* (le « nombre de Bacon ») d'un acteur est le chiffre caractérisé par le degré de séparation qu'il a avec Kevin Bacon. C'est une application du nombre d'Erdős au secteur du cinéma. Plus le chiffre est grand, plus l'acteur en question est éloigné de Bacon. Le calcul du Bacon number pour un acteur A est basé sur l'algorithme appelé « problèmes de cheminement » (shortest path problem).

Colorier à la manière de Mondrian  
(Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe

"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Un peu de culture générale...

## Nombre Bacon

*The Bacon number* (le « nombre de Bacon ») d'un acteur est le chiffre caractérisé par le degré de séparation qu'il a avec Kevin Bacon. C'est une application du nombre d'Erdős au secteur du cinéma. Plus le chiffre est grand, plus l'acteur en question est éloigné de Bacon. Le calcul du Bacon number pour un acteur A est basé sur l'algorithme appelé « problèmes de cheminement » (shortest path problem).

D'après le site The Oracle of Bacon, une base de données permettant en un clic de relier un acteur à Kevin Bacon, le plus grand Bacon number est 10.

Colorier à la manière de Mondrian  
(Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe

"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Un peu de culture générale...

Colorier à la  
manière de  
Mondrian  
(Ressources  
complémentaires)

## Moteur de recherche Google : PageRank

Le Web peut être représenté par un énorme graphe dans lequel chaque page est un sommet et chaque lien entre deux pages est une arête. Un des premiers principes du moteur de recherche Google est d'affecter à chaque page web une note proportionnelle au nombre de passages sur cette page d'un utilisateur explorant le graphe du Web en cliquant au hasard sur un des liens figurant sur chaque page.

Un peu de  
théorie

Premières définitions  
et exemples

Coloriage d'un graphe

"Regard" de la théorie  
des graphes sur divers  
problèmes

# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Un peu de culture générale...

**Moteur de recherche Google : PageRank** Cette note est appelée *PageRank*. Par conséquent, la PageRank d'une page web augmente en fonction de la somme des PageRanks des pages référant cette page.

Colorier à la  
manière de  
Mondrian  
(Ressources  
complémentaires)

Un peu de  
théorie

Premières définitions  
et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie  
des graphes sur divers  
problèmes

# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Un peu de culture générale...

**Moteur de recherche Google : PageRank** Cette note est appelée *PageRank*. Par conséquent, la PageRank d'une page web augmente en fonction de la somme des PageRanks des pages référant cette page.

Langville et Meyer (dans *Google page rank and beyond.*) expliquent comment la théorie des graphes et celle des chaînes de Markov (probabilité) permettent de gérer le moteur de recherche Google.

Colorier à la manière de Mondrian  
(Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

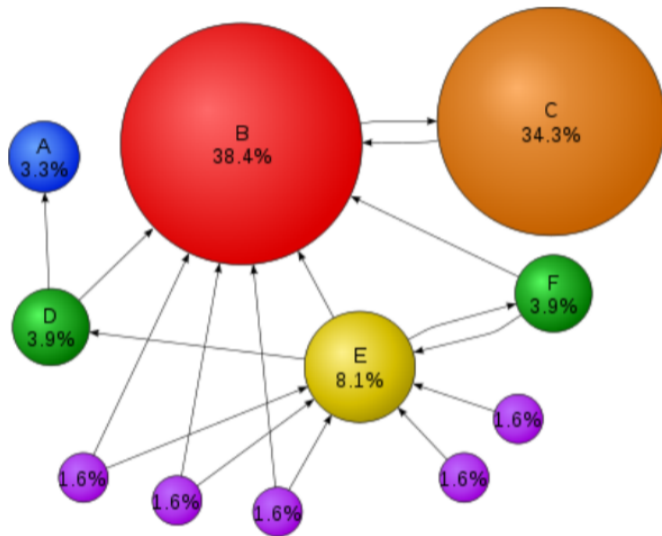
Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe  
"Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes



# "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

Un peu de culture générale...



Colorier à la manière de Mondrian (Ressources complémentaires)

Un peu de théorie

Premières définitions et exemples

Coloriage d'un graphe "Regard" de la théorie des graphes sur divers problèmes

MERCI POUR VOTRE PARTICIPATION