

# Visualisation d'information

Jean-Yves Antoine

<http://www.info.univ-tours.fr/~antoine/>

# Visualisation d'information

## Chapitre 1.2 – Principes perceptifs et cognitifs

*... Savoir comment on perçoit pour représenter*

# PRINCIPES - Objectifs

## 1.1.1. Notions

- 1.1.1.1. Perception visuelle et cognition : pré-attention et théorie de la forme (*Gesltat*)
- 1.1.1.2. Sens et perception : sémiologie graphique, affordance
- 1.1.1.3. Variables visuelles, conjonction de variables
- 1.1.1.4. Langages graphiques : principes
- 1.1.1.5. Couleur et visualisation
- 1.1.1.6. Principes ergonomiques généraux : règles d'or de Tufte

## 1.1.2. Pratiques

- 1.1.2.1. Jouer sur le degré d'abstraction d'une image pour faciliter la perception
- 1.1.2.2. Adéquation variable visuelle / type de données
- 1.1.2.3. Méthodologie de conception de langages graphiques
- 1.1.2.4. Savoir gérer la couleur : cercle chromatique, palettes graphiques

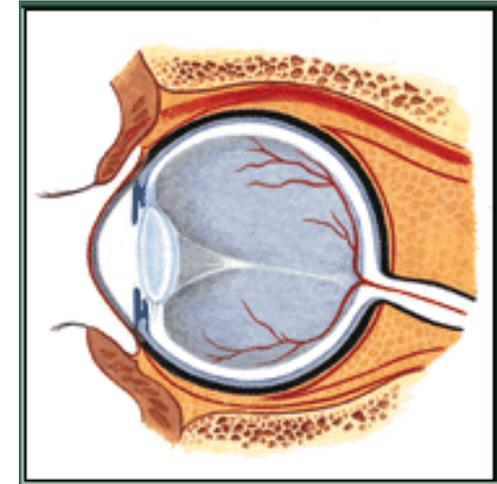


## Perception temporelle

- Temps de réaction: 200ms pour initier une observation attentive et consciente
- Stimuli séparés de moins de 100ms non perçus

## Acuité visuelle

- Ligne détectable à partir de 0,5" d'arc
- Espace entre lignes détectable à partir de 30" à 1'



## Recommandations

- Pas d'animations avec modifications de cycle inférieur à 1/10<sup>e</sup> secondes
- Grandes masses de données à afficher : s'assurer que l'on reste au-dessus des limites de détection du système visuel humain.

# COGNITION ET VISION : CHARGE COGNITIVE

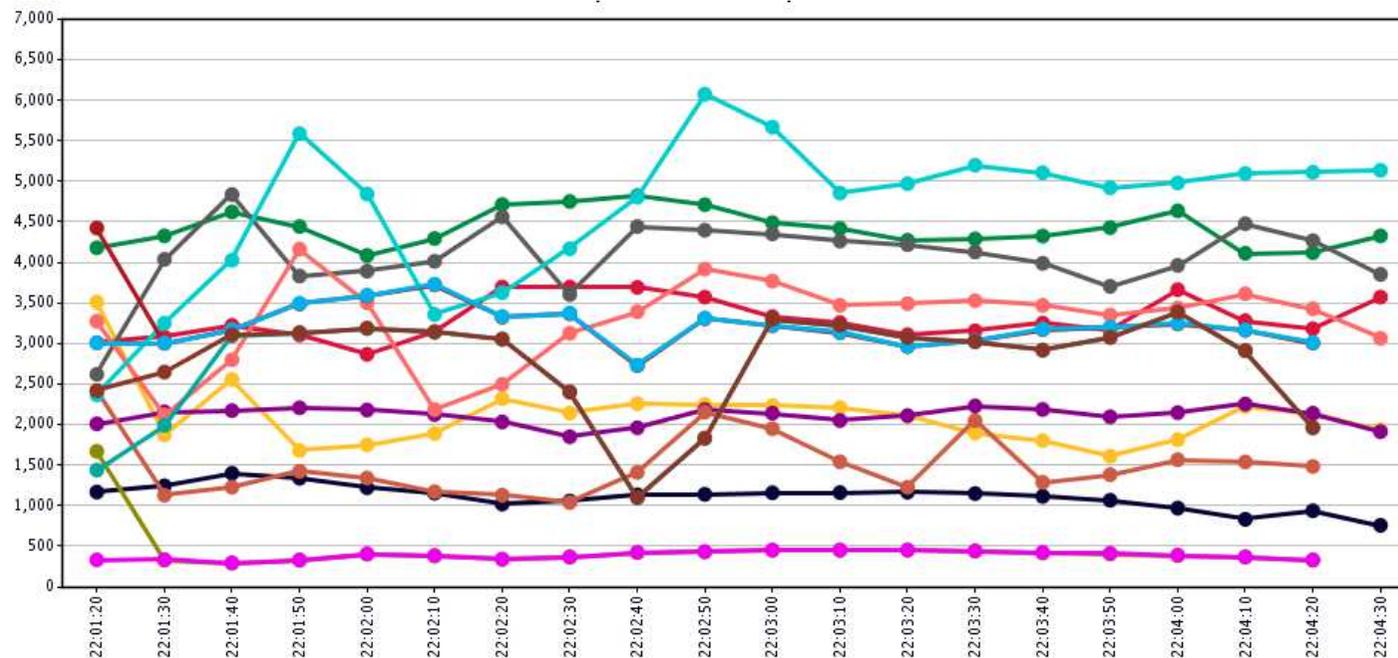
## Problème de la charge cognitive

- Mémoire à court-terme = mémoire de travail
- Charge cognitive limitée :  $7 \pm 2$  items mémorisables
- Crucial en visualisation de grandes masses de données

[Miller 1956]

## Recommandations

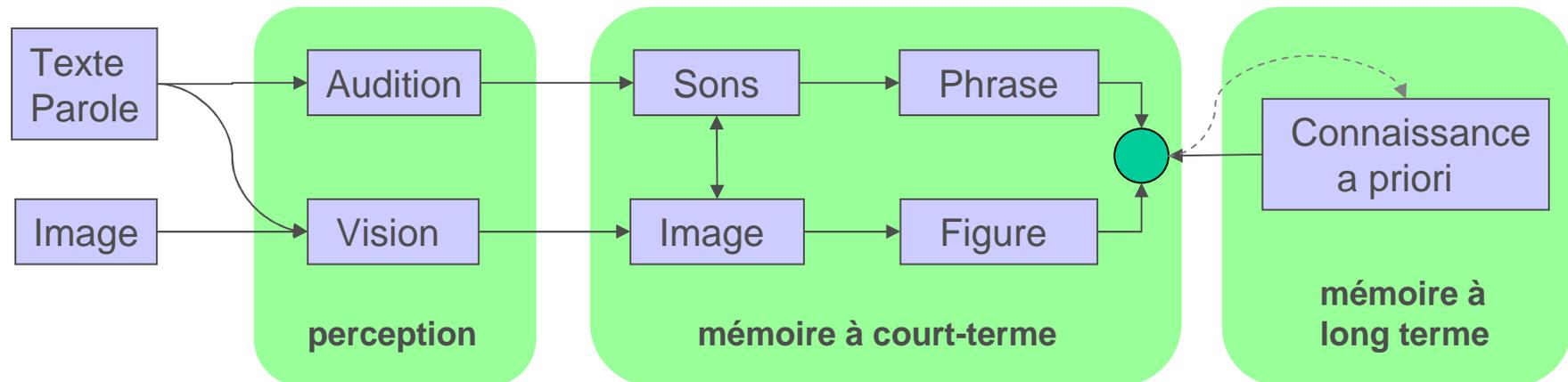
- Regroupement, agrégation d'objets (analogie : n°téléphone)
- Ne jamais faire comparer plus de 3 éléments indépendants en même temps



# COGNITION ET VISION : CHARGE COGNITIVE

## Charge cognitive : recommandations

- **Visualisation multimodale** pour limiter la surcharge cognitive
- **Multi-modalité** – voies totalement parallèles de traitement cognitif (visuelle, phonologique, épisodique) : pas de cumul de charge cognitive



**Remarque : principe de redondance** – meilleur apprentissage si information présentée sur plusieurs formats, plusieurs modalités

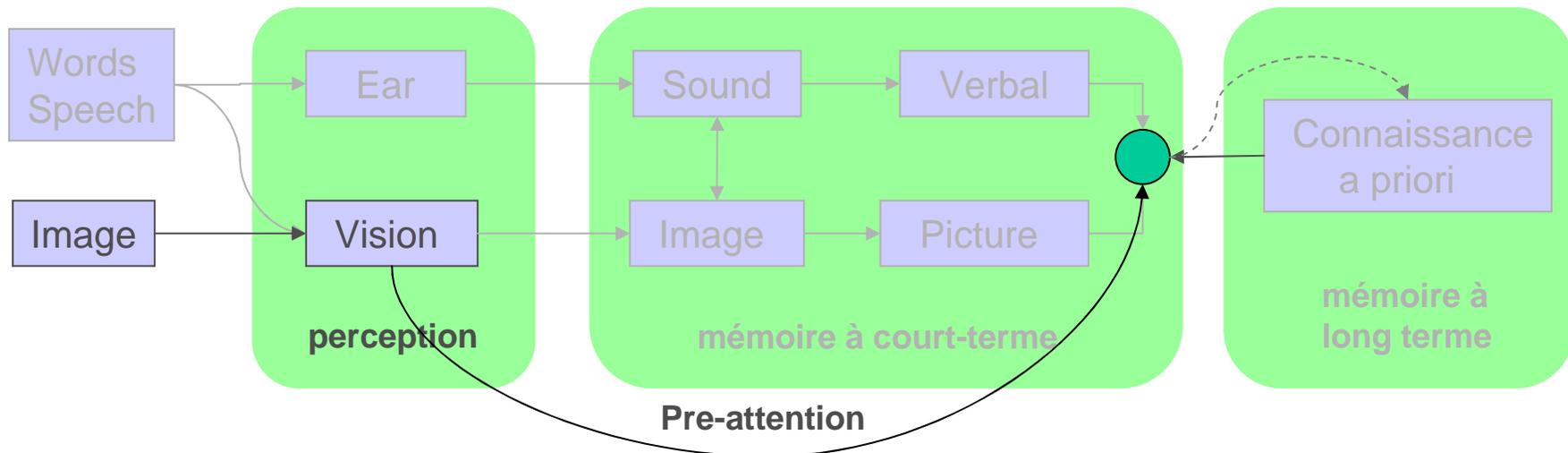
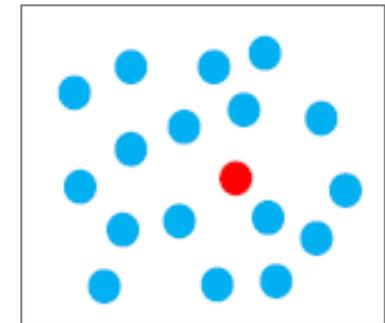
- **Perception pré-attentive**

# PRE-ATTENTIVE PERCEPTION

## Pre-attentive perception

[Treisman & Gormican, 1988]

- Some visual features are processed pre-attentively, e.g. without focusing attention
- Low-level (unconscious) cognitive processes
- Reduced reaction time : < 200ms (eyes movement > 200ms)
- Witness of our evolutionary story



## Information visualization

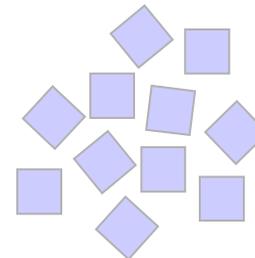
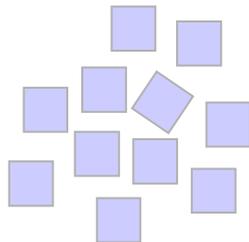
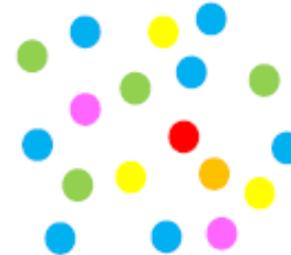
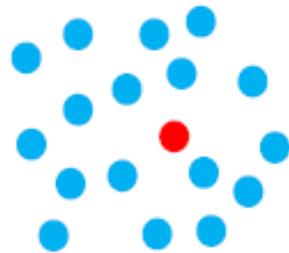
- No cognitive load
- Direct processing : what must be perceived immediately

# PERCEPTION PRE-ATTENTIVE

## Perception pré-attentive

[Treisman & Gormican, 1988]

Si une seule dimension perceptuelle (i.e. variable rétinienne) traitée pré-attentivement par notre cerveau change, on perçoit automatiquement cette différence sans accroissement de la charge cognitive



## Recommandation

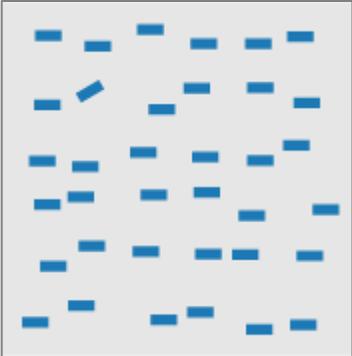
N'utiliser qu'une seule dimension pour faire ressortir un affichage important en termes de criticité (prévention mais aussi détection des erreurs)

# PRE-ATTENTIVE PERCEPTION

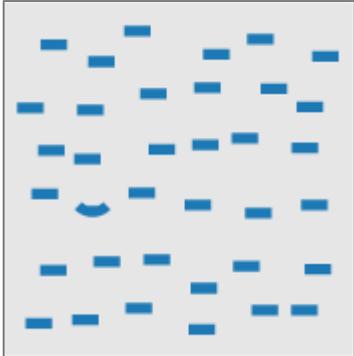
## Pre-attentives visual variables

[Healey, 1997]

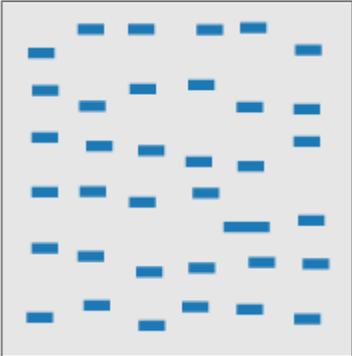
- Direction (line)



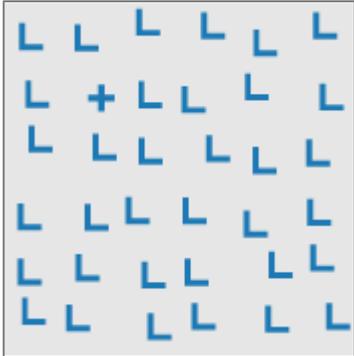
- Curvature



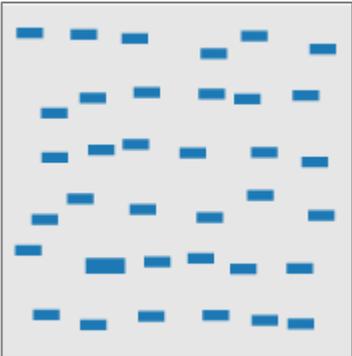
- Length / width



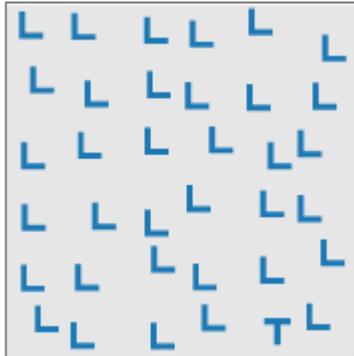
- Intersection



- Thickness



- Ending

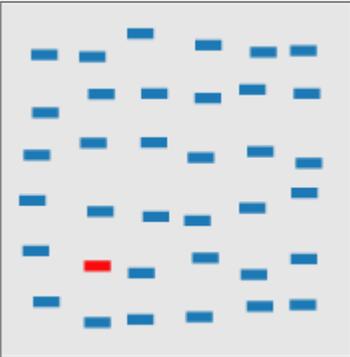


# PRE-ATTENTIVE PERCEPTION

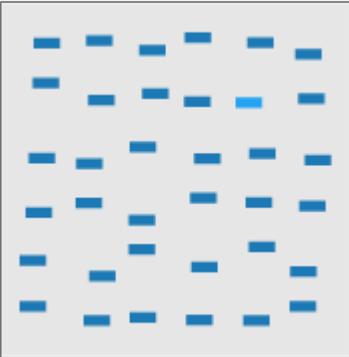
## Pre-attentives visual variables

[Healey, 1997]

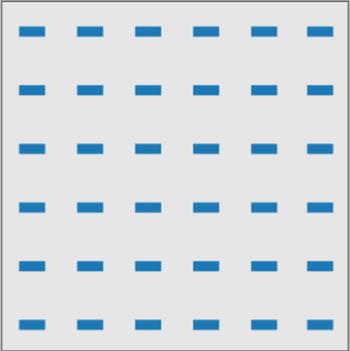
- **Color (hue)**



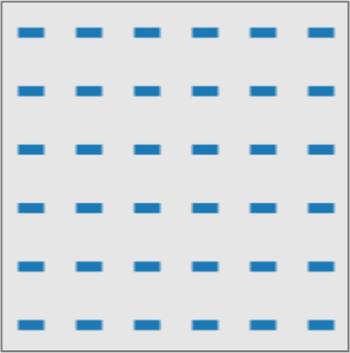
- **Color (intensity)**



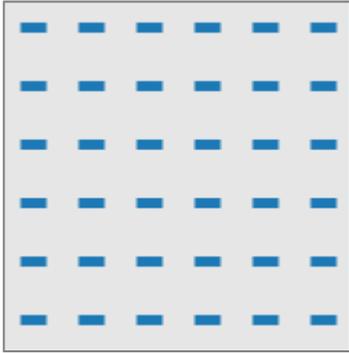
- **Flicker**



- **Motion (speed)**



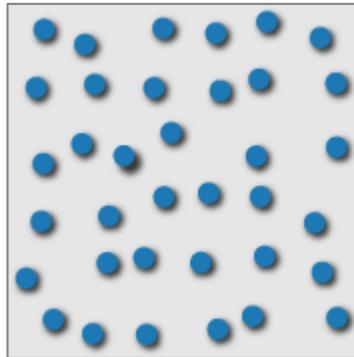
- **Motion (direction)**



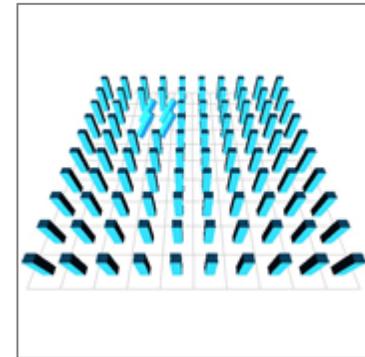
# PRE-ATTENTIVE PERCEPTION

## Pre-attentive visual variables

- 3D depth

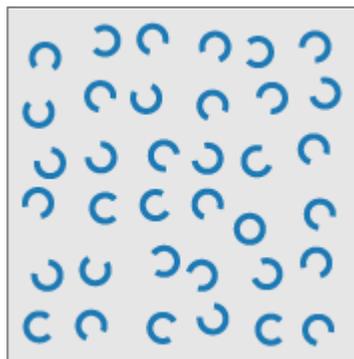


- 3D direction

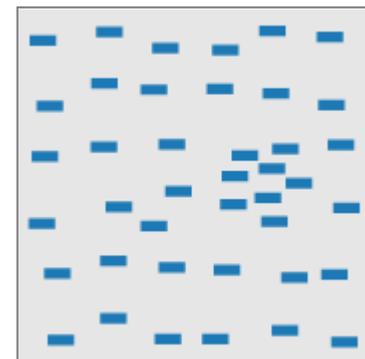


[Healey, 1997]

- Closure



- Density



- Density and closure are directly related to principles of the Gestalt Theory

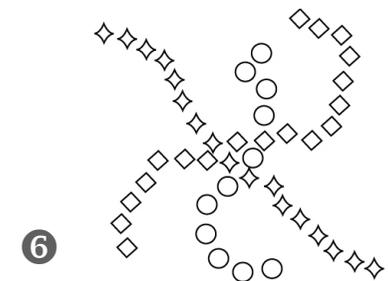
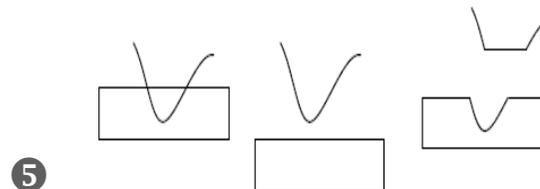
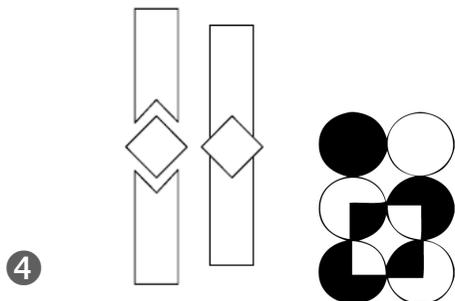
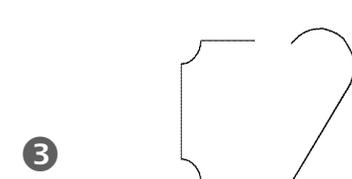
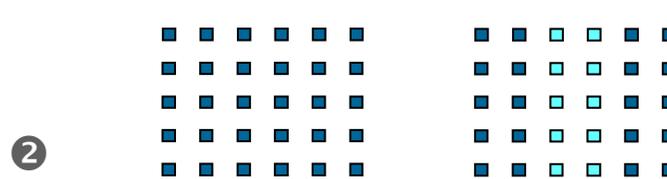
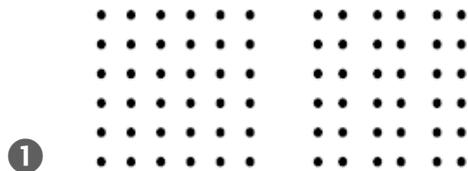
# COGNITION : GESTALT

## Théorie de la forme (Gestalt Theorie)

[Kofka, 1935 ; Paul, 1979]

- Forme = plus que la somme de ses composantes : position relative des éléments
- **Lois de bonne forme (*Prägnanz*)** : une forme est d'autant mieux identifiée comme telle qu'elle vérifie autant que possible les lois suivantes :

- ① *ségrégation* : regroupe des éléments proches,
- ② *ressemblance* : regroupe des éléments similaires (ex : couleur)
- ③ *symétrie* : forme d'autant mieux identifiée qu'elle est symétrique
- ④ *clôture* : forme très simple (carré, rond...) reconnue même si non complète
- ⑤ *destin commun* : même comportement dynamique
- ⑥ *continuité* : forme au contour lisse et continu, sans changement de direction



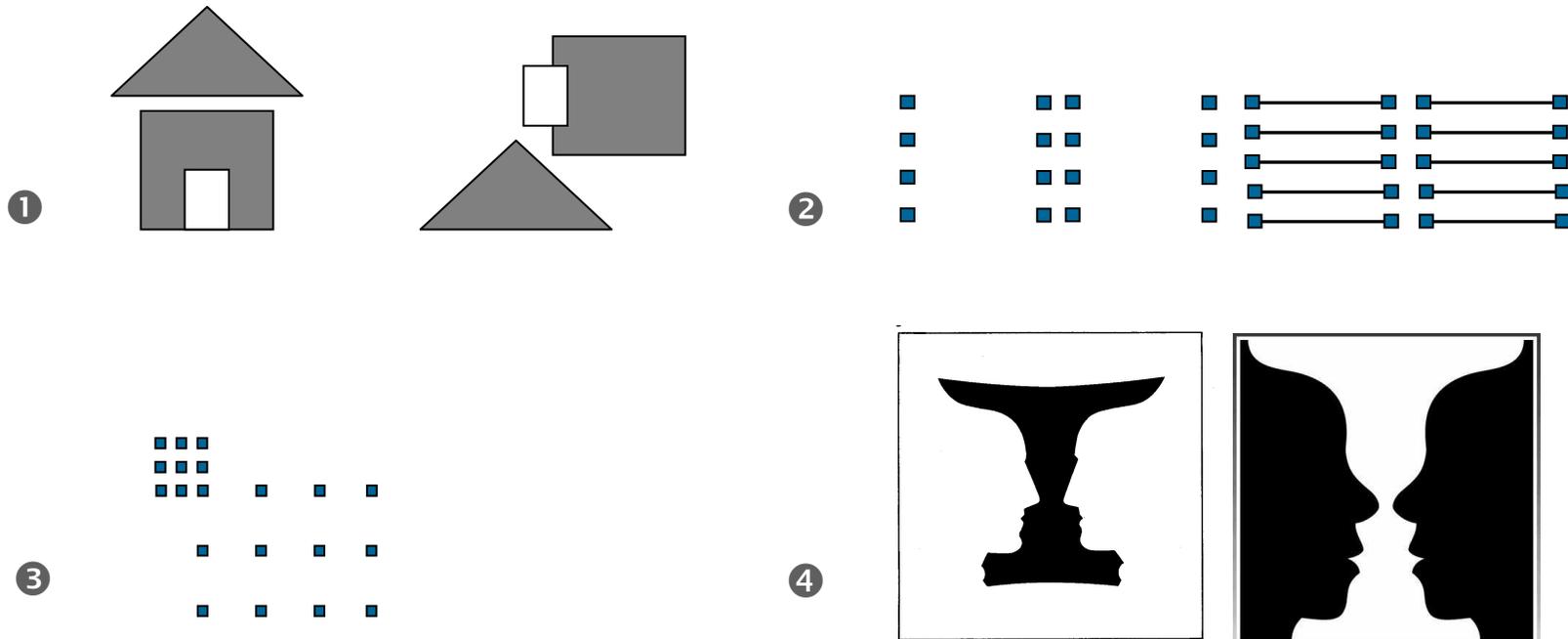
# COGNITION : GESTALT

## Théorie de la forme (Gestalt Theorie)

[Ware, 2012]

D'autres principes de bonne forme ont depuis été définis :

- ① *familiarité* : regroupe des éléments si les groupes semblent familiers ou ont du sens,
- ② *connectivité* : regroupe des éléments liés entre eux
- ③ *densité* : regroupe les éléments d'une zone ayant une densité spatiale proche
- ④ *plan* : on sait perceptivement distinguer un premier plan d'un arrière plan



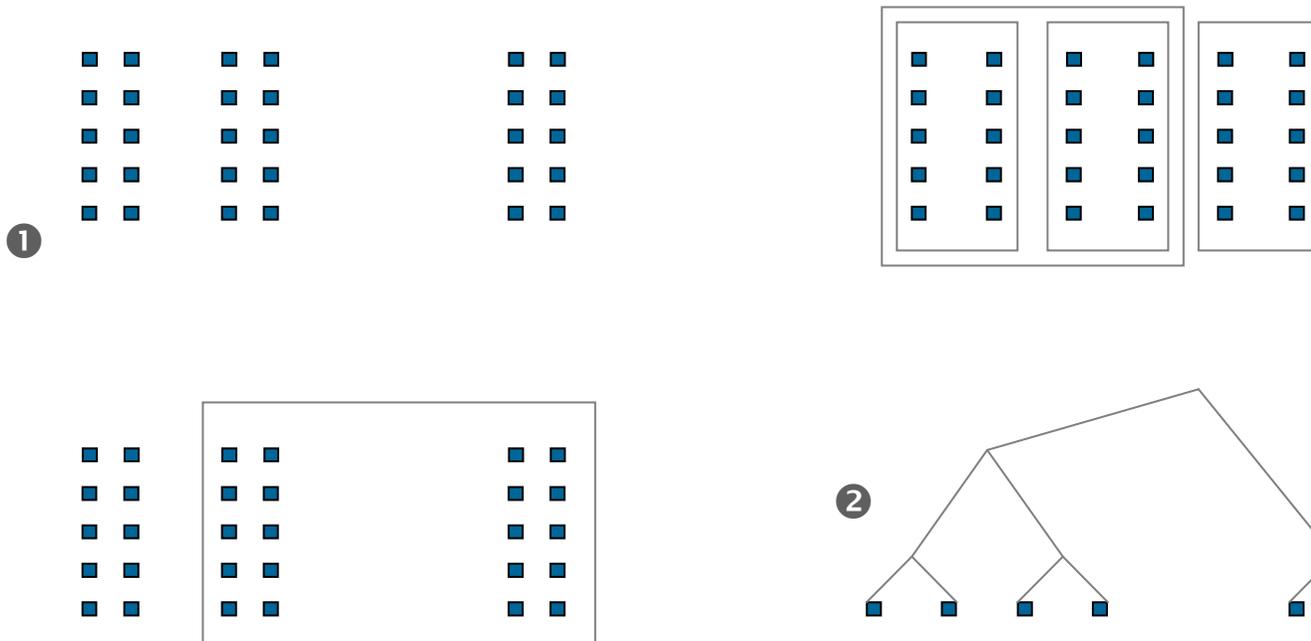
# COGNITION : GESTALT

## Gestalt: visualisation et organisation

[Palmer, 1992 ; Palmer & Rock, 1994]

Lois de perception d'une organisation et non plus de formes isolées

- ① *contour* : principe d'organisation plus fort que la simple proximité
- ② *connectivité* : lignes de connexion entre objets graphiques interprétables directement comme relation entre les éléments représentés.



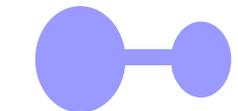
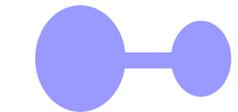
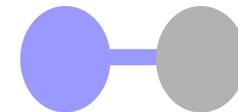
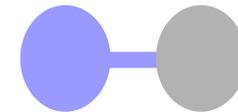
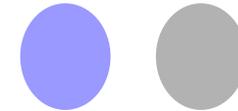
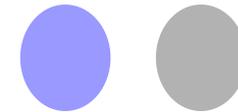
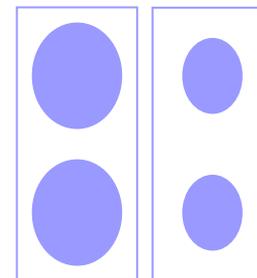
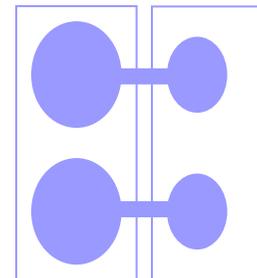
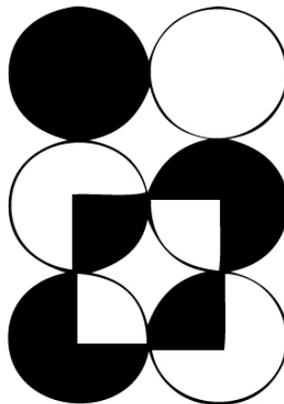
# COGNITION : GESTALT

## Théorie de la forme (Gestalt Theorie)

Quel principe a le plus fort pouvoir d'organisation ?

- *ségrégation* par proximité [Ware 2004]
- *contours* ou *connectivité* [Palmer & Rock 1994]
- ....

### Exemples



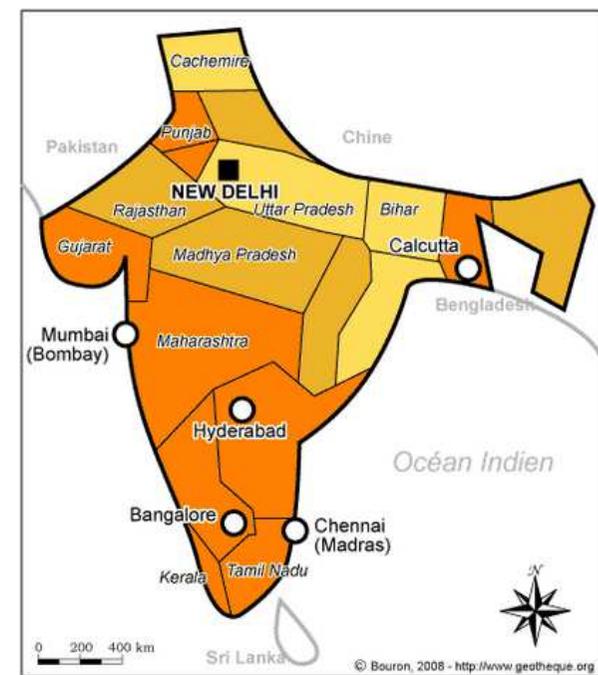
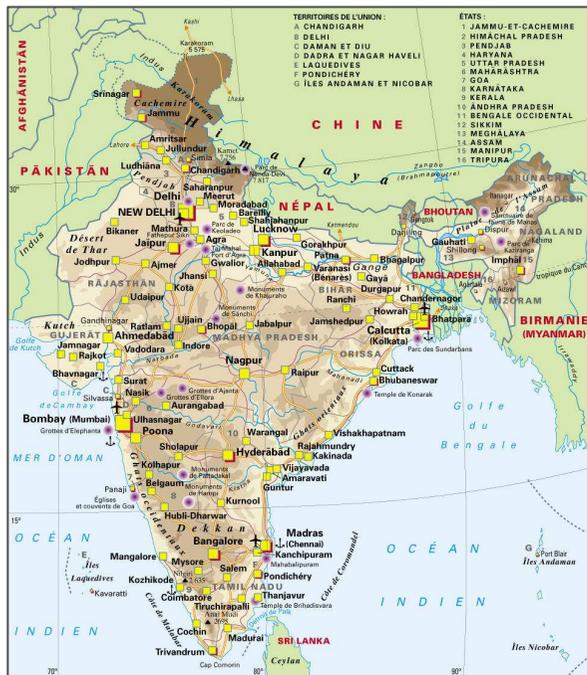
# COGNITION : ABSTRACTION



## Degré d'abstraction

- Une représentation plus abstraite facilite la compréhension :
  - Formes mieux distinguables, lois de la Gestalt plus évidentes
  - Compromis : il faut garder un lien compréhensible avec la réalité
- N'afficher que l'information requise pour la compréhension visée

## Exemple

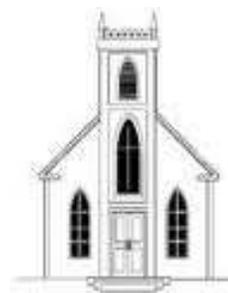
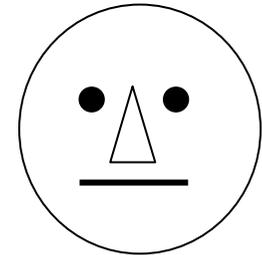
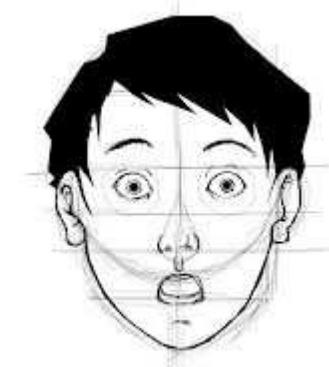
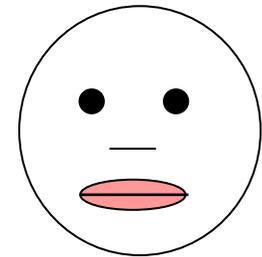


# COGNITION : ABSTRACTION



## Degré d'abstraction

- Une représentation plus abstraite gagne en généralité
- Ce qui limite l'abstraction : couleur, ombrage, perspective...





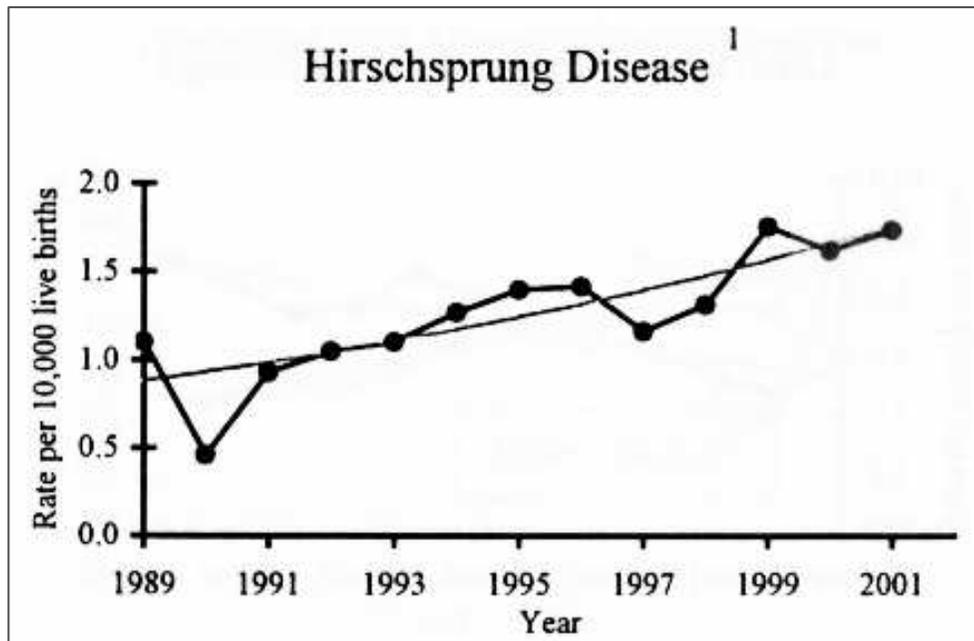
# COGNITION : ABSTRACTION



## Exemple : droite de régression

**Principe** – Plutôt que représenter toutes les données comme dans un diagramme en ligne, en dispersion, on représente une droite de régression qui synthétise le comportement général des données, ou une tendance

**Remarque** – Ce principe ne se limite pas à une droite : fonction spline etc...

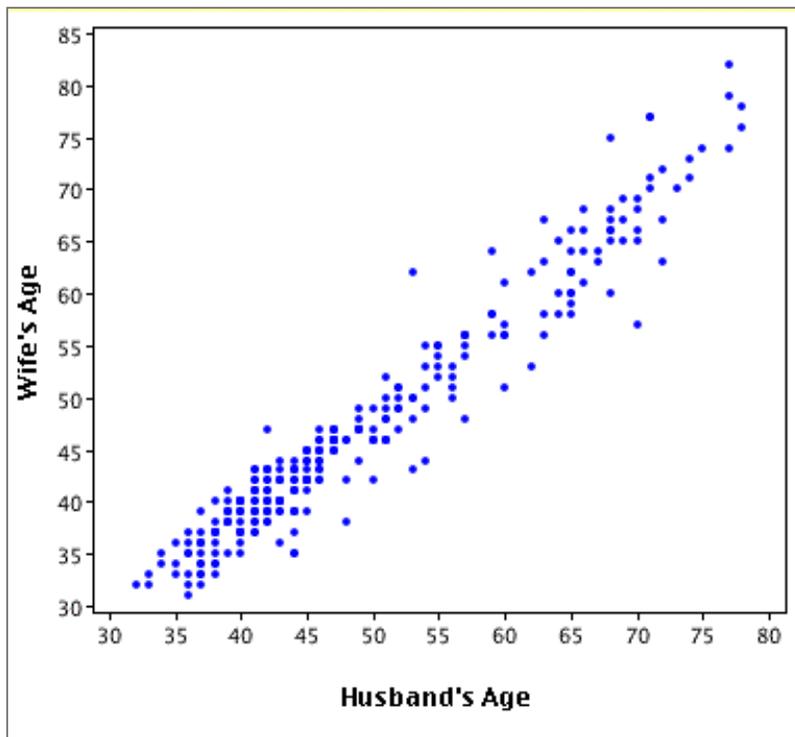




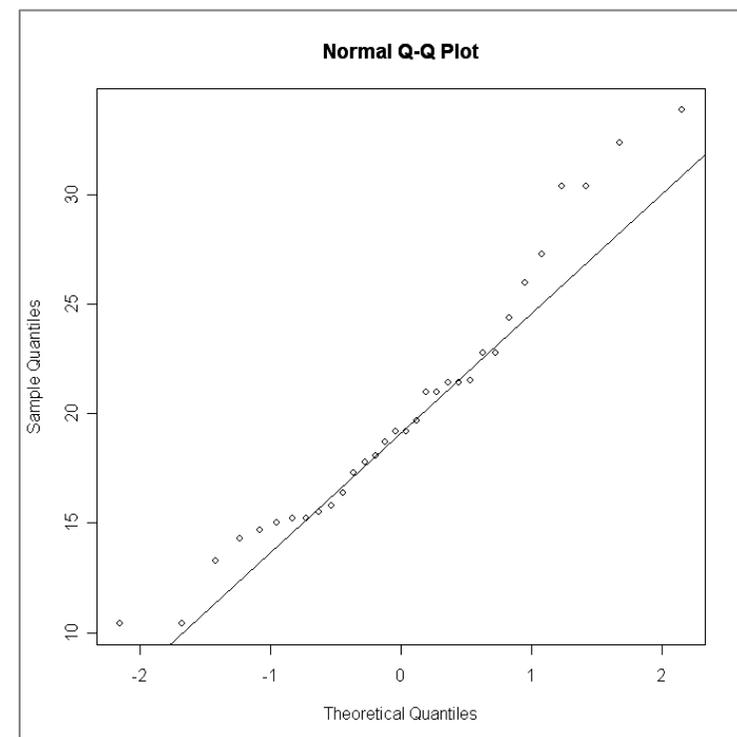
## Exemple : diagramme quantile-quantile (*Q-Q plot*)

**Principe** – Plutôt que représenter toutes les données comme dans un diagramme de dispersion (*scatter-plot*), on les regroupe par quantiles

**Intérêt** – graphique plus abstrait donc plus lisible: moins de données parasites et dispersées qui gênent l'analyse.



scatter plot



Q-Q plot

# SEMILOGIE GRAPHIQUE

## Le problème du choix des variables visuelles

- Une fois que j'ai décidé quelle variable (ou quel ensemble de variables), comment choisir de représenter ses (leurs) variation(s)  
couleur, position, taille d'un symbole, etc...
- Ce choix va dépendre de nombreux facteurs
  - adaptation de la variable visuelle au type de donnée,
  - adaptation de la variable visuelle à la finesse de variation que l'on souhaite exprimer
  - affordance de la variable visuelle par rapport à la donnée représentée, à la tâche
  - ...

## Sémiologie graphique

Guide basé sur l'expérience

## Langages graphiques

Combiner plusieurs variables visuelles pour représenter plusieurs dimensions simultanément

# SEMILOGIE GRAPHIQUE

## Variables rétinienes

[Bertin 1967]

- Image = ensemble de **signes graphiques** définis suivant différentes **variables perceptives** : taille, couleur, forme, orientation...

	POINTS	LIGNES	ZONES				
XY 2 DIMENSIONS DU PLAN Z							
TAILLE							
VALEUR							
<b>LES VARIABLES DE SÉPARATION DES IMAGES</b>							
GRAIN							
COULEUR							
ORIENTATION							
FORME							



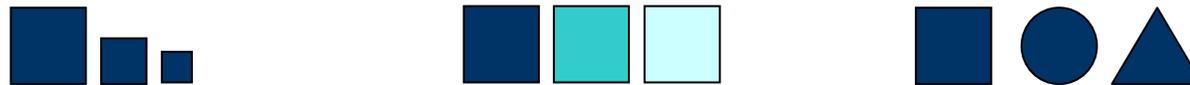
## Variables rétinienne : propriétés

[Bertin 1967]

- **Ordonnée** : si les différentes valeurs de la variable ont un ordre évident



- **Quantitative** : si elle permet d'exprimer des rapports numériques entre signes



- **Nombre de valeurs** que l'œil peut distinguer sans erreur



Variable	Exemples	Ordonnée	Quantitative	Nb. Valeurs
Taille		+	+	5
Teinte (valeur)		+	(+)	3
Saturation		+	(+)	3
Grain		+		10
Orientation		(+)		12
Forme		(+)	(+)	très grande



## Variables visuelles et type de données : différences qualitatives

	<i>Points</i>	<i>Lines</i>	<i>Areas</i>	<i>Best to show</i>
<i>Shape</i>		<i>possible, but too weird to show</i>	<i>cartogram</i>	<i>qualitative differences</i>
<i>Size</i>			<i>cartogram</i>	<i>quantitative differences</i>
<i>Color Hue</i>				<i>qualitative differences</i>
<i>Color Value</i>				<i>quantitative differences</i>
<i>Color Intensity</i>				<i>qualitative differences</i>
<i>Texture</i>				<i>qualitative &amp; quantitative differences</i>

[Bertin, 1967]

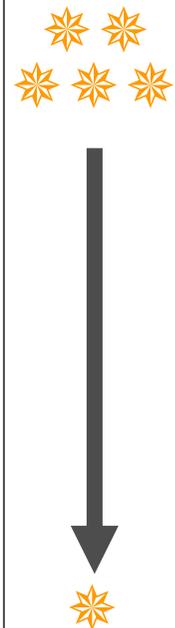


## Quelles variables visuelles pour quel type de données

Propositions non testées empiriquement

[McKinlay, 1988] REF

<b>QUANTITATIVE</b>	<b>ORDINAL</b>	<b>NOMINAL</b>
Position	Position	Position
Longueur	Densité	Couleur (Teinte)
Angle	Couleur (Saturation)	Texture
Pente	Couleur (Teinte)	Connexion
Aire	Texture	Encapsulation
Volume	Connexion	Densité
Densité	Encapsulation	Couleur (Saturation)
Couleur (Saturation)	Longueur	Forme
Couleur (Teinte)	Angle	Longueur



# VARIABLES VISUELLES

## Robustesse de détection

- Qu'elles soient pré-attentives ou non, qu'elles soient structurées par une forme ou non, qu'elles soient adaptées à la donnée ou non les variations des variables visuelles ne sont pas toutes identifiées aussi facilement

**Exemple**            robustesse de détection pour une tâche donnée [Cleveland & McGill]  
                                 position > longueur > angle, pente > aire > surface > couleur, densité

- Tout dépend toutefois de la tâche
  - ✓ changement de couleur facilement détectable si nombre limité
  - ✓ Affordance : certaines variables sont facilement liées à un sens donnée

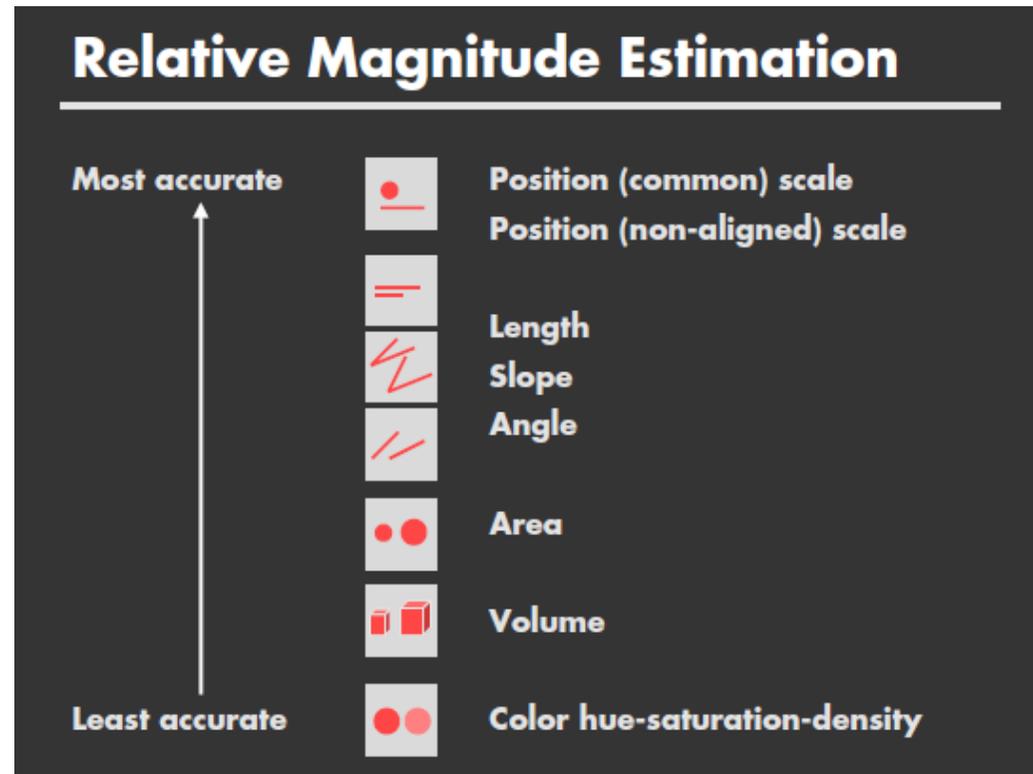
## Exemples

<b>densité, luminance</b>	plus sombre = valeur plus grande
<b>taille</b>	plus grand, plus large = valeur plus grande
<b>position</b>	à gauche = 1° (culture occidentale)
<b>couleurs</b>	sémantique très riche mais très contextuelle (culture, tâche...)

# VARIABLES VISUELLES

## Estimation de magnitude relative

- Toutes les variables visuelles n'ont pas la même capacité d'estimer précisément une variation relative de valeur.



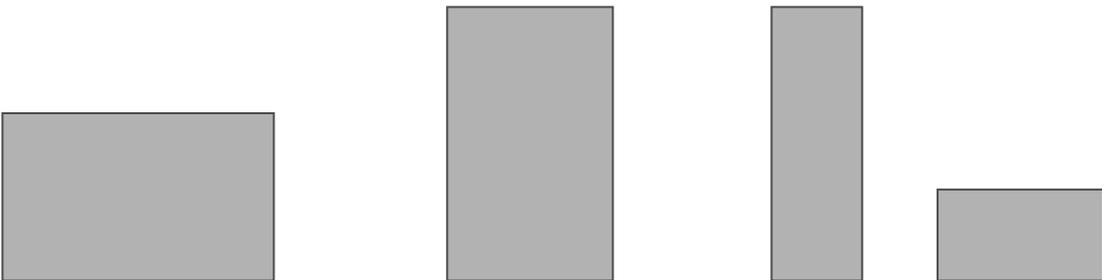
- On retrouve indirectement des résultats déjà observés :
  - **position, longueur**      histogrammes, diagrammes de ligne
  - **angle, aires**            camemberts

# VISUAL VARIABLES : DIMENSION PAIRS

## Conjunction of visual dimensions

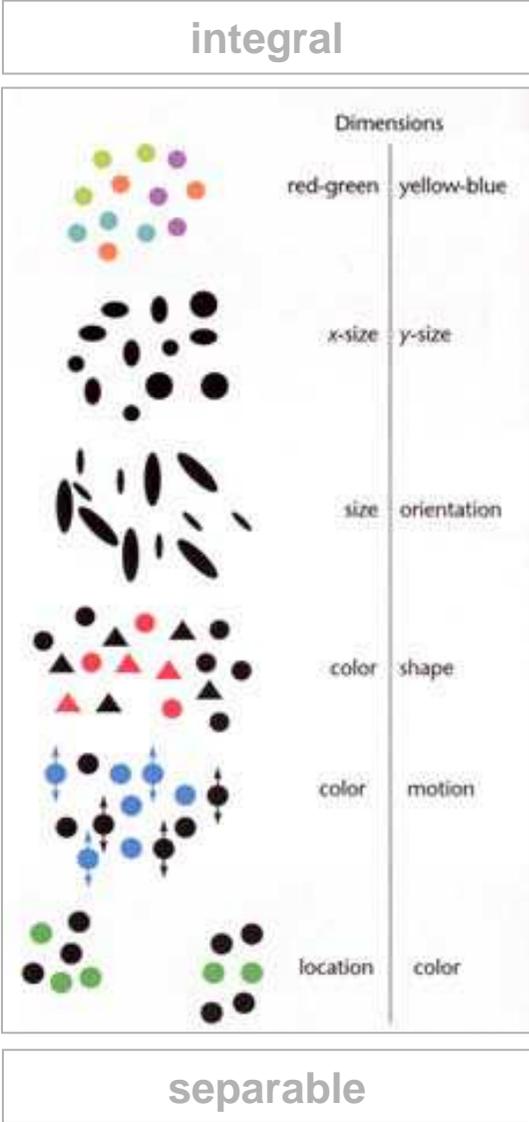
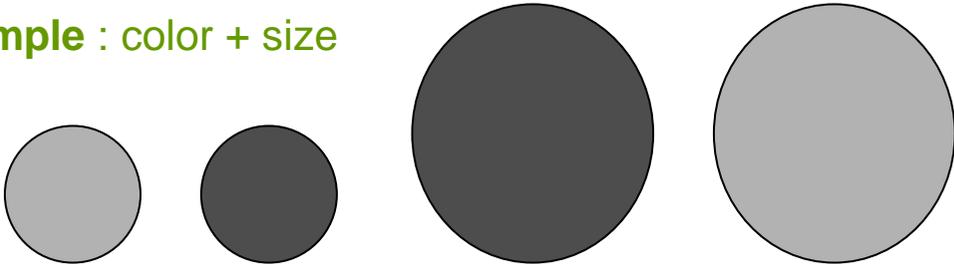
- **Integral dimensions** – **Holistic perception** : the dimensions are not seen independantly

**Example** : height + width for rectangles



- **Separable dimensions** – **Analytic perception** : separate judgment can be given on the two dimensions.

**Example** : color + size

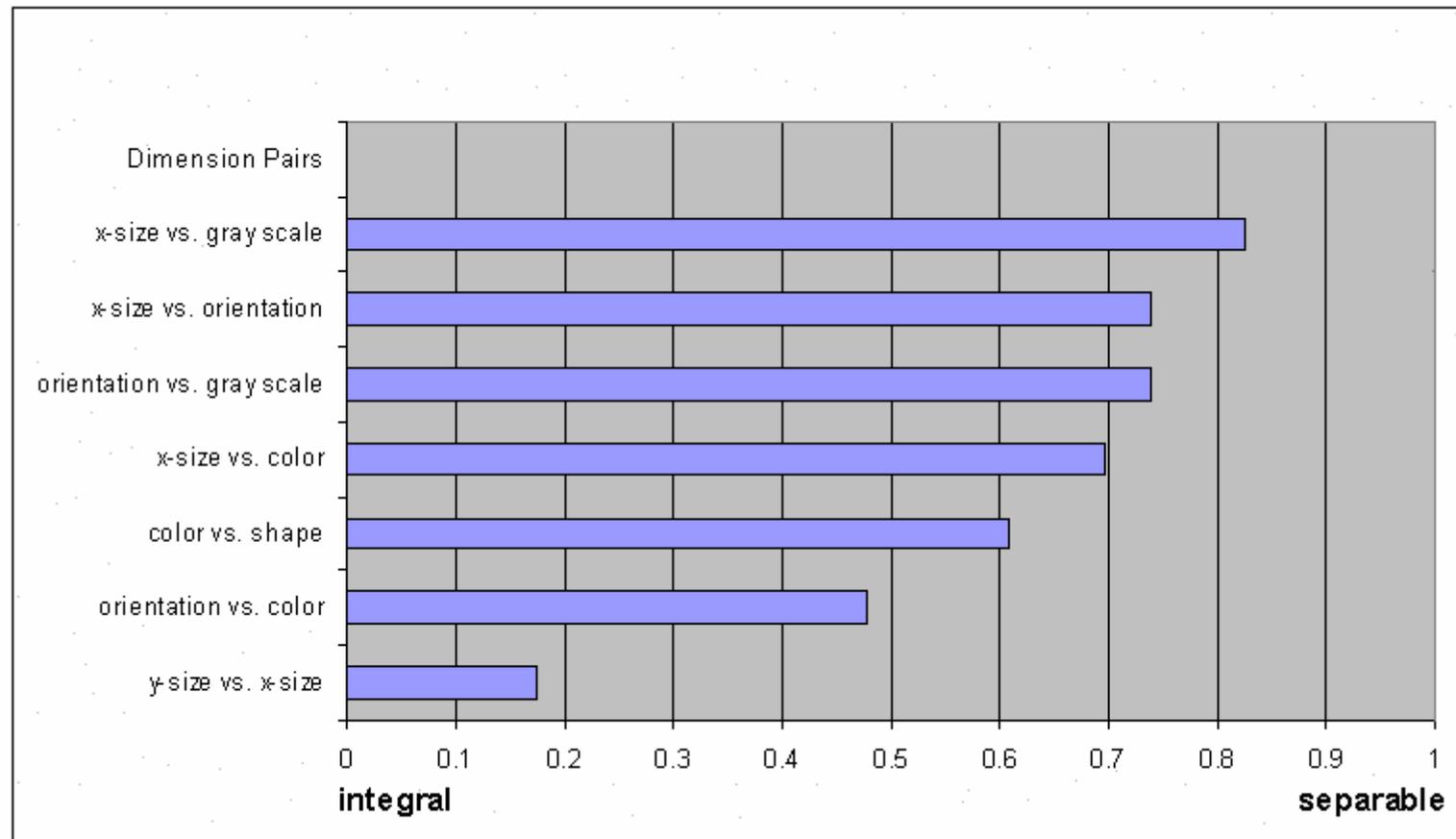


# VISUAL VARIABLES : DIMENSION PAIRS

## Conjunction of visual dimensions

[<http://web.cs.wpi.edu/~xiezx/courses/cs525d/evaluation/evaluation.htm>]

**Subjective evaluation** : percentage of participants regarding it as separable dimension pair



# VISUAL VARIABLES : DIMENSION PAIRS

## Integral dimensions

**Example** : aspect ratio [MacEachren 1995]

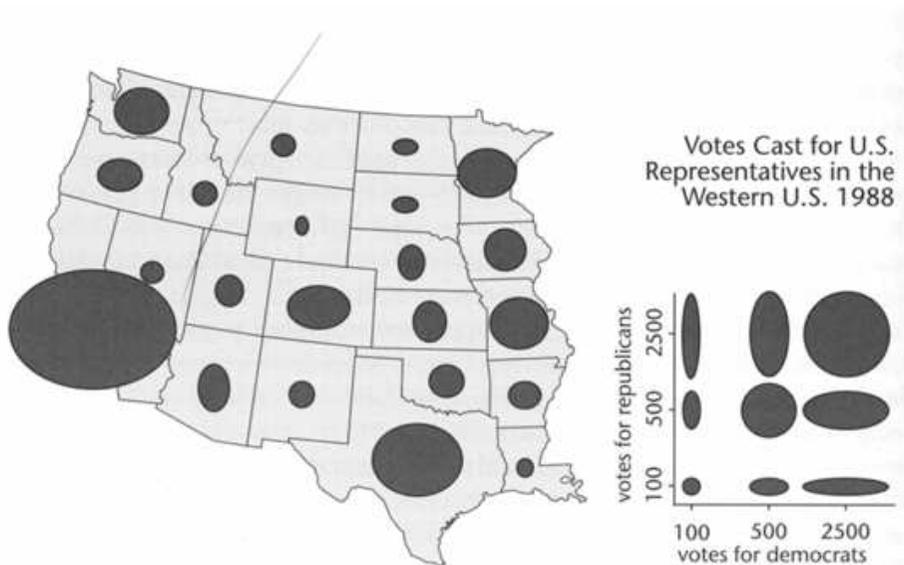


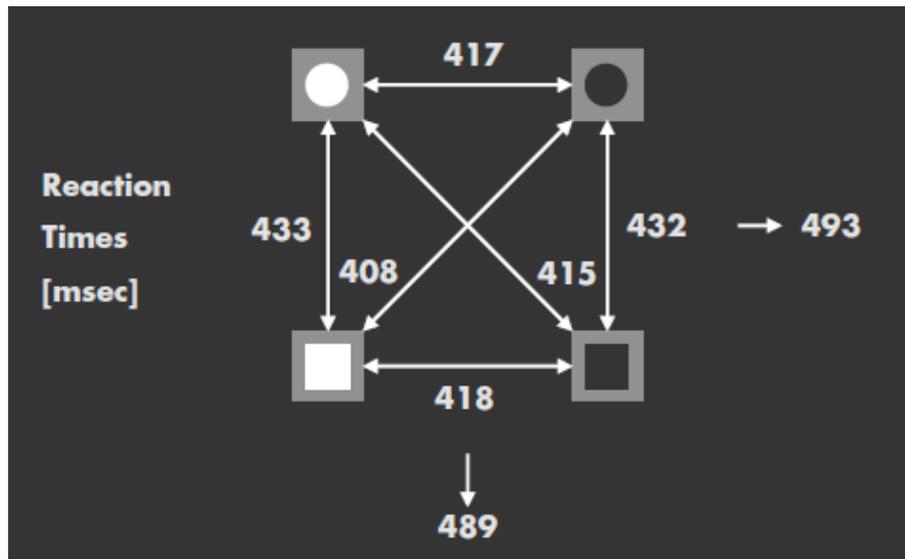
FIGURE 3.38. An example of the use of an ellipse as a map symbol in which the horizontal and vertical axes represent different (but presumably related) variables.

# VISUAL VARIABLES : DIMENSION PAIRS

## Interference of benefit ?

- **Filtering interference** : difficulty in ignoring one dimension while attending to the other
- **Redundancy gain** – Facilitation in reading one dimension when the other provides redundant information

**Example : shape + color** [Garner 1974]



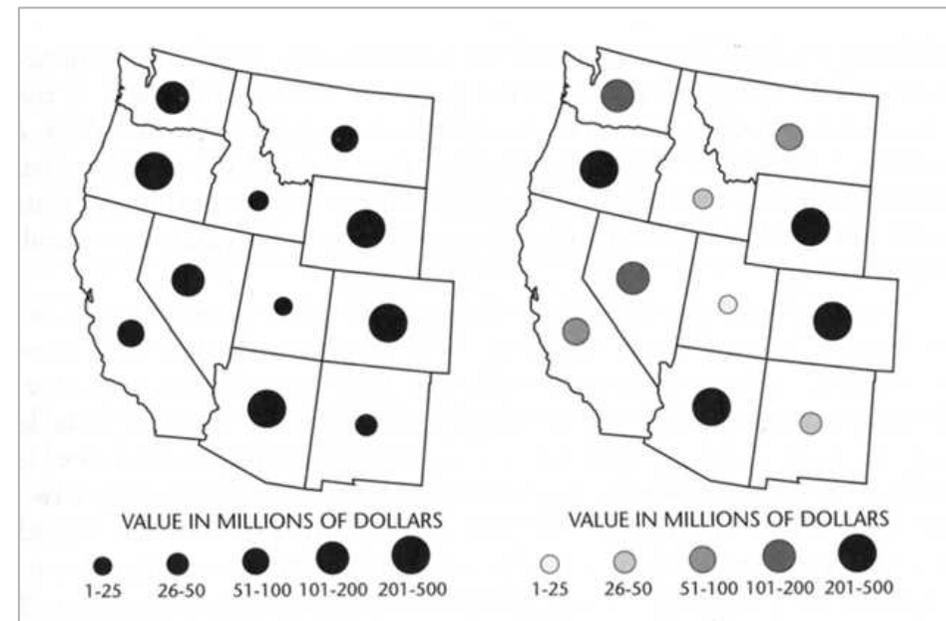
# VISUAL VARIABLES : DIMENSION PAIRS

## Speeding classification with visual dimensions pairs

- Integral dimensions

- *Filtering interference* if the two dimensions are affected by chance
- *Gain* if the two dimensions are coded in a redundant way.

**Example** : size + intensity [Dobson 1983]



- Separable dimensions – No interference + no gain

**Example** : color blind people.

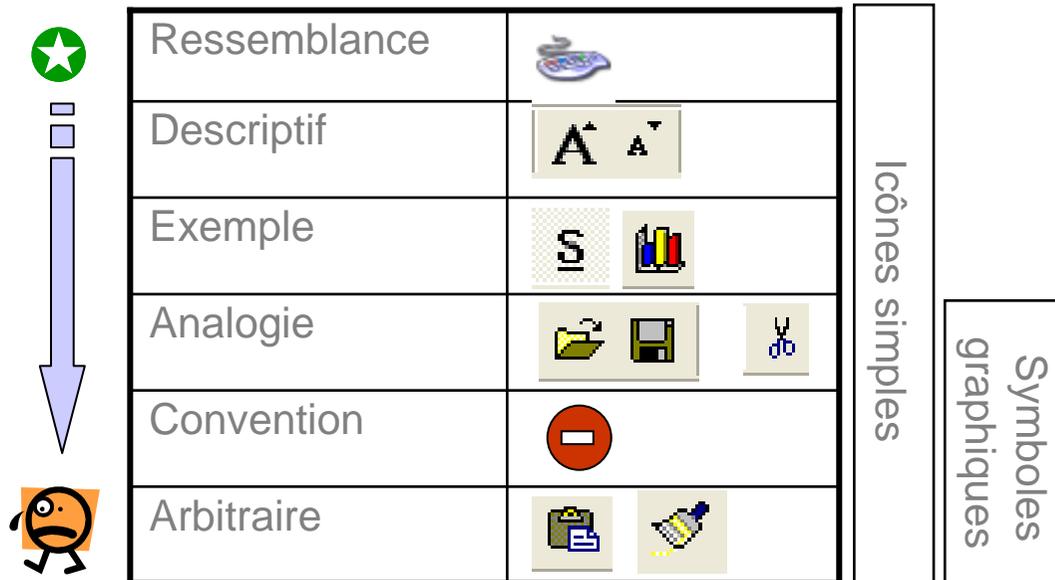
# SEMIOLOGIE GRAPHIQUE : AFFORDANCE



Capacité qu'ont les symboles à représenter les fonctions qu'ils désignent...

## Affordance graphique

[Norman, Camacho 1990]



	①	②	③	④
Analogie	+	+	++	+
Convention		++	++	++
Arbitraire			+	++

- ① *universalité* : novice, « naïf »
- ② *compréhension* : primo-utilisateur
- ③ *mémorisation*
- ④ *vitesse de lecture*



- **Cas simples** – un signe graphique pour chaque concept ⇔ icônes
- **Nombreux concepts** – langage graphique combinatoire

## Méthodologie de conception d'un langage graphique

[Lamy *et. al.*, 2008]

### 1. Identification des concepts et attributs à visualiser

**exemple**      *concept maladie = attributs localisation + type + gravité*

### 2. Représentation graphique des attributs

- sémantique de l'attribut : un signe ⇔ affordance

*exemple*      *novice ⇔ analogie ; expert ⇔ convention*

- valeur de l'attribut : une variable rétinienne par attribut ⇔ perception pré-attentive

- identité des propriétés de l'attribut et de la variable

*exemple* : *variable ordonnée à 5 valeurs ⇔ taille ou grain*



## Méthodologie de conception d'un langage graphique (suite)

### 3. Représentation concepts : combinaison des signes d'attributs

[Meunier, 1988]

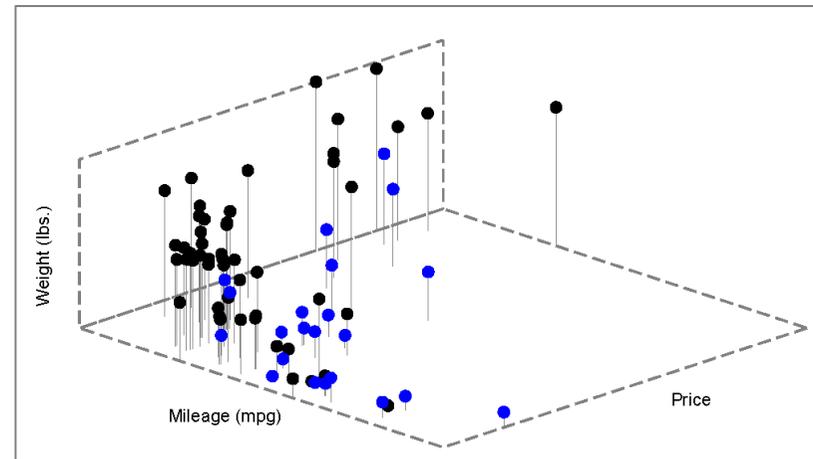
- Combinaison rétinienne : on joue seulement sur les variables visuelles
- Juxtaposition de signes ⇔ Gestalt

	Séparabilité	Contraintes	Exemples
Combinaison rétinienne	+	Variables différentes	
Inclusion	++	Signe extérieur le plus simple	
Juxtaposition avec recouvrement	+++		
Juxtaposition sans recouvrement	++++		

# COULEURS ET VISUALISATION

## La couleur, une variable visuelle très particulière

- Variable pré-attentive : directement interprétable
- Non spatiale
  - permet l'ajout d'une dimension supplémentaire
  - permet une densification de l'information
- Essentiel pour l'aspect attirant ... si choix de bon goût (cercle chromatique)



## Limitations : à utiliser avec précaution

- Limites du systèmes visuel (+ handicap) : erreurs perceptives
- Interprétation de la teinte (*hue*) parfois complexe et contextuelle



## Pré-attention et usage de la couleur

Une des variables visuelles pour laquelle la **pré-attention** est la plus efficace :  
trois usages principaux en visualisation d'information :

- **Mettre en avant certaines valeurs** (alertes pré-attentives)
- **Encoder visuellement des valeurs numériques**
- **Regrouper visuellement des informations**

## Alertes pré-attentives : mettre en avant certaines valeurs

Sanofi	1034.33	+4.3	+0.42%
Peugeot	45.56	-5.6	-12,3%
Renault	97.28	+7.0	+7,2%
LVMH	4.05	-0.6	-14,8%

Sanofi	1034.33	+4.3	+0.42%
Peugeot	45.56	-5.6	-12,3%
<b>Renault</b>	<b>97.28</b>	<b>+7.0</b>	<b>+7,2%</b>
<b>LVMH</b>	<b>4.05</b>	<b>-0.6</b>	<b>-14,8%</b>

# COULEUR ET VISUALISATION



## Encoder visuellement les valeurs numériques

Sanofi	1034.33	+4.3	+0.42%	Sanofi	1034.33	<b>+4.3</b>	<b>+0.42%</b>
Peugeot	45.56	-5.6	-12,3%	Peugeot	45.56	<b>-5.6</b>	<b>-12,3%</b>
Renault	97.28	+7.0	+7,2%	Renault	97.28	<b>+7.0</b>	<b>+7,2%</b>
LVMH	4.05	+0.6	+14,8%	LVMH	4.05	<b>+0.6</b>	<b>+14,8%</b>

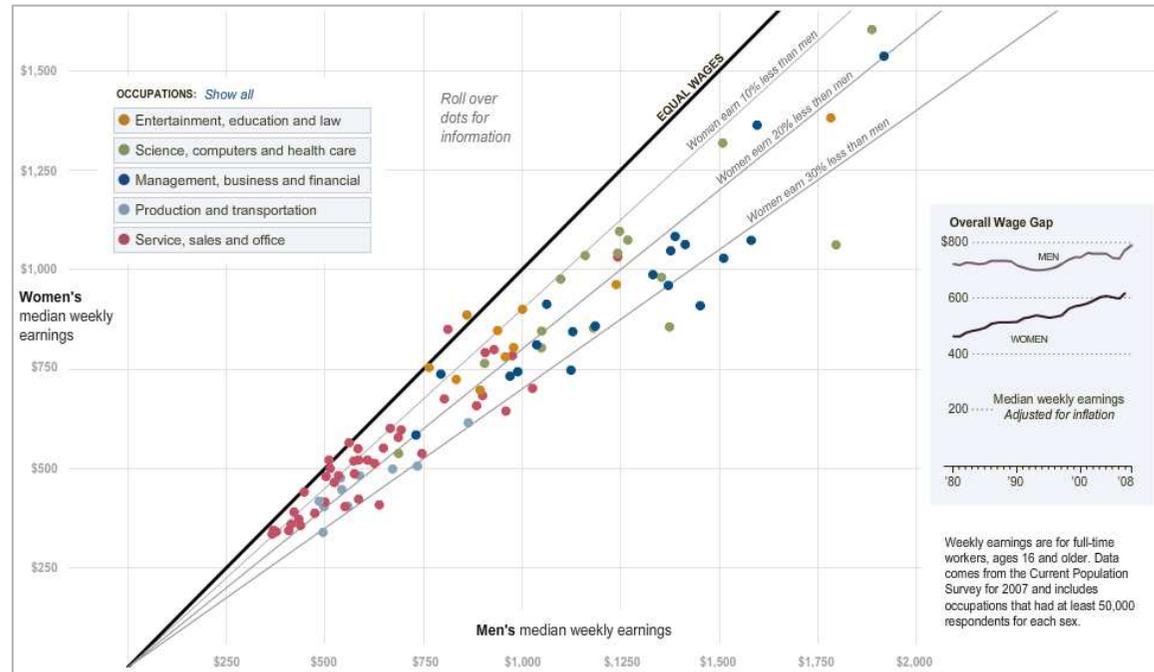
	Laptops	Desktop PCs	Harddisks	Flash Memory	Screens	Keyboards	Printers	Scanners	PDA's	Projectors	Cameras
California	-2,218	4,497	884	3,252	8,564	3,418	8,582	-3,891	2,333	1,358	5,450
Colorado	3,410	0	2,338	2,676	1,567	387	1,361	3,249	828	1,272	-141
Connecticut	0	0	4	0	2,998	1,219	873	0	0	810	989
Florida	0	0	583	765	2,305	940	1,737	2,727	0	1,344	497
Illinois	0	0	9,384	3,405	4,382	2,331	4,495	3,484	1,388	0	1,589
Iowa	377	0	412	8,577	210	4,487	872	189	5,822	0	3,486
Louisiana	0	2	1,455	1,501	1,138	0	920	1,349	0	0	991
Massachusetts	0	0	-297	0	13,486	707	0	0	0	492	367
Missouri	0	0	1,224	-189	986	387	1,011	1,125	-210	-45	-885
Nevada	0	875	374	884	-45	11,934	410	210	4,497	-10,978	4,355
New Hampshire	1,009	0	-186	0	897	376	0	0	0	882	-43
New Mexico	0	-208	-181	377	902	0	389	-683	0	0	202
New York	0	0	-17,034	0	8,564	3,254	0	0	3,405	2,328	7,589
Ohio	820	0	2,871	495	827	2,305	355	-134	2,724	0	705
Oklahoma	0	2,722	492	495	1,274	0	2,305	700	-15,034	0	571
Oregon	-139	357	818	708	395	487	2,871	834	2,310	2,727	1,289
Texas	0	1,356	3,415	808	5,452	0	2,338	1,567	0	0	829
Utah	1,130	1,008	1,501	1,009	878	-158	1,222	979	387	-208	904
Washington	0	788	488	2,998	1,881	1,452	1,418	584	918	-5	1,141
Wisconsin	-497	0	1,418	1,450	576	916	787	1,740	2	0	1,337

# COULEUR ET VISUALISATION



## Regrouper visuellement des informations

- Aider la compréhension



- Densifier l'information

Hamilton	10	8	10	2	10	10
Button	0	6	4	10	0	4
Vettel	8	0	8	0	6	3
Alonso	6	0	0	0	1	0

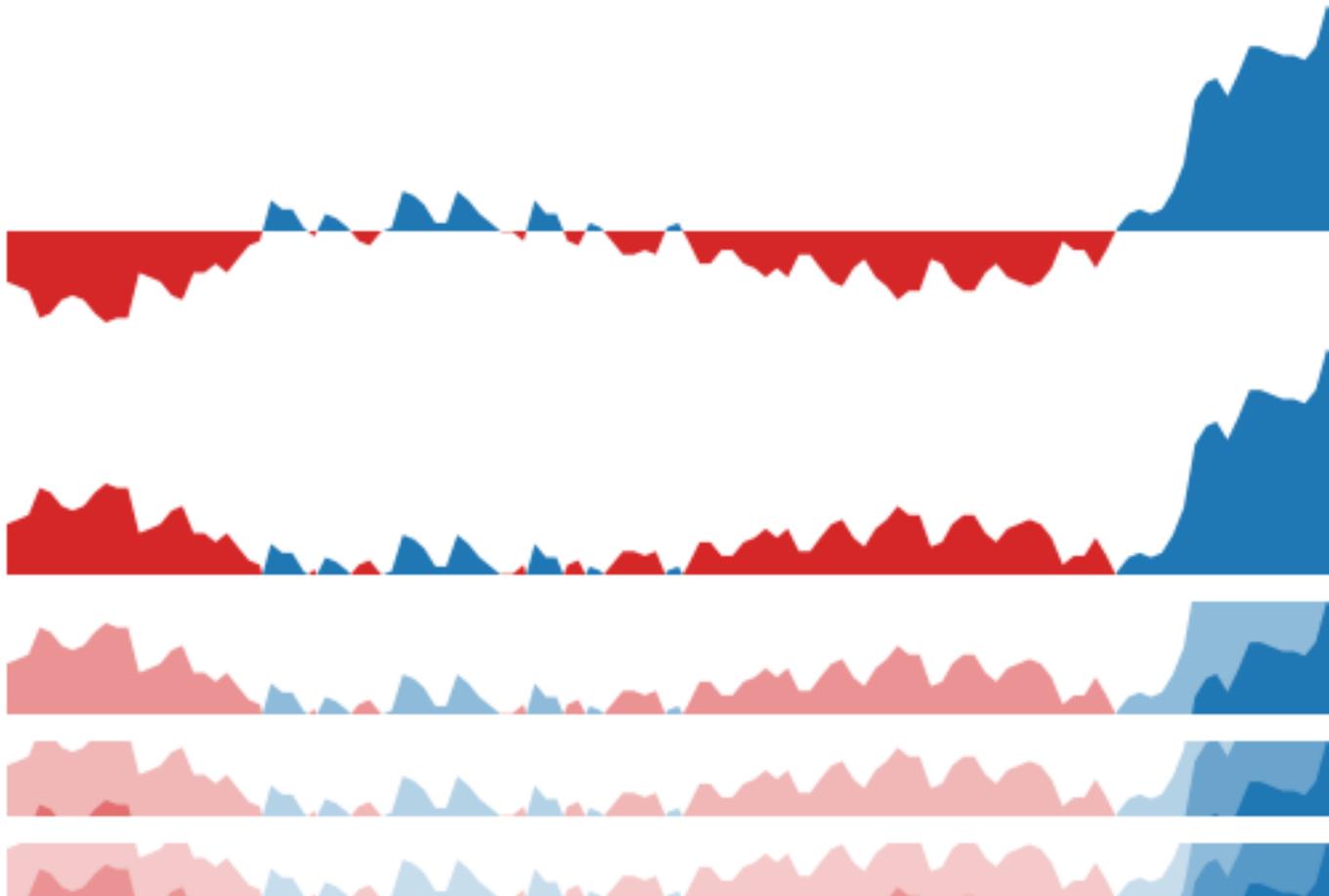
Hamilton	10	8	10	2	10	10
<b>Button</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>4</b>
Vettel	8	0	8	0	6	3
<b>Alonso</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>



## Horizon graphs

[Heer and al. 2010]

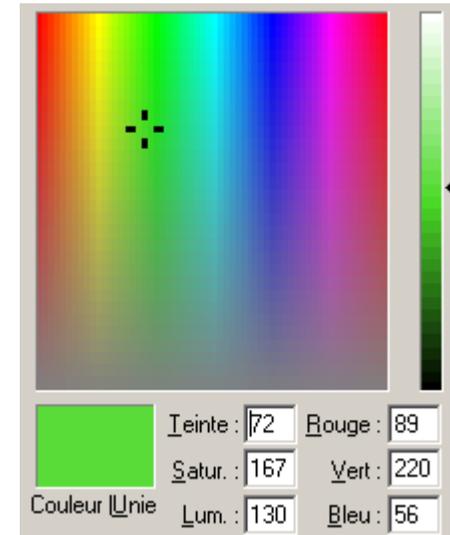
**Example** – Colour coding (hue + luminance) = height of the chart reduced to a quarter of the original one.



# COULEURS ET VISUALISATION

## Composantes et codage de la couleur

- **Rouge + Vert + Bleu**  $\Rightarrow$  correspondant à une réalité non directement interprétable en termes cognitifs
- **Nuance (Hue) + Saturation + Luminance**  $\Rightarrow$  correspond à la perception consciente : codage recommandé
- **Pré-attention** : sur chaque composante isolée combinées



## Codage colorimétrique de l'information

- **Teinte – codage qualitatif** : différences de sens, de catégorisation
- **Luminance & intensité – codage quantitatif** : différences de valeurs

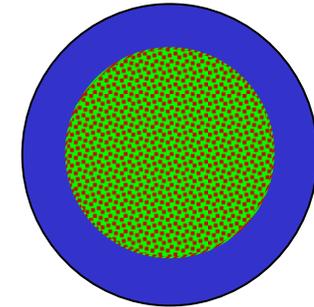


- **Codage pré-attentif** – Mise en avant d'une information, alertes

# COULEURS : CONTRAINTES PHYSIOLOGIQUES

## Vision primaire : organisation de la rétine

- Deux types de cellules photo-réceptrices :
  - ✓ *Bâtonnets* en périphérie : perception des formes
  - ✓ *Cônes* (6 millions) au centre (*fovéa*) : couleurs
- Pour chaque type, cellules réceptrices à une couleur primaire (RVB)
- **Bleu** : 3 à 4% de cônes, mais prédominant parmi les bâtonnets



## Cognition : perception consciente

- Information RVB recodée en nuance / saturation / luminance

## Perception des couleurs

[Tufté 1990]

- 150 nuances (*hue*) et 7 millions de couleurs (*hue + saturation + luminance*) distinguables ... mais seulement ~10 catégorisables simultanément
- **Bleu** : surtout réservée à la vision périphérique (faible acuité visuelle)
- **Daltonisme** : 8% des hommes et 0,4% des femmes



## Expérimentation : importance des couleurs

[Pace, 1984]

- Erreurs variant du simple au quadruple suivant les paires de couleurs
- Erreurs rares pour bleu sur blanc, et élevées pour du **Vert sur Blanc**

## Codage couleur : recommandations perceptives

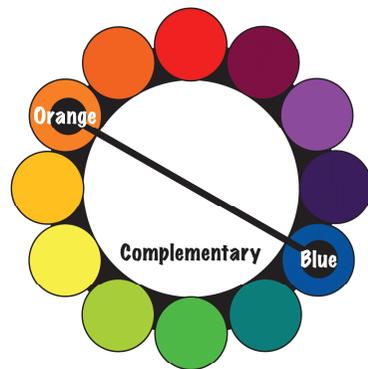
- Limiter le nombre de couleurs pour favoriser leur discrimination :
  - 4/5 au maximum dans un display + une couleur neutre (le fond) et une couleur d'alerte / affichage critique
  - Pas plus de 10 couleurs sur l'ensemble de l'interface.
- Eviter le **bleu saturé** pour des affichages critiques, les caractères ou objets de petite taille.

# COULEURS : NUANCES

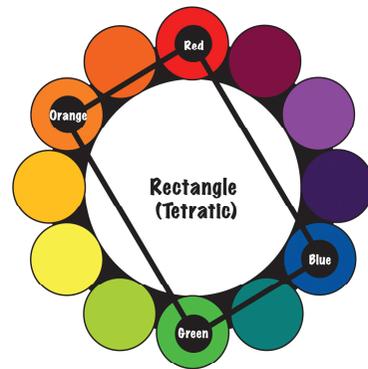


## Cercle chromatique (*Color Wheel*) : comment choisir ses nuances

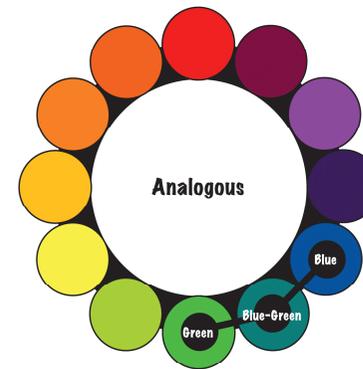
- Augmenter la distinctivité des affichages
- Design esthétique



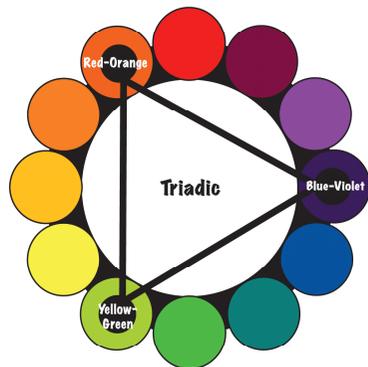
**Complementary color scheme**  
Colors that are opposite each other on the color wheel are considered to be complementary colors  
(example: Orange and Blue).



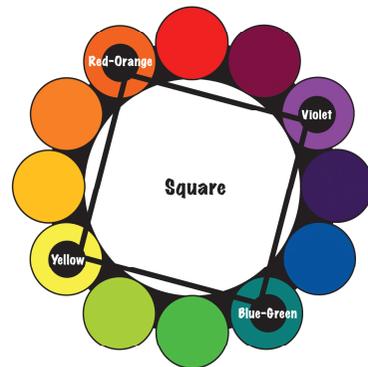
**Rectangle (tetradic) color scheme**  
The rectangle or tetradic color scheme uses four colors arranged into two complementary pairs.  
(example: Orange, Red, Blue and Green)



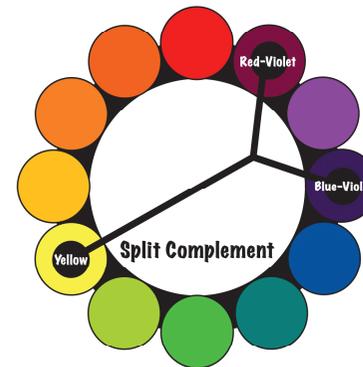
**Analogous color scheme**  
Analogous color schemes use colors that are next to each other on the color wheel.  
(example: Green, Blue-Green and Blue)



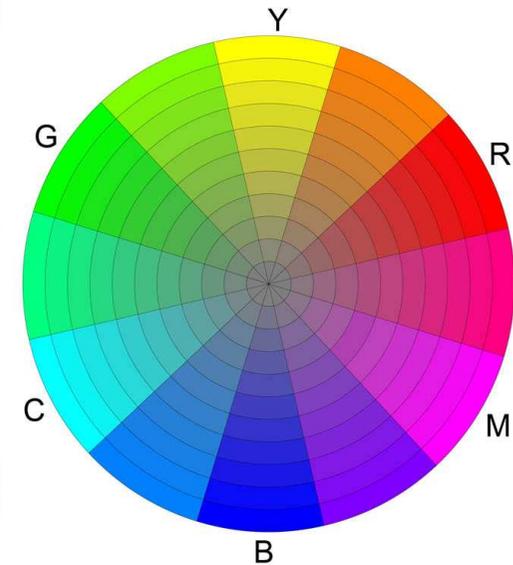
**Triadic color scheme**  
A triadic color scheme uses colors that are evenly spaced around the color wheel.  
(example: Yellow-Green, Red-Orange and Blue-Violet)



**Square color scheme**  
The square color scheme is similar to the rectangle, but with all four colors spaced evenly around the color circle.  
(example: Yellow, Red-Orange, Violet and Blue-Green)



**Split-Complementary color scheme**  
The split-complementary color scheme is a variation of the complementary color scheme. In addition to the base color, it uses the two colors adjacent to its complement.  
(example: Yellow, Red-Violet and Blue-Violet)

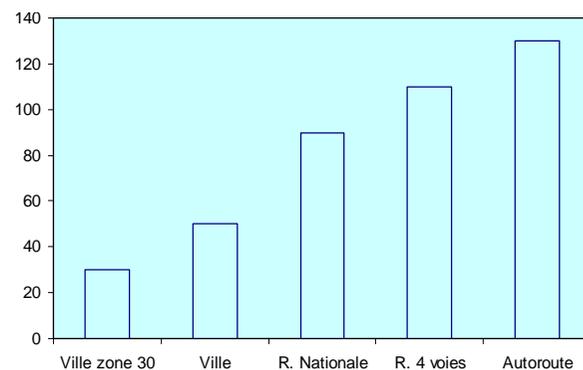
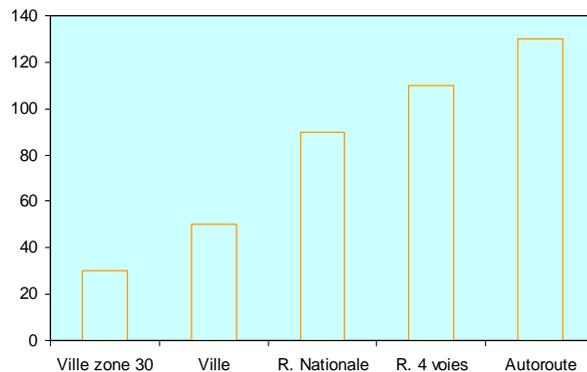
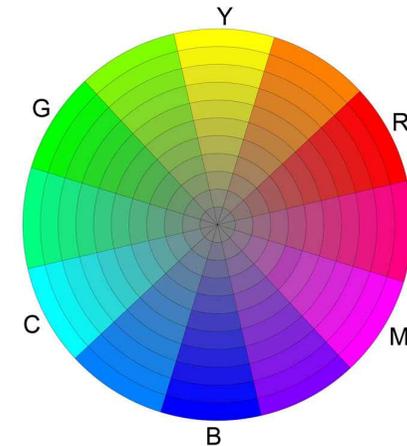


# COULEURS : NUANCES



## Couleurs opposées : contraintes perceptives

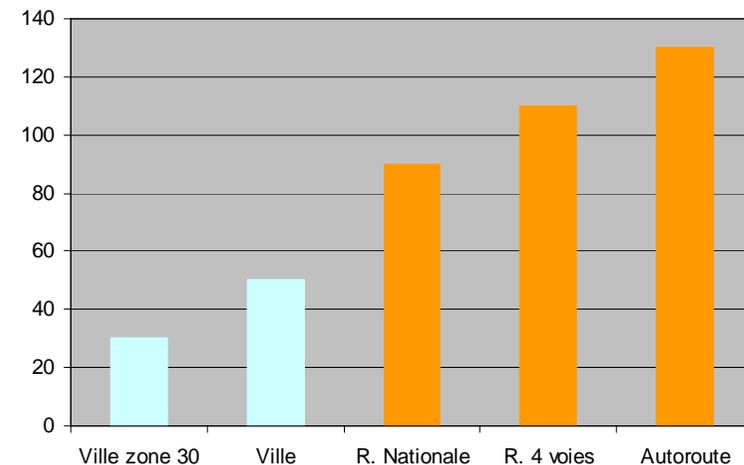
- Difficilement perceptibles conjointement : atténuation d'une des couleurs et scintillement
- Idéal pour traduire une différence entre deux informations séparées spatialement
- A éviter en juxtaposition (exemple : premier et arrière-plan)



Le vert sur rose est difficile à lire

Le rose sur vert est difficile à lire

Mais saturation et luminance jouent aussi

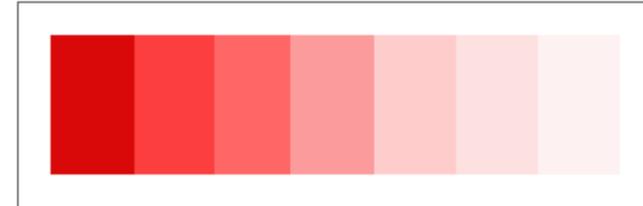


# COLOUR SCHEMES



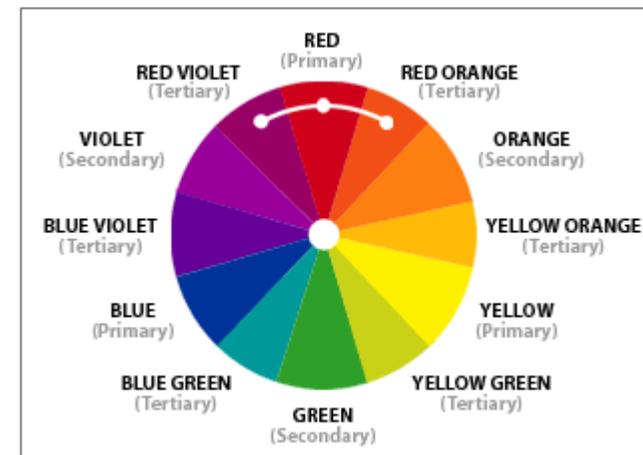
## Monochromatic

- **What** - Same hue for all colours
- **Why** - Continuum of values



## Analogous

- **What** – close proximity on the color wheel (similar hue and saturation)
- **Why** – sense of harmony
- **Caution** – restricted visual differences : use with clearly contrasted charts

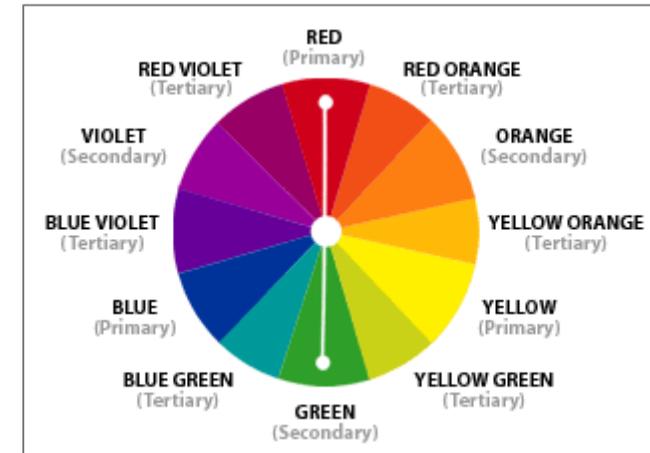


# COLOUR SCHEMES



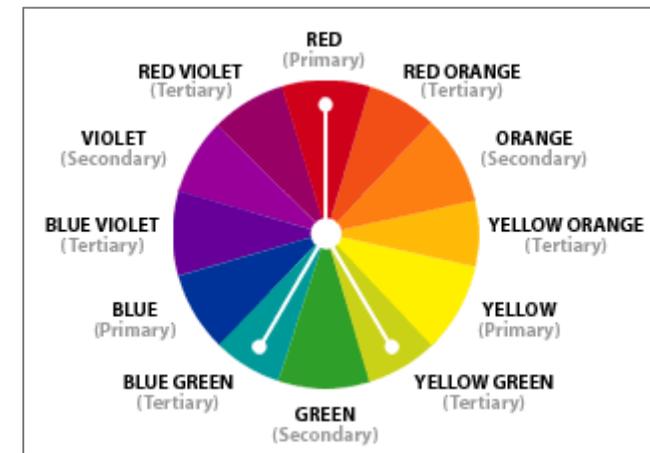
## Complementary

- **What** – Opposite colours on the colour wheel
- **Why** – To highlight item : sensation of vibrancy. One colour is the base colour (background), the other one is used only for highlighting items.
- **Caution** – Stressing vibrancy : only for critical displays



## Split complementary

- **What** – one base colour and one or two adjacent opposite colours
- **Why** – Good contrast without stressing vibrancy

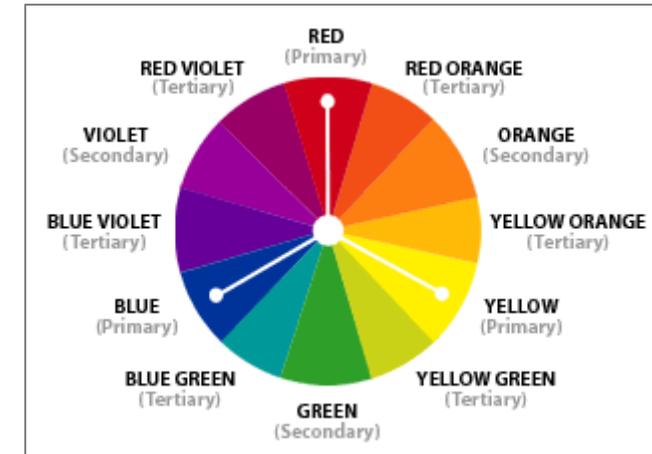


# COLOUR SCHEMES



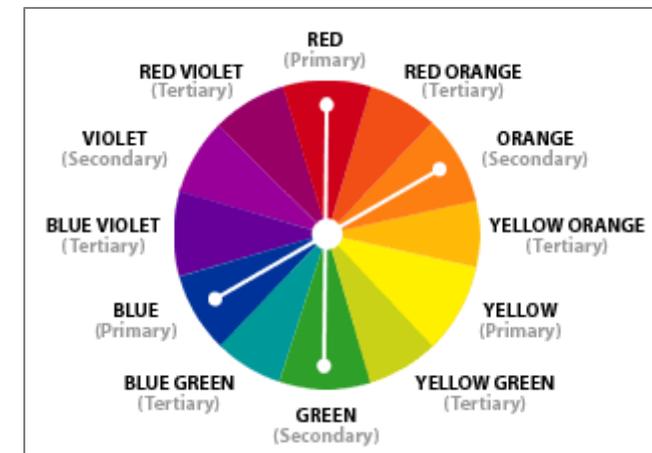
## Triadic

- **What** – Three colours equally spaced around the colour wheel
- **Why** – To combine a good visual contrast with a appealing sense of harmony
- **Caution** – Contrast is lower than with split-complementary scheme



## Tetradic

- **What** – Four colours arranged into two complementary colours pairs.
- **Why** – When you need 4 different colours !
- **Caution** – This scheme is hard to harmonize



# COLOUR SCHEMES

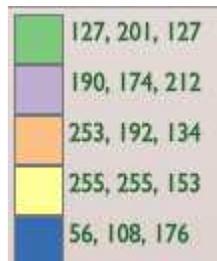


## Palettes de couleurs : ensemble de couleurs coordonnées

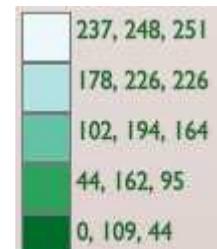
### ① Définir un nombre de couleurs puis un type de palette

Un objectif communicationnel = un type de palette

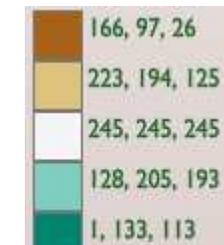
- ✓ **Qualitatif / catégoriel** – Séparer au plus les couleurs pour favoriser la distinction de classes différentes,
- ✓ **Séquentiel** – Montrer une variation continue de valeurs en jouant sur les variations de saturation et/ou de luminosité à partir d'une même teinte,
- ✓ **Divergent** – Montrer une variation continue de valeurs en deçà et en delà d'une valeur centrale : variations de saturation mais aussi entre 2 teintes opposées



*qualitatif*



*séquentiel*



*divergent*

### } Définir les couleurs correspondant à la palette

- ✓ en reprenant les règles d'association du cercle chromatique,
- ✓ en utilisant des palettes prédéfinies : <http://colorbrewer2.org/>

# COLOUR SCHEMES



## Palettes de couleurs

## palette qualitative / catégorielle

The screenshot displays the ColorBrewer 2.0 interface. On the left, there are several control panels: 'number of data classes on your map' set to 5; 'the nature of your data' set to 'qualitative'; 'pick a color scheme: Accent' with a grid of color swatches; '(optional) only show schemes that are:' with checkboxes for 'colorblind safe', 'print friendly', and 'photocopy-able'; 'pick a color system' with 'RGB' selected and color codes for five classes; 'adjust map context' with 'borders' checked; and 'select a background' with 'solid color' selected. The main area shows a map of the United States with a qualitative color palette applied to its counties. The colors used are green, purple, orange, yellow, and blue. At the top right, it says 'COLORBREWER 2.0 color advice for cartography'. At the bottom left, there is a link 'learn more >' and a button 'EXPORT YOUR COLORS >>'. At the bottom right, there is a vertical 'SCORE CARD'.

# COLOUR SCHEMES



## Palettes de couleurs

## palette séquentielle

number of data classes on your map: 5 [learn more >](#)

the nature of your data: sequential [learn more >](#)

pick a color scheme: BuGn

pick a color system: RGB (selected) CMYK HEX

adjust map context:  roads  cities  borders

select a background:  solid color  terrain

color transparency:

EXPORT YOUR COLORS >>

how to use | updates | credits

**COLORBREWER 2.0**  
color advice for cartography

SCORE CARD

# COLOUR SCHEMES



## Palettes de couleurs

## palette divergente

number of data classes on your map  
5 [learn more >](#)

the nature of your data  
diverging [learn more >](#)

pick a color scheme: BrBG

(optional) only show schemes that are:  
 colorblind safe  print friendly  
 photocopy-able [learn more >](#)

pick a color system  
166, 97, 26  
223, 194, 125  
245, 245, 245  
128, 205, 193  
1, 133, 113

adjust map context  
 roads  cities  
 borders

select a background  
 solid color  terrain

color transparency

how to use | updates | credits

### COLORBREWER 2.0

color advice for cartography

EXPORT YOUR COLORS >>

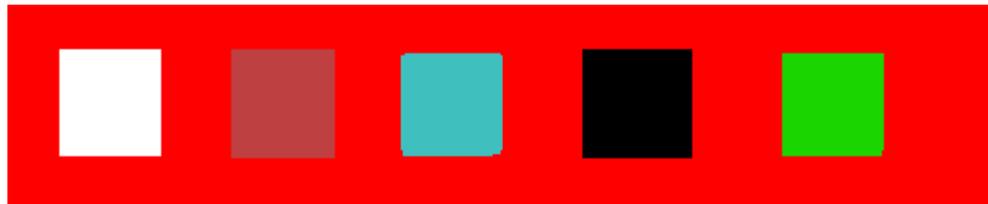
SCORE CARD



## Codage couleur : recommandations perceptives additionnelles

- **Conception** - Utiliser des couleurs de luminances différentes pour permettre leur séparation par les personnes daltoniennes
- **Vérification** – Vérifier que l'interface reste lisible en couleurs achromatiques («écran noir et blanc »)

### Couleurs : vision normale



### Couleurs achromatiques : daltonisme

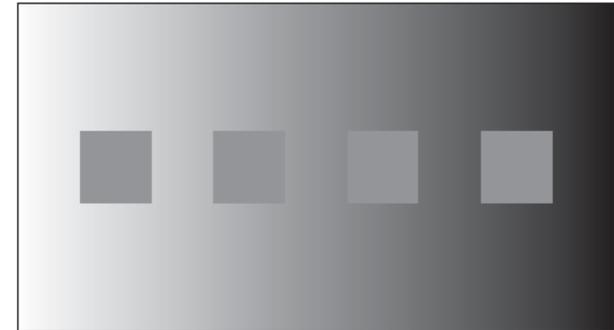


# COULEURS : CONTRAINTES PERCEPTIVES



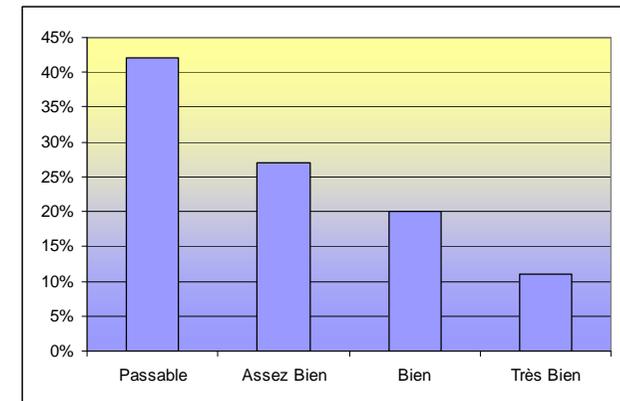
## Codage couleur: influence de l'arrière-plan

**Exemple** : influence de l'arrière-plan sur la perception d'une même couleur



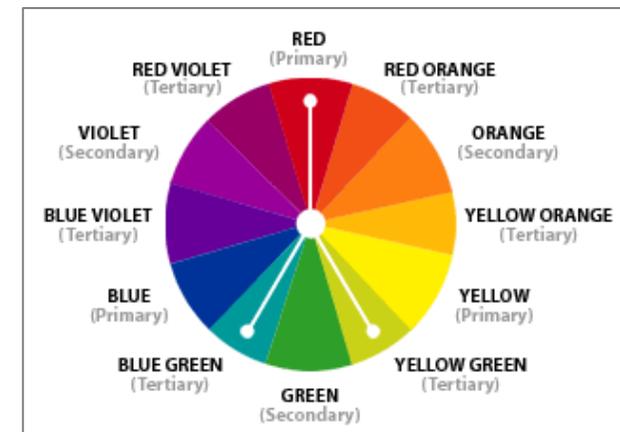
**Règle 1** – Si deux objets doivent apparaître comme ayant la même couleur, l'arrière-plan doit être cohérent

**Exemple** : éviter les schémas avec fond dégradé



**Règle 2** – Les règles d'association de couleurs sur le cercle chromatique concernent également l'association objet/arrière-plan.

**Exemple** : triade chromatique avec fond en rouge et couleurs d'affichage en contraste



# COULEURS : CONTRAINTES PERCEPTIVES



## Codage couleur: influence de l'arrière-plan

Règle 3 – Attention au fond sur lequel s'affiche une donnée textuelle ou numérique.

**Contre-exemple** – Tableau de bord de résultats financiers. Deux codages couleur

- Nuance (rouge/vert) pour distinguer les soldes négatifs et positifs
- Saturation pour coder l'importance du solde en valeur absolue
- Valeurs numériques toujours codées en noir.

	Laptops	Desktop PCs	Harddisks	Flash Memory	Screens	Keyboards	Printers	Scanners	PDA's	Projectors	Cameras
California	-2,218	4,497	884	3,252	8,564	3,418	8,582	-3,891	2,333	1,358	5,450
Colorado	3,410	0	2,338	2,678	1,567	367	1,361	3,249	828	1,272	-141
Connecticut	0	0	4	0	2,998	1,219	873	0	0	810	989
Florida	0	0	583	785	2,305	940	1,737	2,727	0	1,344	497
Illinois	0	0	9,384	3,405	4,382	2,331	4,495	3,484	1,388	0	1,569
Iowa	377	0	412	6,577	210	4,487	872	189	5,622	0	3,486
Louisiana	0	2	1,455	1,501	1,138	0	920	1,349	0	0	991
Massachusetts	0	0	-297	0	12,489	707	0	0	0	492	367
Missouri	0	0	1,224	-169	986	367	1,011	1,125	-210	-45	-685
Nevada	0	875	374	884	-45	11,934	410	210	4,487	-10,978	4,355
New Hampshire	1,009	0	-186	0	897	376	0	0	0	882	-43
New Mexico	0	-208	-161	377	902	0	369	-683	0	0	202
New York	0	0	-17,034	0	8,564	3,254	0	0	3,405	2,328	7,589
Ohio	820	0	2,871	495	827	2,305	355	-134	2,724	0	705
Oklahoma	0	2,722	492	495	1,274	0	2,305	700	-15,034	0	571
Oregon	-139	357	818	708	395	487	2,871	834	2,310	2,727	1,289
Texas	0	1,356	3,415	808	5,452	0	2,336	1,567	0	0	829
Utah	1,130	1,006	1,501	1,009	678	-158	1,222	979	367	-208	904
Washington	0	768	488	2,980	1,881	1,452	1,418	584	918	-5	1,141
Wisconsin	-497	0	1,418	1,450	576	916	787	1,740	2	0	1,337

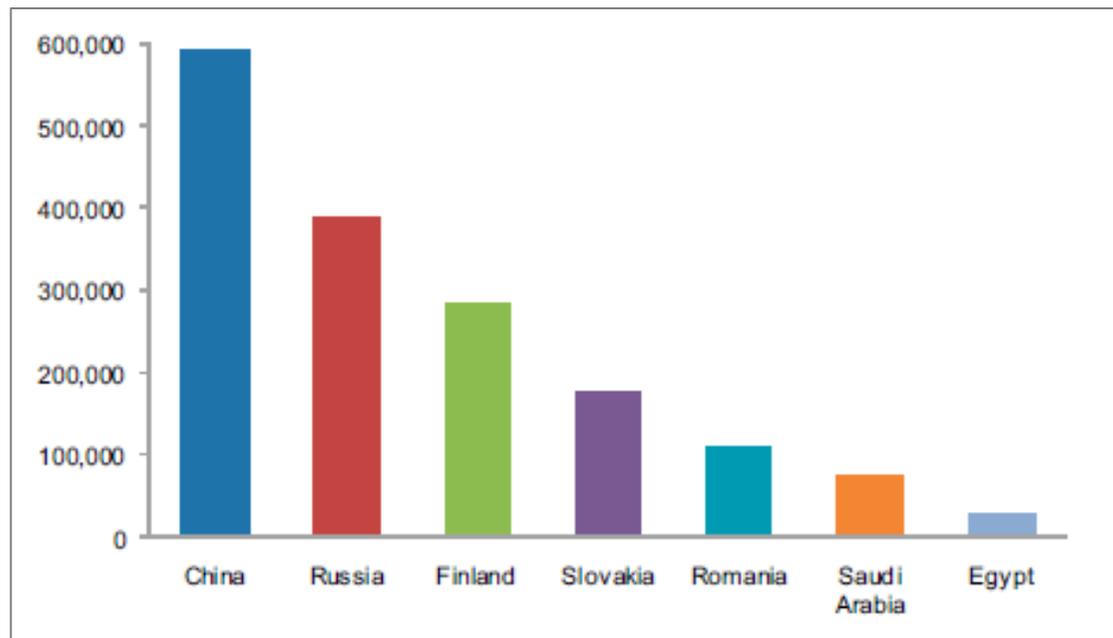
Pourquoi y-a-t-il deux types d'arrière-plan ? Lequel pose problème ?

# COLORS : COGNITIVE CONSTRAINTS

## Colors : utility and semantic considerations

- **Cognitive charge** – use color, and particularly hue, only when it is needed by a particular communication goal.

### Example : useless colors

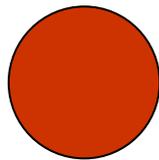


- **Semantics** – use different hues only when they correspond to differences of meaning in the data.

# COULEURS : CONTRAINTES COGNITIVES

## Sémantique des couleurs

- Respecter le sens qu'associent les utilisateurs aux couleurs: analyser ce sens suivant la communauté d'utilisateurs visée.



Arrêt ?

En marche ?

Chaud ?

Danger ?

Perte ?

- Faire attention aux significations culturelles et sociales des couleurs



Afrique ? Asie ? Europe ?

- Étudier toujours la possibilité d'un codage mixte couleur – texte



- Applications à haut degré de sécurité : norme NF X 08-003



## Méthodologie de détermination des couleurs (visualisation d'information)

1. Concevoir en premier l'interface ... sans couleurs  $\Rightarrow$  le codage couleur ne doit être qu'un plus et ne doit JAMAIS se suffire à lui même
2. Classifier les types d'objets/données à afficher :
  - analyse sémantique si objets de natures différentes
  - Analyse du nombre de valeurs différentes à mettre en avant si information purement numérique
3. Choisir d'une palette de couleurs
  - nuance : codage sémantique (qualitatif) de l'information
  - saturation et luminance : visibilité ou codage quantitatif de l'information

**Attention** aux autres couleurs présentes sur l'interface.
4. Prototypage (i.e. validation expérimentale)

## Recommandations générales

- **Cohérence** dans l'utilisation des couleurs sur toute l'interface (*code couleur*)
- **Charge cognitive** – Minimalisme dans l'usage des couleurs (*aesthetic design*)
- **Perception** – pas plus de 4-5 couleurs distinctes dans un display

# COGNITION & ERGONOMIC PRINCIPLES

## Tufte's gold principles

[Tufte 1983]

A graphical display should

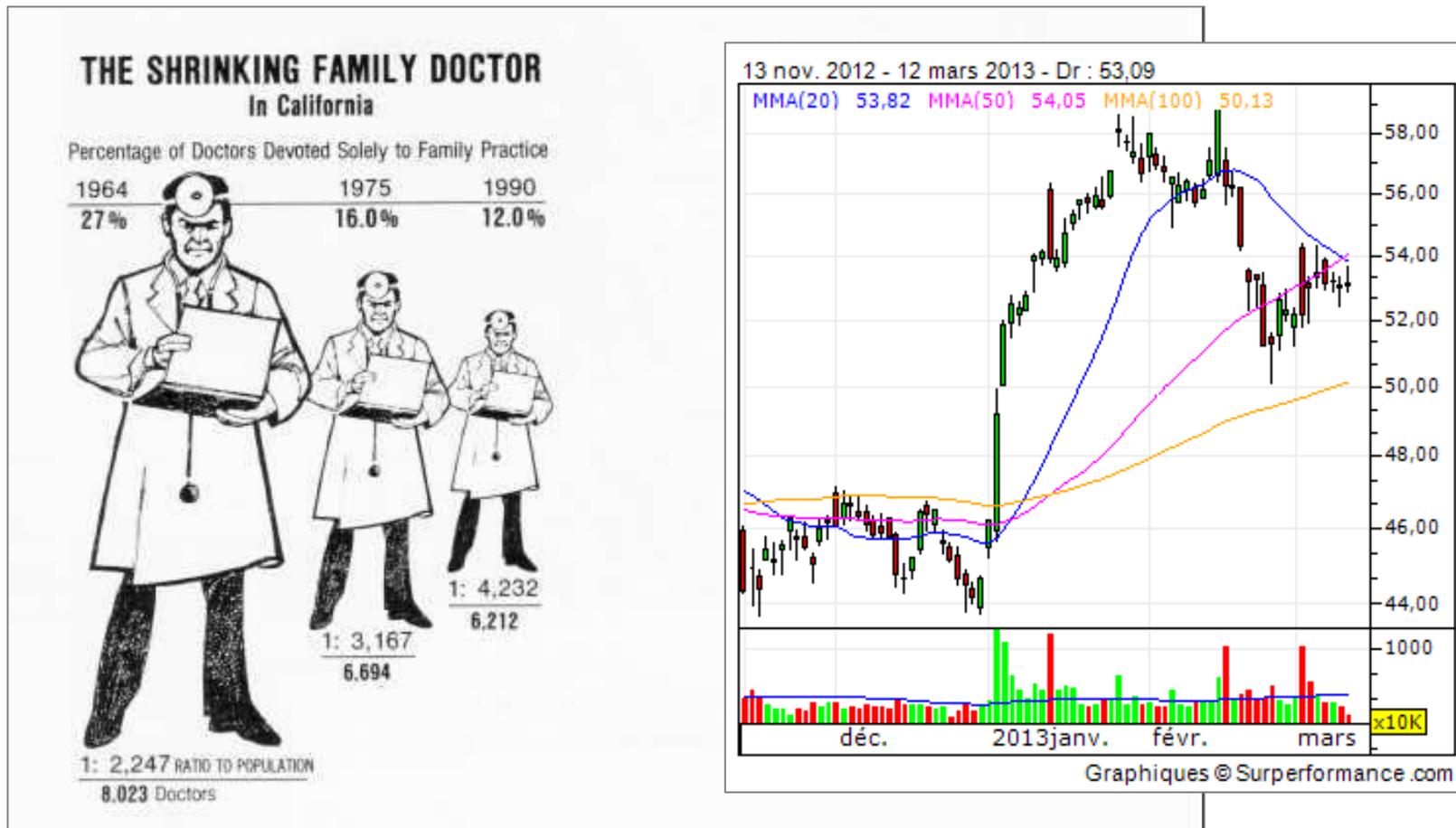
- *Show the data*
- *Induce the viewer to consider the data rather than its design or production*
- *Avoid distorting the information conveyed*
- *Present large numerical sets in a small space*
- *Make larger data sets coherent*
- *Encourage the viewer to compare different parts of the data*
- *Reveal the data at several layers of details*
- *Serve a clear purpose : description, exploration...*
- *Be closely integrated with statistical and verbal descriptions*



## Tufte's gold principles

[Tufte 1983]

- *Avoid distorting the information conveyed* : telling/showing the truth





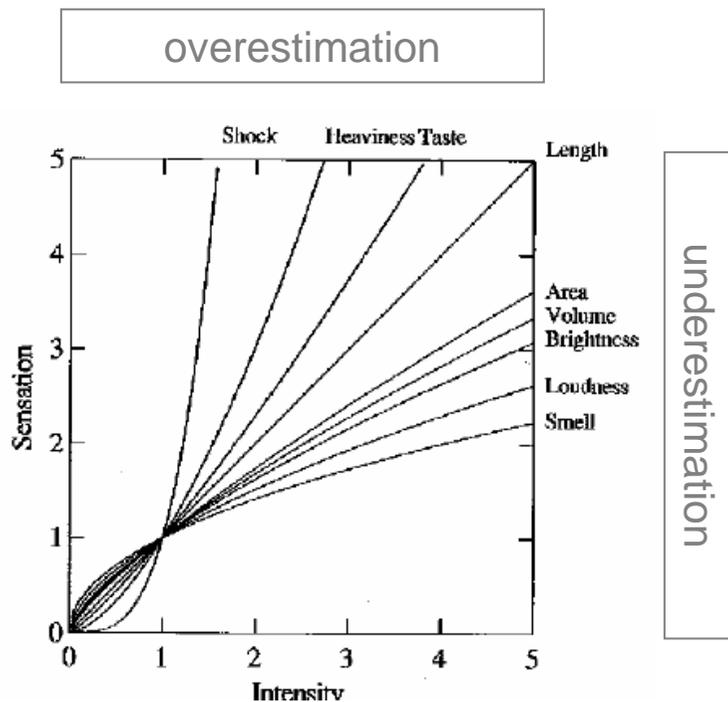
## Estimating magnitude and apparent scaling

[Stevens ; Dent 1996]

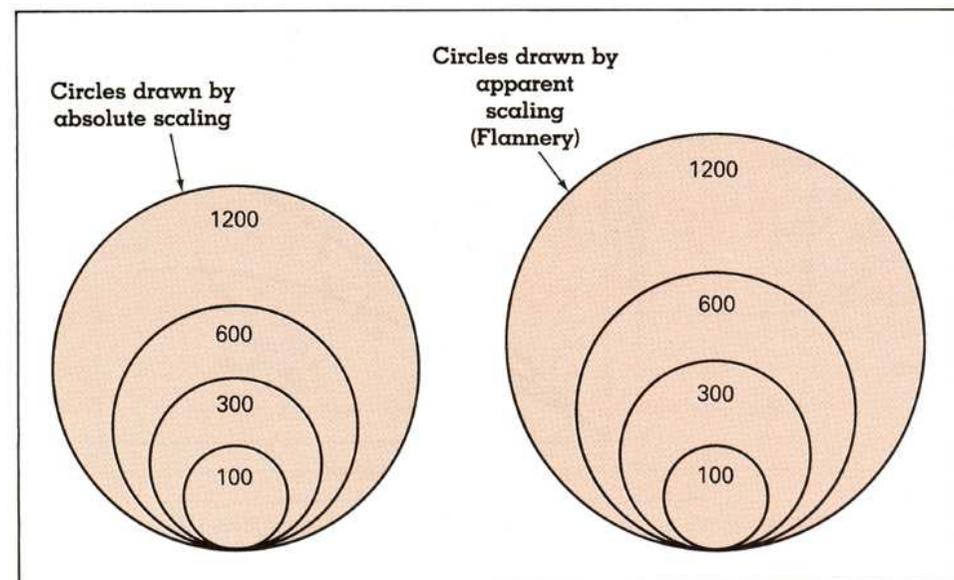
- **Tufte's principle** : avoid distorting the information conveyed
- **Steven Powers's law** – No linear correlation between the intensity of a perceptual information and its cognitive sensation  $\Rightarrow$  overestimation or underestimation

$$I_{\text{perceived}} = k \cdot (I_{\text{real}})^P \text{ with power } P = 1 \text{ for visual length} \\ 0.7 \text{ for visual area}$$

- **Guideline** – using apparent scaling to counterbalance this cognitive distorsion.



### Example : volume apparent scaling



# BIBLIOGRAPHIE

## Ressources en ligne : concepts

Semiologie graphique [www.sciences-po.fr/cartographie/semio/](http://www.sciences-po.fr/cartographie/semio/)

Treemap [www.sc.umd.edu/hcil/treemap/](http://www.sc.umd.edu/hcil/treemap/)

## Ressources en ligne : outils

- **30 freeware pour la visualisation d'information (post en anglais et reprise en français)**
  - [www.computerworld.com/s/article/9214755/Chart\\_and\\_image\\_gallery\\_30\\_free\\_tools\\_for\\_data\\_visualization\\_and\\_analysis](http://www.computerworld.com/s/article/9214755/Chart_and_image_gallery_30_free_tools_for_data_visualization_and_analysis)
  - [www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-22-outils-gratuits-pour-visualiser-et-analyser-les-donnees-1ere-partie-47241.html](http://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-22-outils-gratuits-pour-visualiser-et-analyser-les-donnees-1ere-partie-47241.html)
- **Toolkits opérationnels pour découvrir la visualisation interactive**
  - InfoVis <http://philogb.github.com/jit/> (freeware)
  - VTK (Kitware Visualization Toolkit) <http://www.vtk.org/> (visualisation 3D)
  - Prefuse Information Visualization Toolkit <http://prefuse.org/> (freeware: graphs, trees)
- **Color. Brwever** [<http://colorbrewer2.org/>] outil très simple d'usage pour créer des palettes de couleurs efficaces

# BIBLIOGRAPHIE

## Ressources sur le Web

Healey C. (1997) *Perception in vizualisation*. [ [www.csc.ncsu.edu/faculty/healey/PP/index.html](http://www.csc.ncsu.edu/faculty/healey/PP/index.html) ]

## Ouvrages de référence

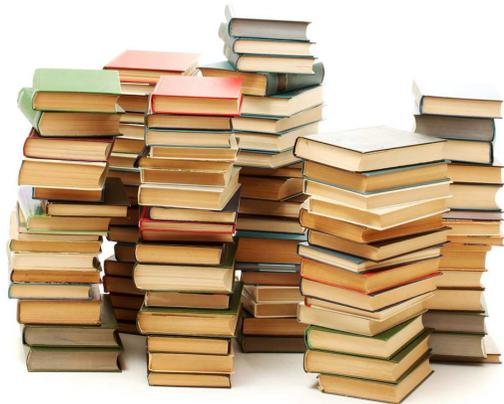
Bertin J. (1967) *Sémiologie graphique*. Mouton Gauthier Villars, Paris.

Kofka ? (1935) *Principles of Gestalt Psychology*. Londres : Routledge & Kegan Paul.

Paul G. (1979) *La psychologie de la forme*. Flammarion, Paris.

Tufte E. R. (1983) *The Visual Display of Quantitative Information*. Graphics Press.

Ware C. (2012) *Information visualisation : perception for design*. Elsevier.



# BIBLIOGRAPHIE

## Travaux cités

Camacho M.J., Steiner B.A., Berson B.L. (1990) Icons versus alphanumerics in pilot-vehicles interfaces. Actes Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting.

Dent B. D. (1996) *Cartography: Thematic Map Design*. **EDITEUR ?**

**Dobson W.S. (1983) Visual information processing and cartographic communication: The role of redundant stimulus dimensions.**

Few S. (2008) Practical rules for using colors in charts. *Visual Business Intelligence Newsletter*.

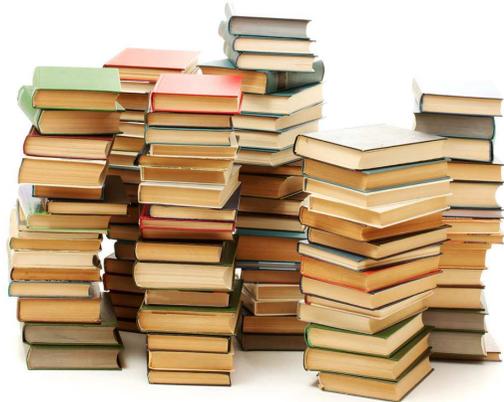
Garner (1974) *The processing of information and Structure*, L. Erlbaum.

Lamy J.-B., Duclos C., Rialle V., Venot V. (2008) Vers une méthodologie rigoureuse de conception des langages graphiques s'appuyant sur les sciences cognitives. *RSTI-RIA*. **22/2008** :265-280.

Miller G. (1956) The magical number seven plus or minus two : some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, **63**, 81-97.

Meunier J.-G. (1988) La structure générique des systèmes sémiotiques. *RSSI*. Sorbonne, Paris.

Stevens S. S. **(1957)** Psychophysics of Sensory Function. **EDITEUR ?**



# BIBLIOGRAPHIE

## Travaux cités (2)

Palmer S.E., Rock I (1994) Rethinking perceptual organization: the role of uniform connectedness. *Psychonomic Bulletin & Review* 1(1), 29-55.

Pylyshyn Z. (1994) Some primitive of spatial attention. *Cognition*. 50:363-384.

Treisman A, Gormican S. (1988) Feature analysis in early vision. evidence from search asymmetries, *Psychological Review*, 95(1), 15-48.

Tufte E. (1990) *Envisioning information*. Graphics Press, Cheshire, CT.

## Travaux cités en ligne

Heer J., Bostock M., Ogievetsky V. (2010) A tour through the vizualisation zoo. [<http://hci.stanford.edu/jheer/files/zoo/> ]

