



# Les images cartographiques

Leur lecture, leur fonctionnement :  
prenons un peu de recul

École thématique TRANSCARTO, Aussois

# Programme

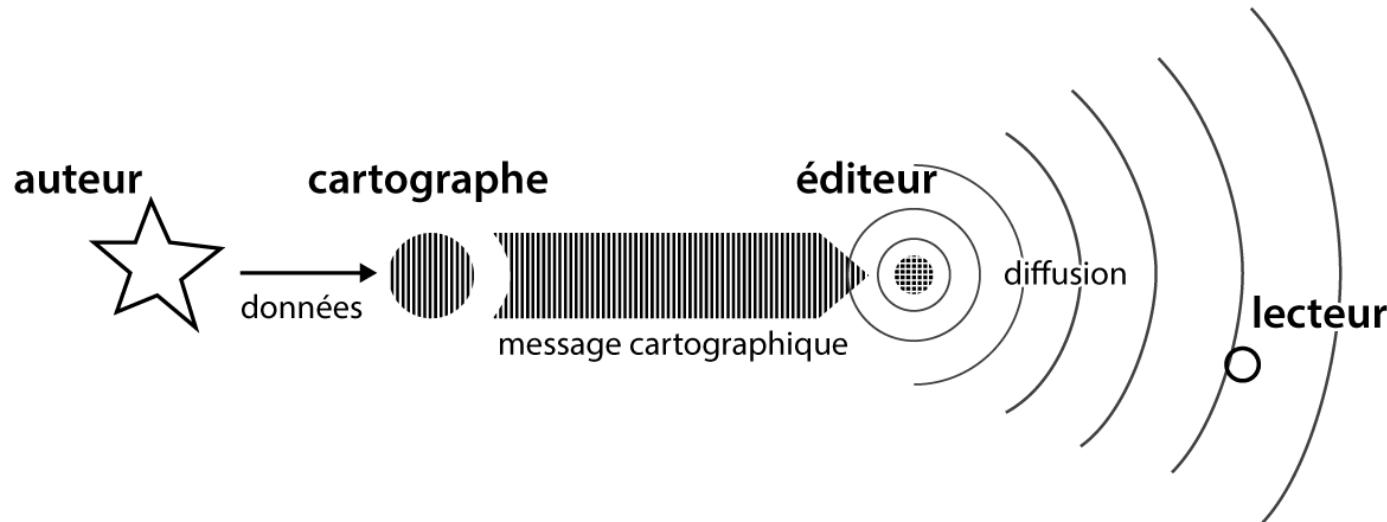
1. Le contexte, le **fonctionnement** de la carte comme image
2. La **lisibilité** de l'image : principes
3. Comment **l'évaluer** et **l'améliorer** ?
4. De **nouveaux supports** pour mieux accompagner les lecteurs

# 1. Le contexte

Pour prendre du recul, il faut s'interroger sur *l'acte de cartographier*, ses auteurs et leurs objectifs.

Pendant longtemps, la production de cartes a été comprise, sous-entendue, selon un contexte de communication (théorie de l'information, C. Shannon).

# Le paradigme de la communication



"Processus de l'information cartographique", A.A. Moles, 1964.

L'**auteur** concevait le document, en demandait la production par un.e **cartographe**, en lui fournissant des données.

Le document était ensuite **édité sur papier**, puis **diffusé**.

La carte diffusée était potentiellement **reçue** par un **lecteur** ou une **lectrice** (relativement passif.ve).

## Ce paradigme impliquait que :

- La carte était faite une fois pour toutes
  - C'est un document figé, dont on ne maîtrise pas l'utilisation qui en est faite.
- Elle devait être rapidement lisible, donc utiliser des formes simples et reconnaissables
  - L'enjeu est donc du côté du langage graphique, à maîtriser par le cartographe et à apprendre du côté des lecteurs.
- Elle était fournie comme image isolée, avec parfois un bloc de texte descriptif
  - Elle devait se comprendre toute seule, sans accompagnement discursif.

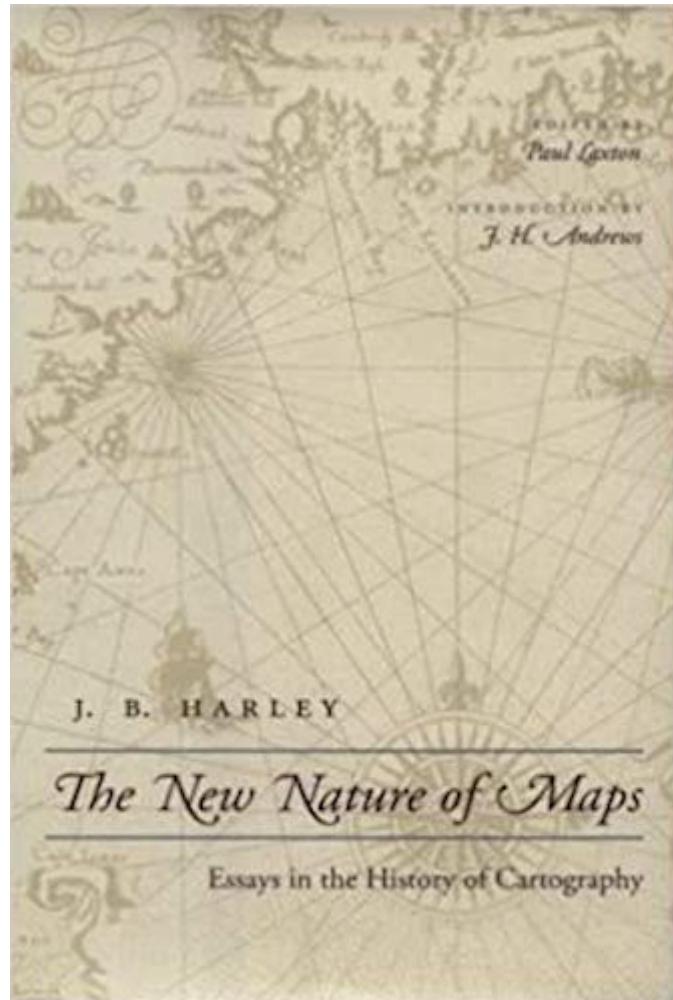
# Un paradigme remis en cause

Cette façon de concevoir la production de carte est souvent sous-entendue, elle constitue un *paradigme*, qui est logiquement remis en cause par les évolutions des *pratiques* et des *techniques*.

Elle présente la cartographie selon un angle *positiviste*, voire scientiste, ce qui évacue toute une série d'autres *fonctionnements* de la carte...

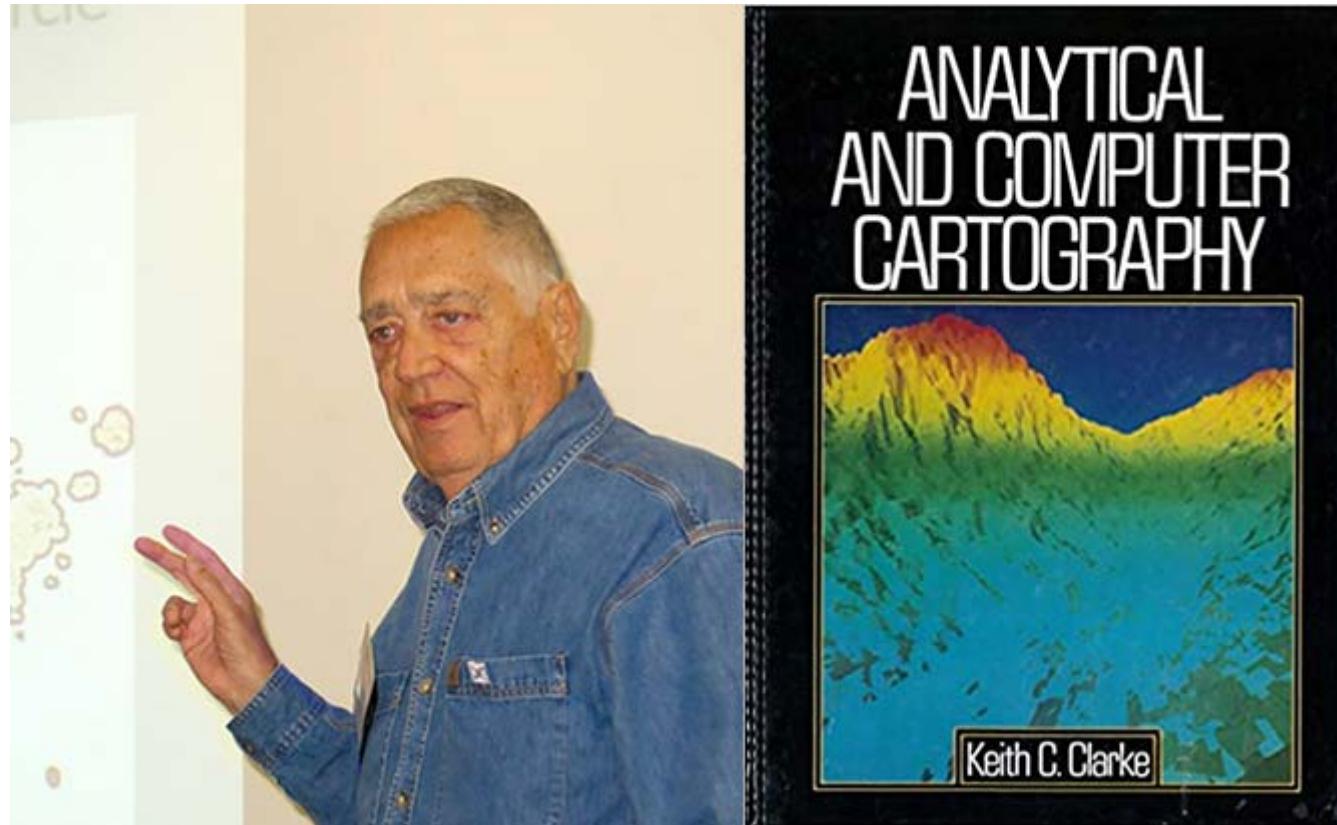
Un ouvrage essentiel : "Cartography, the Ideal and its History" de M.H. Edney

- la carte **performative**, qui vise à faire réagir, de propagande, rhétorique (vision *post-moderniste*, B. Harley)



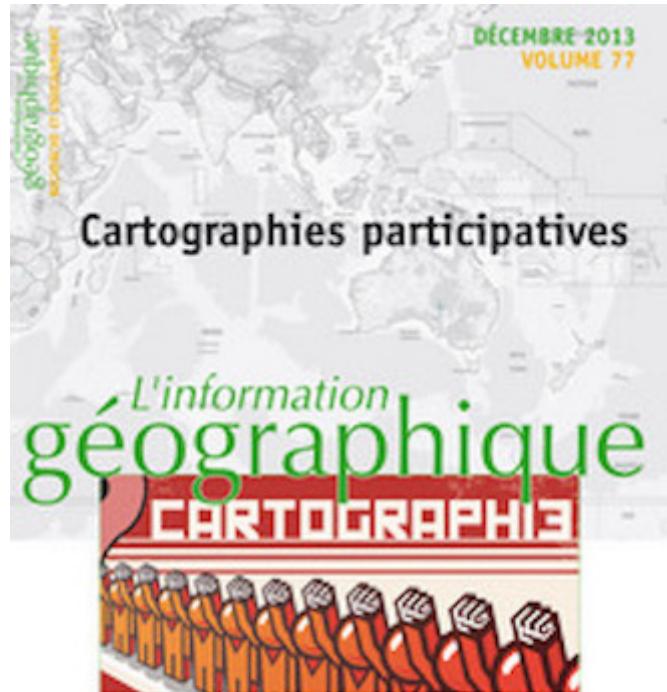
Brian J. Harley, The New Nature of Maps, 2001

- la carte comme **outil d'analyse**, moyen de découvrir des phénomènes et des relations, dans un *processus d'exploration*, de → **transformation** (paradigme *analytique*, W. Tobler, K. Clarke, vers la géomatique et les SIG)



W. Tobler et K. Clarke, Analytical and Computer Cartography, 1990.

- la carte comme **outil d'organisation d'une communauté** sur son territoire (paradigme *participatif*, M. Noucher, Th. Joliveau)

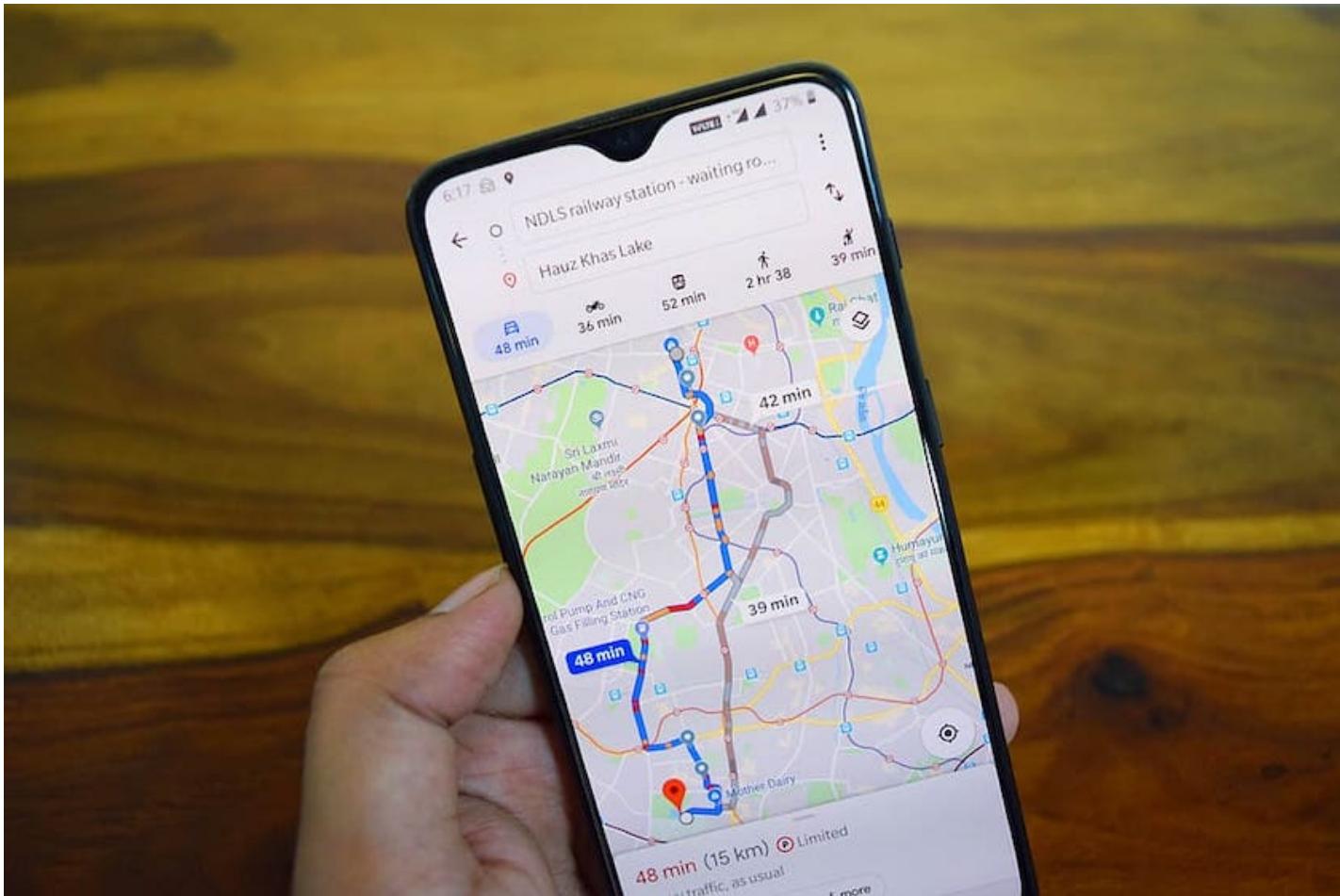


- Cartographie participative, cartographie indisciplinée
- La cartographie de radiation après Fukushima.  
Un cas individualisme réflexif sur le Web
- Cartographie participative pour le développement local et la gestion de l'environnement à Madagascar : empowerment, impérialisme numérique ou illusion participative ?
- L'évaluation de la cartographie auprès des sociétés traditionnelles en Afrique subsaharienne
- Cartographie, quadrillage et ordre sédentaire
- Cartographie : vision ou reflet ? Une réflexion autour des « références indigènes »

ARMAND COUIN

N° spécial de l'Information Géographique n°774, 2013

- la carte comme **outil de visualisation de son propre territoire et de navigation**, adaptée et centrée sur sa position actuelle (paradigme de *l'égo-cartographie*).

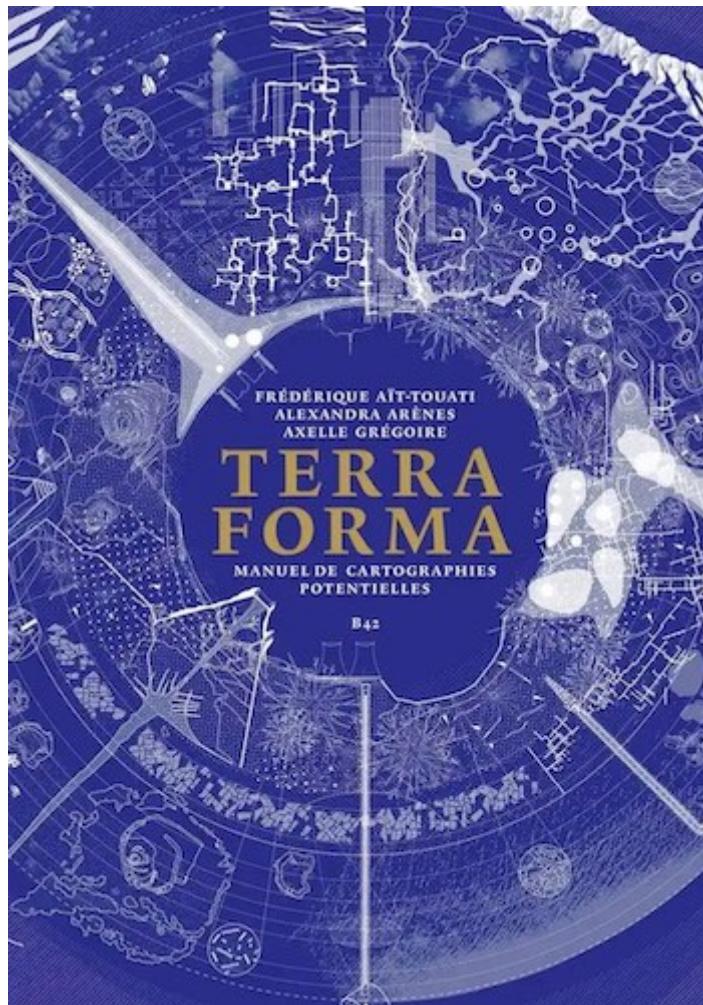


- la carte *décorative* a valeur esthétique, historique, émotive, (d'où son utilisation dans des publicités...).



L. Boucher, affiche publicitaire Air France, 1937

- la carte *imaginaire* ou *poétique*, aussi à valeur esthétique, rhétorique, qui vise à faire réfléchir. Souvent, on ne la comprend pas immédiatement.



# Prendre du recul



Ces réflexions permettent de se poser des questions de **contexte**, pour mieux comprendre les questions de lisibilité :

- Quel *rôle* j'endosse quand je produit une carte ?
- À quoi doit *servir* ma carte, comment doit-on y réagir ?
- À quel *public* est-elle destinée ? Que doit-il savoir pour la comprendre ?
- Au final, comment *fonctionne* ma carte ?

- Selon ces différents positionnements, la carte va devoir s'adapter pour être **efficace**, au sens de J. Bertin (communication), ou, plus généralement du *design*, c'est à dire *accomplir sa fonction* (faire réagir, émouvoir...).
- Il faut donc s'interroger sur sa **lisibilité**, sa réception dans le cadre du fonctionnement prévu.

# Différents types de cartes et de contextes de fonctionnement



L'image fixe qui doit **communiquer** efficacement des informations spatialisées à un public large.



L'image fixe qui doit **faire réfléchir** un certain public à propos d'informations spatialisées.



L'image facilement modifiable qui doit **me** permettre visualiser et de comprendre des aspects spatiaux de mon information, dans le cadre d'un **processus analytique**.



L'image **animée** ou discursive, qui doit communiquer un **processus** spatial évolutif, progressif en racontant une histoire.



L'image **interactive**, qui doit permettre d'**explorer** des composantes spatiales d'une information.

# Différents besoins de lisibilité des images cartographiques, selon leur fonctionnement

- Quelle adaptation de l'image à la *perception visuelle humaine* ?
  - | → Fonctionnement de la perception visuelle des images (graphique et cognitive)
- Quelle adaptation de l'image à une bonne expression de son contenu pour sa fonction ?
  - | → Conception et *design graphique*
- Quelle complexité cognitive, quelle *expérience du public* face à ce type d'image ?
  - | → État de l'art et études de *réception*, enquêtes.
- Quel *accompagnement* du public pour sa compréhension ?

# L'évaluation de la complexité d'une image : typologie

Plusieurs chercheurs ont essayé de mesurer la complexité visuelle, comme indice de la complexité de lecture. Cependant, cette complexité est multiple :

Création						
Domaines scientifiques et techniques mis en oeuvre	Géographie					
	Conception cartographique (type de représentation, traitements)					
	Sémiologie Rhétorique visuelle					
Design graphique						
Psychologie cognitive						
Opérations	Perception visuelle cognitive de premier niveau	Perception / Compréhension des signes	Interprétation Compréhension de l'organisation spatiale			
Types de Complexité	Graphique Structurelle Visuelle		Intellectuelle Fonctionnelle Conceptuelle			
Lecture						

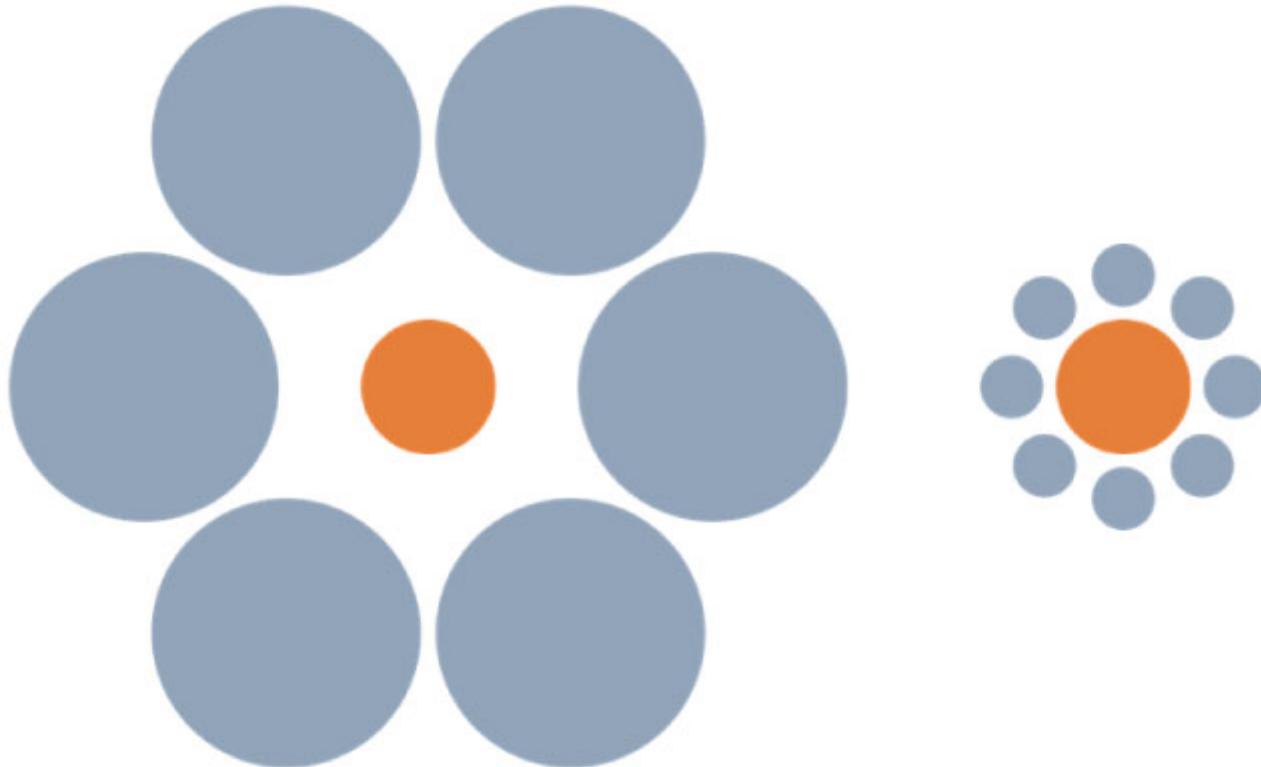
## 2. Notions de perception visuelle des images graphiques

- Principes de base de la perception visuelle
- Conséquences pour la composition d'images cartographiques

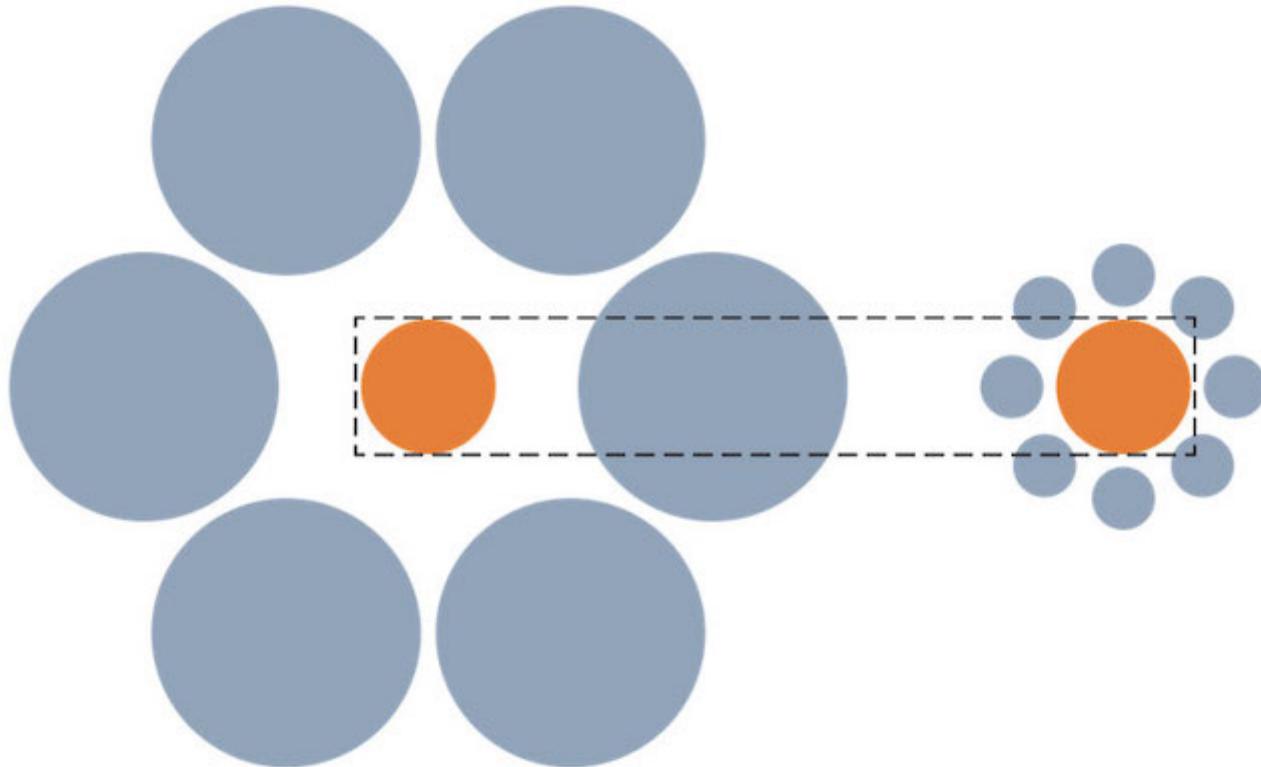
## 2.1 La perception visuelle n'est pas automatique, immédiate et parfaite

(Contrairement à ce que notre cerveau tend à nous faire croire !)

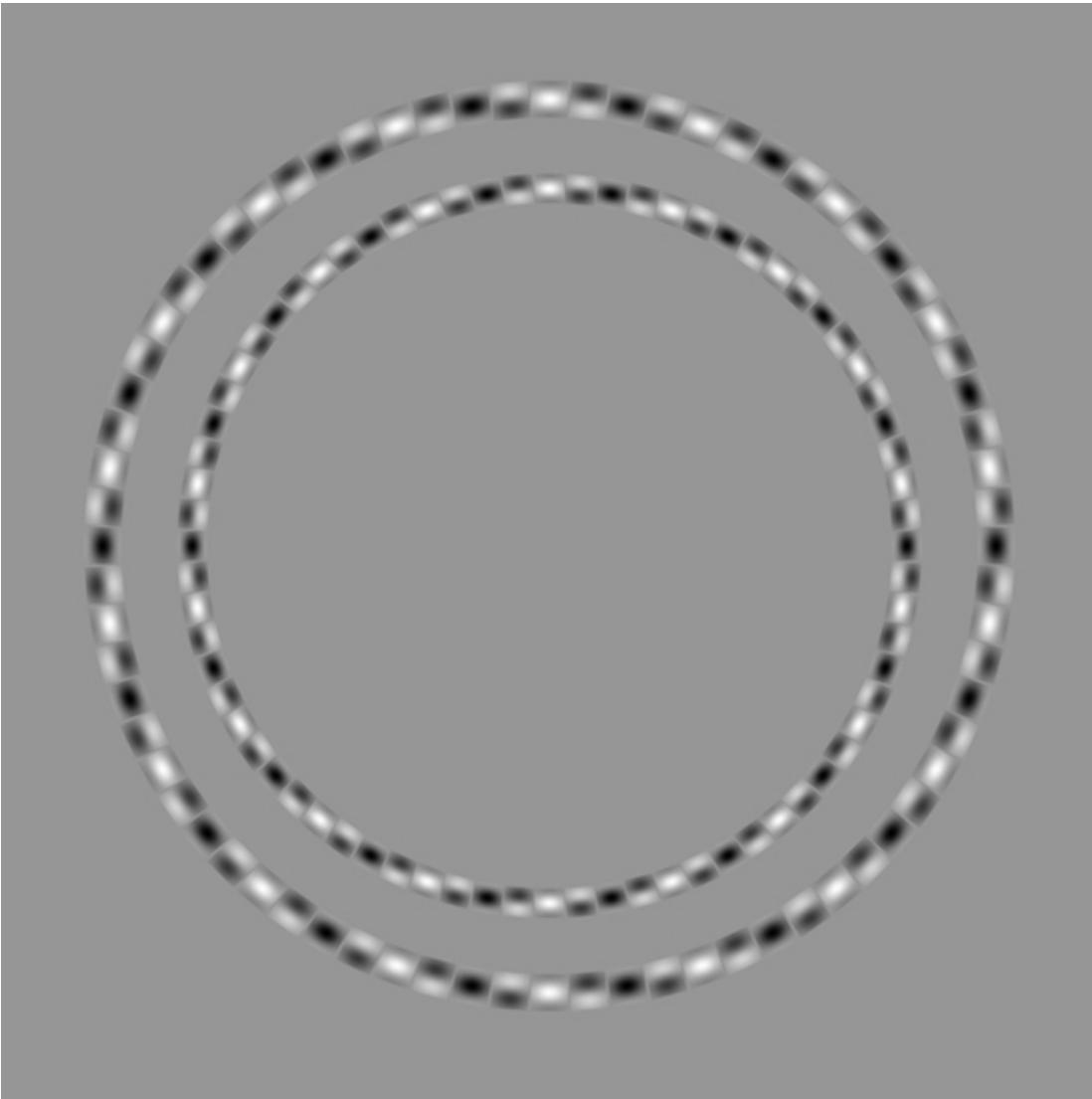
→ Quelques illusions d'optique. Pour aller plus loin : les travaux d'Akiyoshi Kitaoka



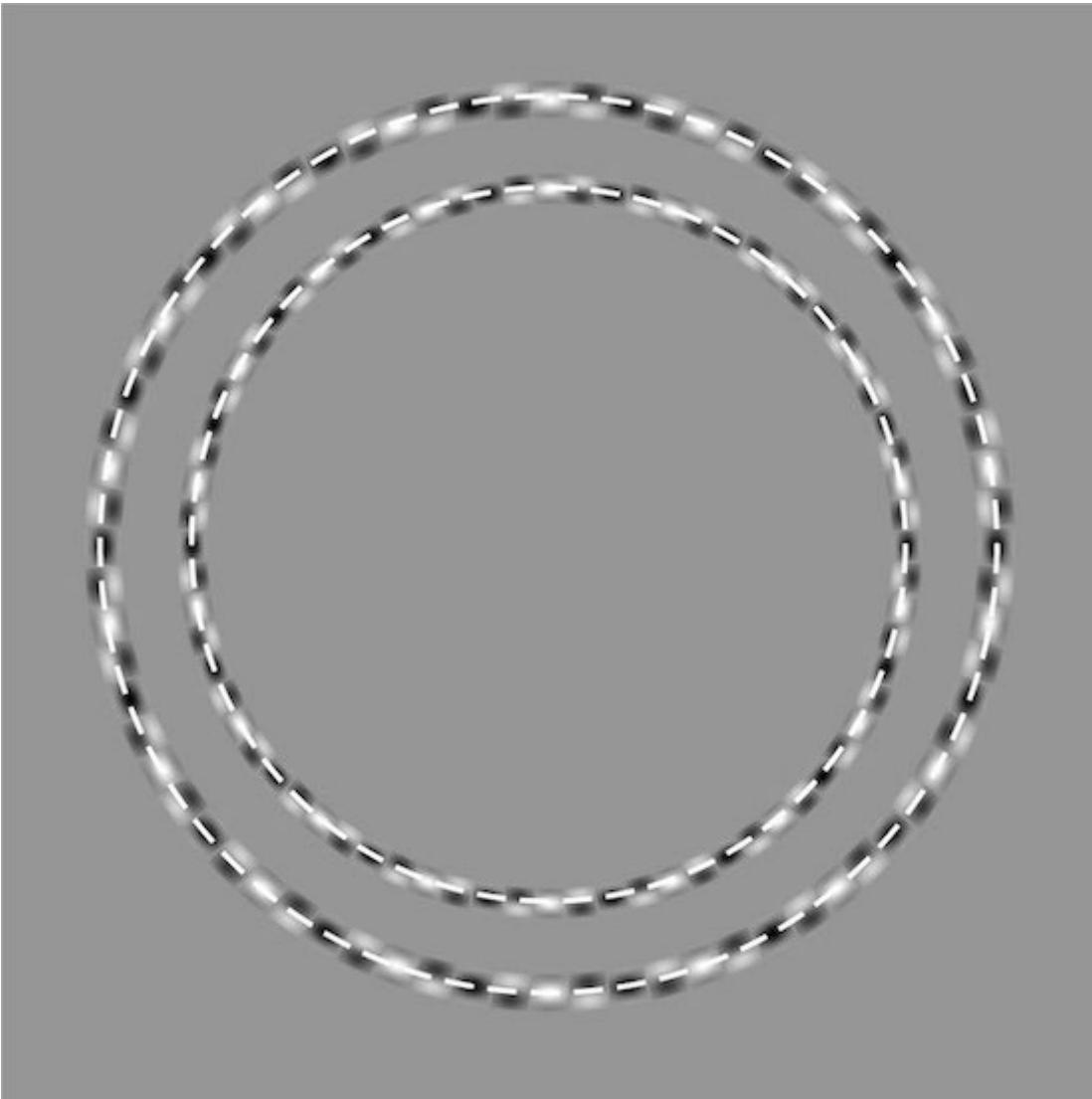
■ Illusion de Mond-Vergleich



| Illusion de Mond-Vergleich



| Spirale ou cercles ?

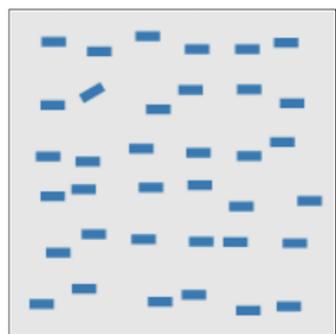


| Spirale ou cercles ? : la solution

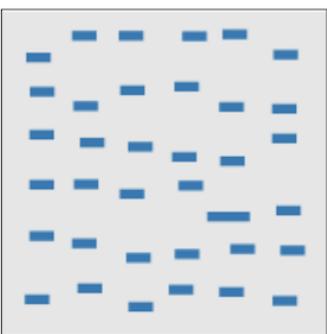
# Perception visuelle : plusieurs niveaux d'attention

## a. La perception pré-attentive

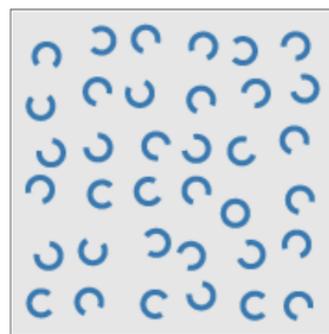
| Ch. G. Healey, "Perception in Visualization".



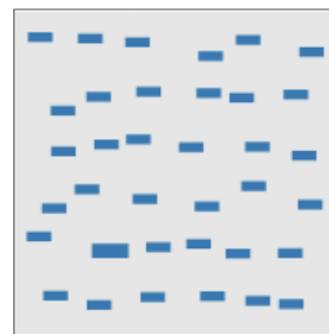
line (blob) orientation



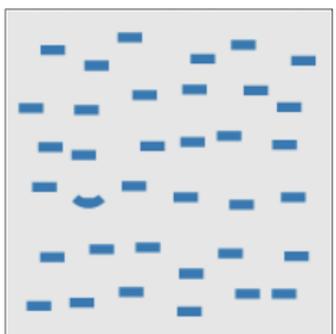
length, width



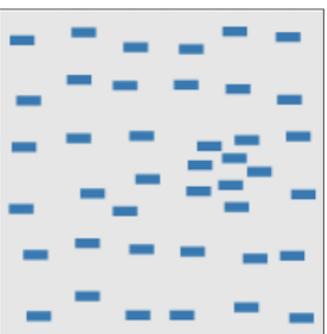
closure



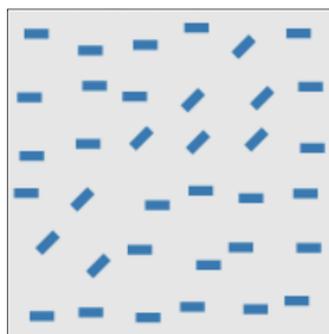
size



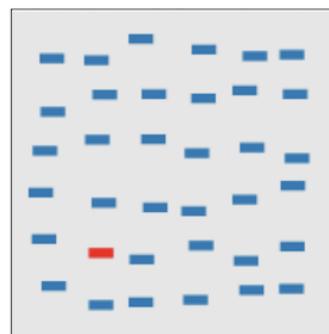
curvature



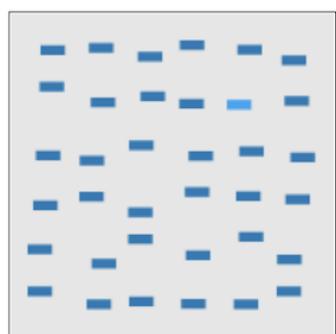
density, contrast



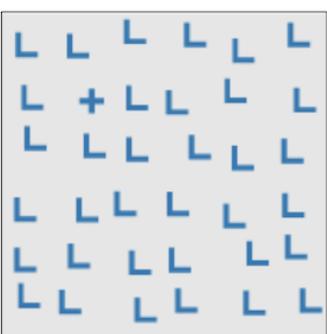
number, estimation



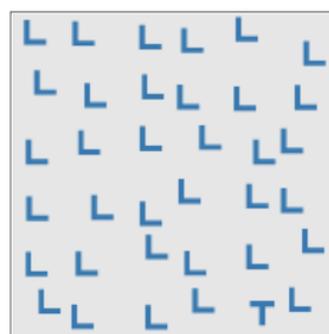
colour (hue)



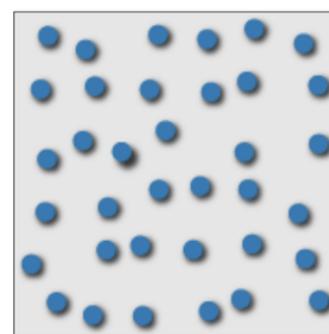
intensity, binocular lustre



intersection

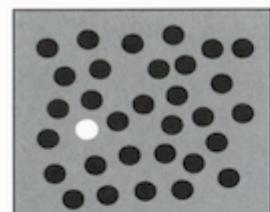


terminators

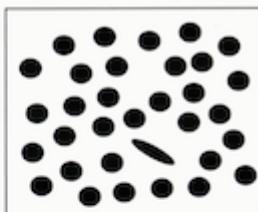


3D depth cues

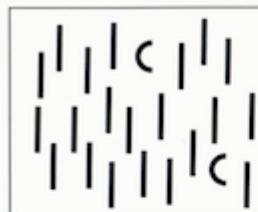
→ Des compléments apportés par C. Ware



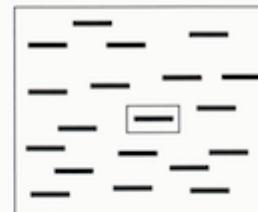
Valeur de gris



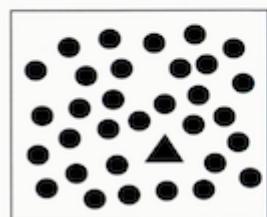
Étirement



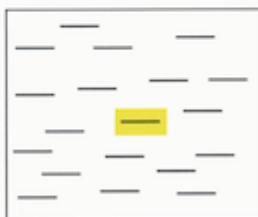
Courbure



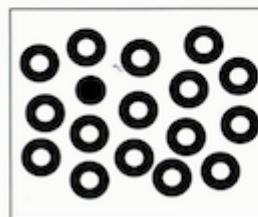
Présence d'un encadré



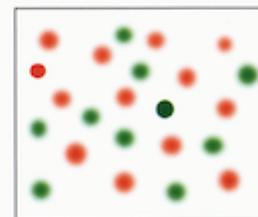
Forme



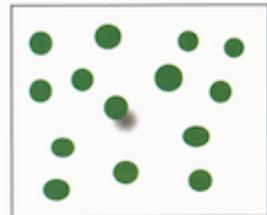
Surlignage



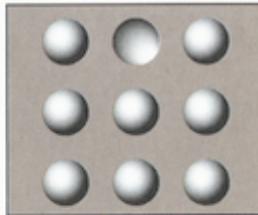
Réplissage



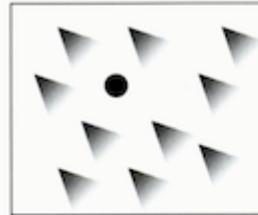
Netteté



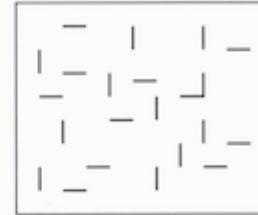
Projette une ombre



Convexité / concavité



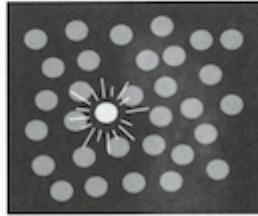
Coins anguleux



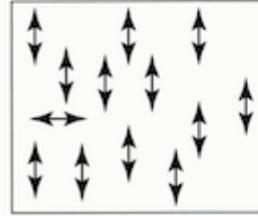
Lignes jointives



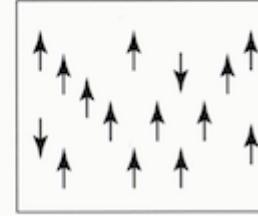
Désalignement



Clignotement



Sens du mouvement

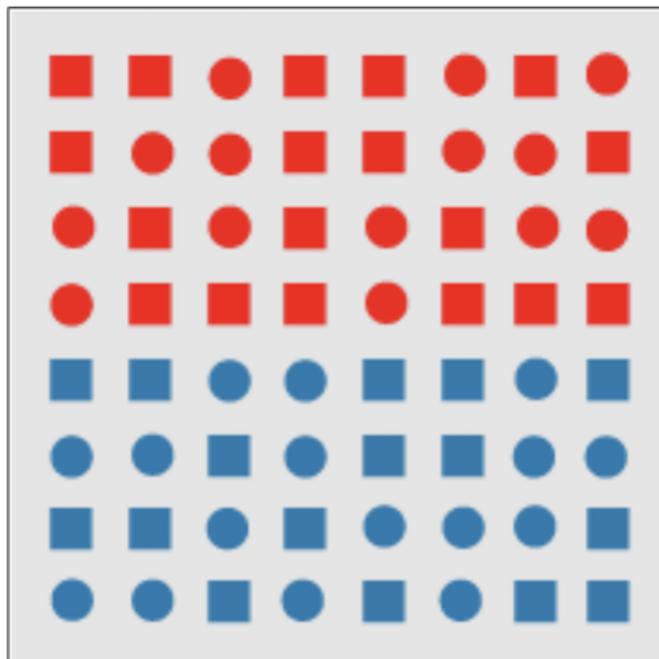


Phase du mouvement

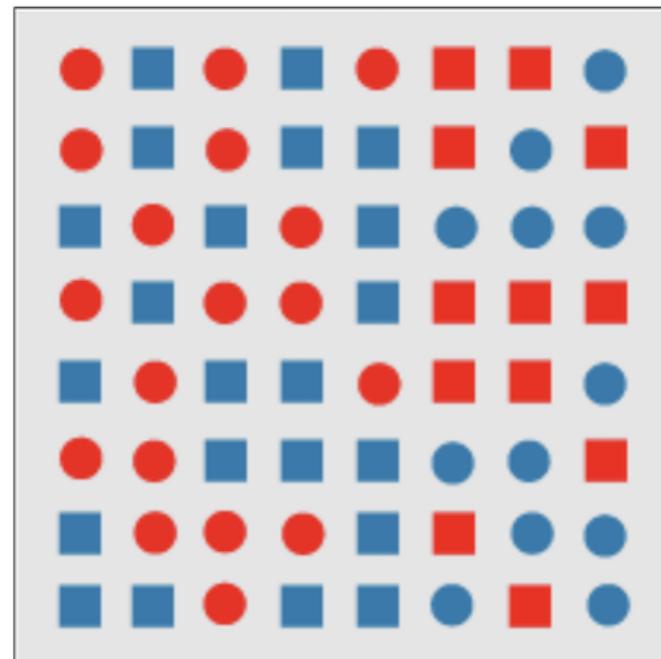
# Certaines variations visuelles sont plus efficaces que d'autres

Car repérées par des neurones spécialisés, plus rapides, mais il faut aussi tenir compte de la perturbation.

La variation de couleur seule (a) est plus lisible qu'un mélange couleur + forme (b).

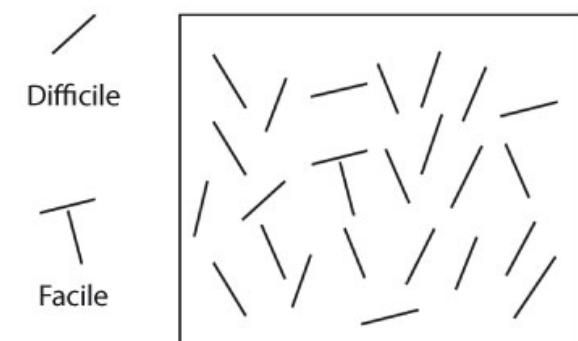
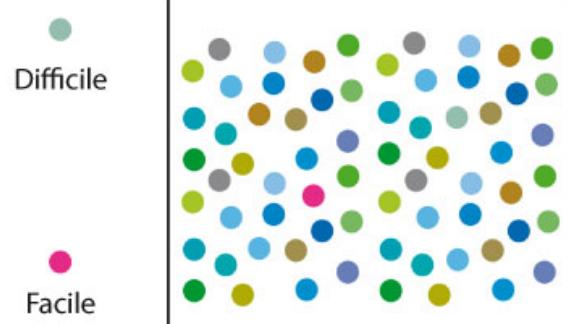
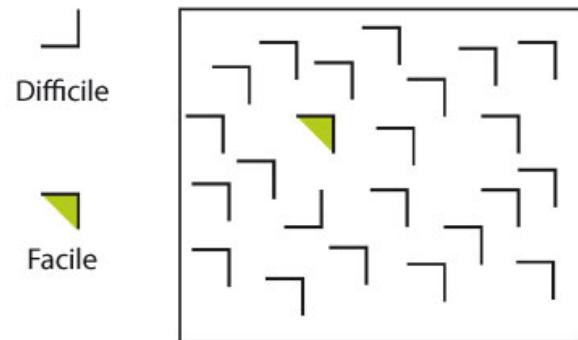
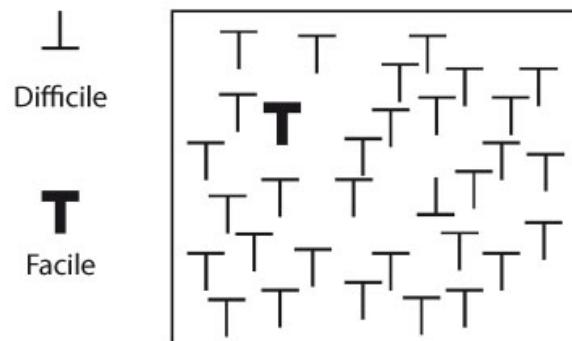


(a)



(b)

Mais la perception est aussi rapidement *perturbée* par la complexité



→ On retrouve des éléments de la **sémiologie graphique**, des variables rétiniennes

Cependant, une image cartographique, une planche d'infographie, est un ensemble plus complexe qu'une variation unique de formes simples : c'est une image *mise en page*.

- Concrètement, la lecture d'une image infographique nécessite *plusieurs lectures successives*, avec des **régagements**, des **filtrages** différents de la perception, pour repérer des relations variées entre éléments, selon le type de graphique.
- Ces lectures successives peuvent être guidées, encouragées, par une organisation de la page, la **composition graphique**, et par les principes du **storytelling**.

## **b. La perception post-attentive, la prise en compte de formes multiples, organisées : *la composition graphique***

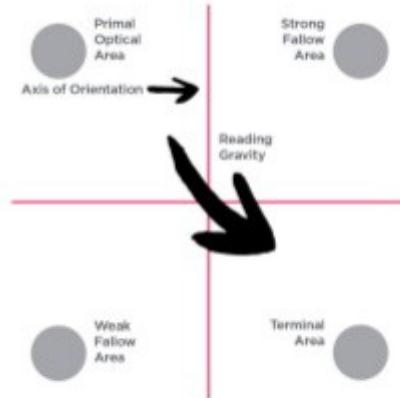
De nombreuses ressources existent pour guider la composition graphique, souvent sous des appellations comme "*principes*", "*règles*", voir "*lois*".

Elles restent subjectives, liées à l'expérience et sont rapidement perturbées par la complexité visuelle.

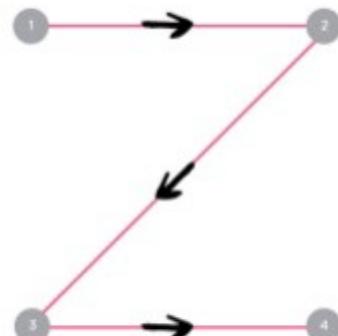
- Le sens de lecture

Why your design layout matters!

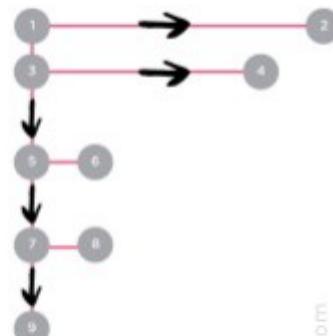
Gutenberg Diagram



Z Pattern



F Pattern



Good design means never having to say “Click here”.

Credit: vandevoedesign.com



Mac

iPad

iPhone

Watch

TV

Music

Support



MacBook Air



MacBook Pro 13"

MacBook Pro 16"  
New

iMac



iMac Pro

Mac Pro  
New

Mac mini



Compare

Pro Display XDR  
New

# Calling all pros.

Our most powerful pro lineup ever — MacBook Pro, Mac Pro, and Pro Display XDR. Ready for your best work ever.



16-inch model

## MacBook Pro

The best for the  
brightest.

[Buy](#)[Learn more >](#)

## Jeff Bezos commits \$10 billion to fight climate change

BY JAY PETERS

# HE'S LAUNCHING THE BEZOS EARTH FUND



Adobe's product chief explains how pro apps are changing in response to TikTok

By [Andrew Marino](#) | 36 minutes ago



Jaguar Land Rover unveils 'autonomy ready' electric shuttle concept

By [Andrew J. Hawkins](#) | An hour ago | 3 comments



Google Stadia is coming to Samsung, Asus, and Razer phones on February 20th

By [Jay Peters](#) | An hour ago | 6 comments



## FEATURED VIDEOS



- **La hiérarchie visuelle**

→ Le sens de lecture est aussi guidé par le *poids visuel* des éléments graphiques, et leur organisation dans la page.

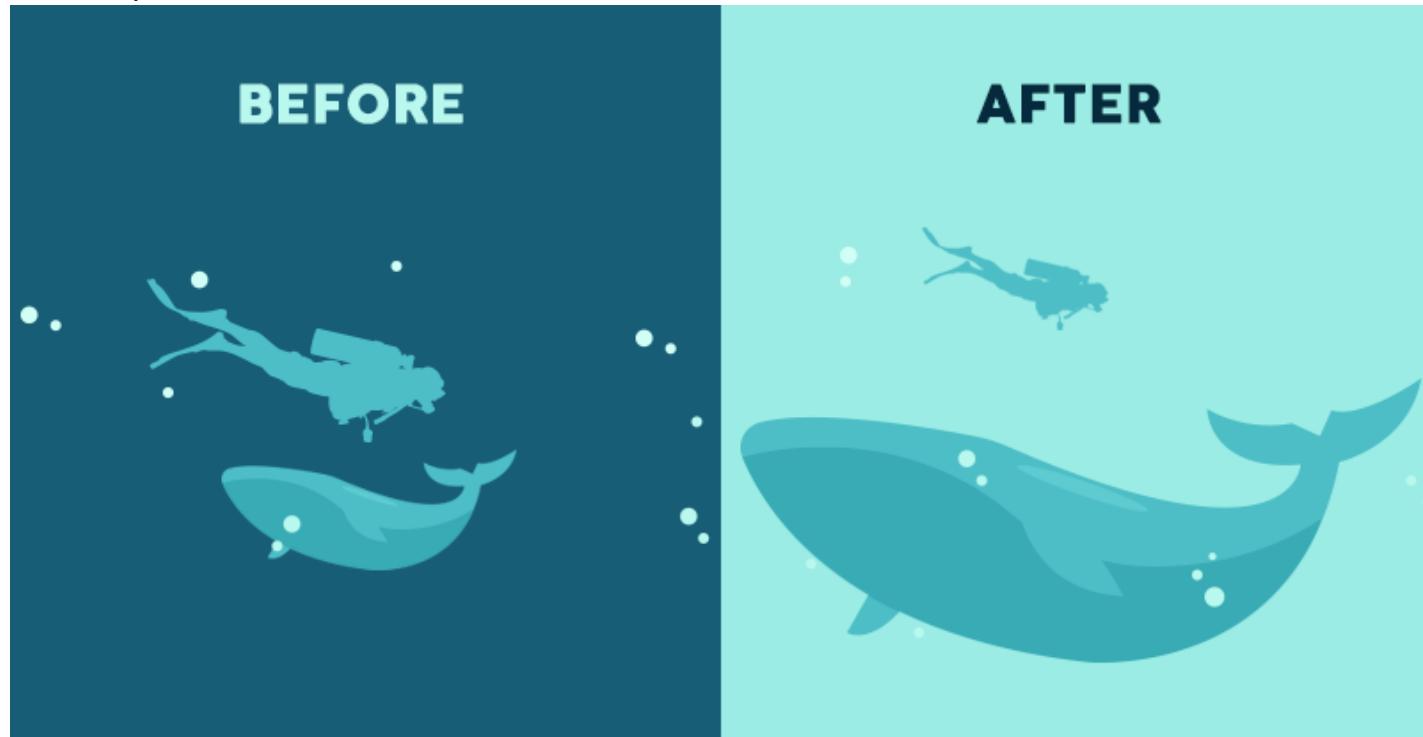
L'idée est de proposer des *gradients perceptibles* de certaines propriétés pour guider la lecture (ou la perturber rhétoriquement) :

- Taille / échelle relative
- Couleur / Contraste
- Alignement / liaison
- Répétition / rythme
- Proximité / espace vide

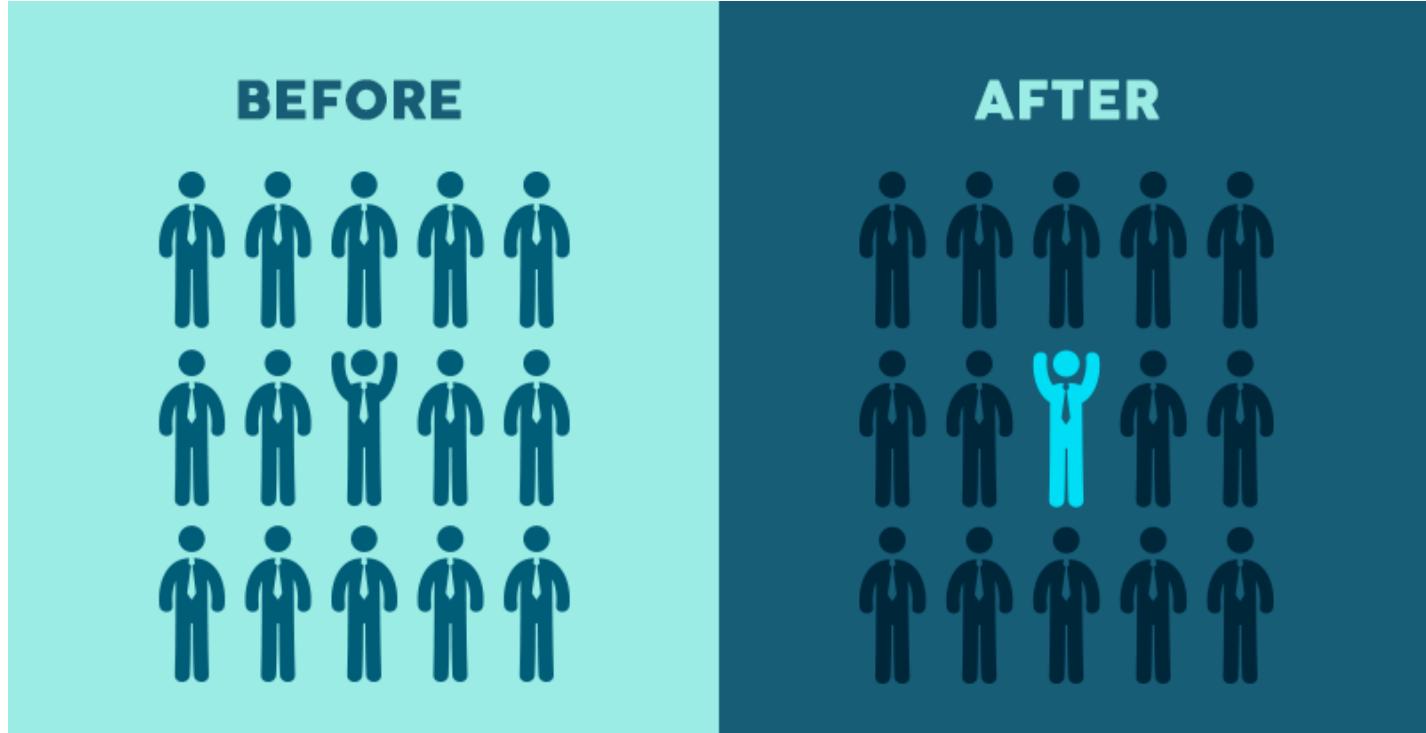
# Illustration de ces principes

À partir des dessins d'un [tutoriel de Visme](#)

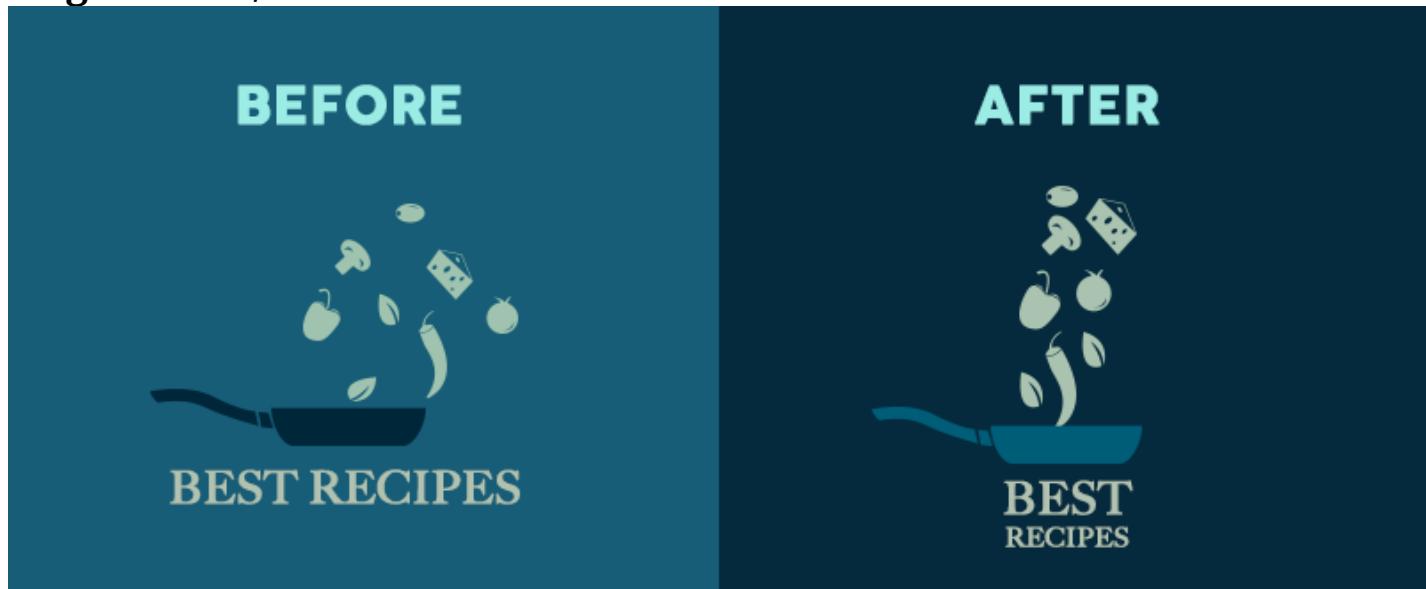
## Taille / échelle



## Couleur / contraste



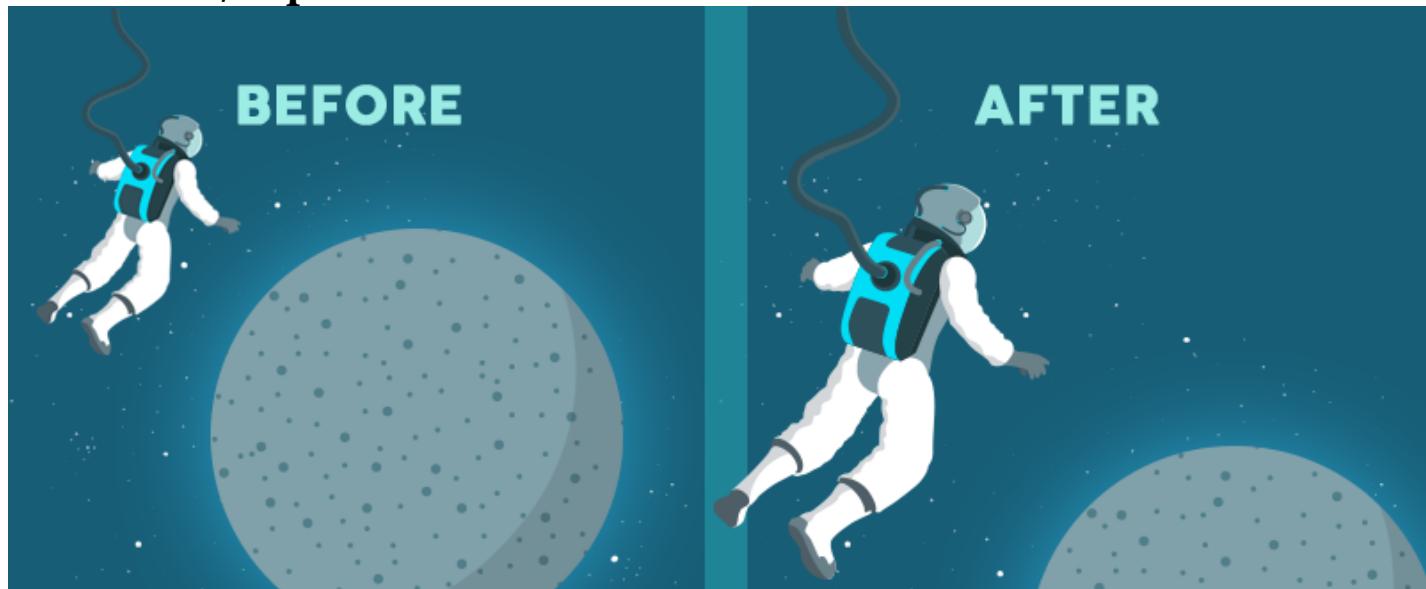
## Alignment / Liaison



## Répétition / rythme



## Proximité / espace vide



# Certaines caractéristiques graphiques vont aussi avoir des effets esthétiques/rhétoriques

- L'équilibre / le déséquilibre - la tension
- Les harmonies colorées
- La capacité d'évocation du contenu
- L'effet de surprise, de découverte

# Illustration avec deux posters primés au FIG



Liens : [Poster Khumbu, UMR Passages](#) - [Poster Nuit étoilée, Collectif Renoir](#)

### 3. Existe-t'il des outils pratiques pour évaluer la lisibilité d'une image facilement ?

→ **Oui !** Grâce aux progrès de la simulation de la vision et de l'intelligence artificielle (aidée par le travail de petites mains...)

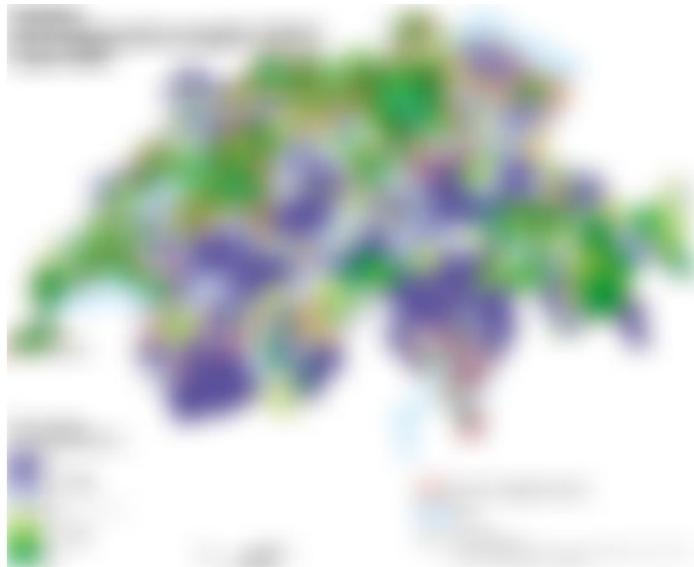
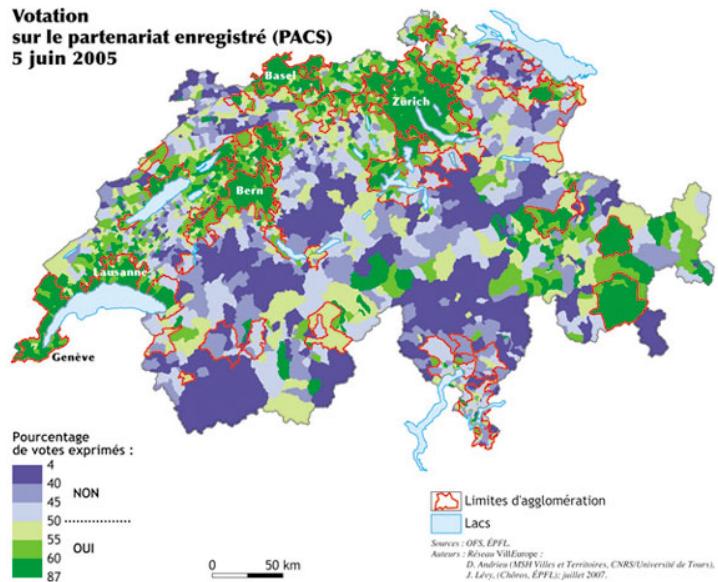
# Comment tester la lisibilité de ses mise en pages?

- Le **frou**
- La mesure de la **complexité graphique**
- L'évaluation de la **complexité de lecture** :
  - La simulation de systèmes de perception (saillance visuelle)
  - Une IA entraînée sur des infographies pour indiquer les zones d'importance visuelle dans une image.

# Le flou

Longtemps, la seule technique disponible pour évaluer la hiérarchie visuelle d'une image complexe était le flou.

Un outil en ligne : **Pine Tools**.



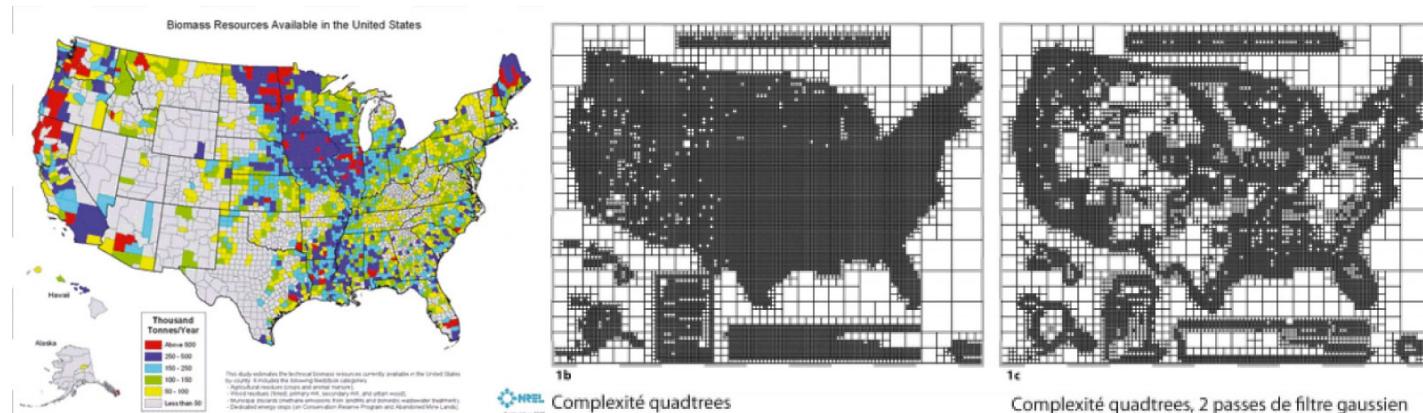
# L'évaluation de la complexité visuelle

Rappel : les différents types de complexité

Création			
Domaines scientifiques et techniques mis en oeuvre	Géographie		
Opérations	Perception visuelle cognitive de premier niveau	Perception / Compréhension des signes	Interprétation Compréhension de l'organisation spatiale
Types de Complexité	Graphique Structurelle Visuelle		Intellectuelle Fonctionnelle Conceptuelle
Lecture			

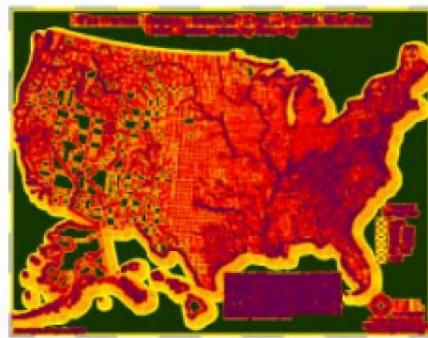
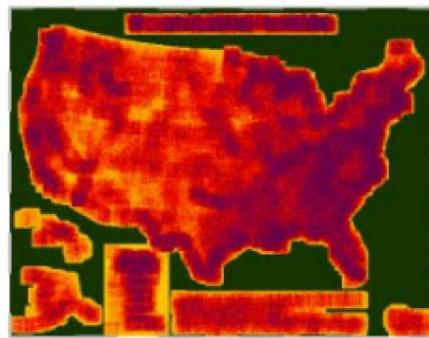
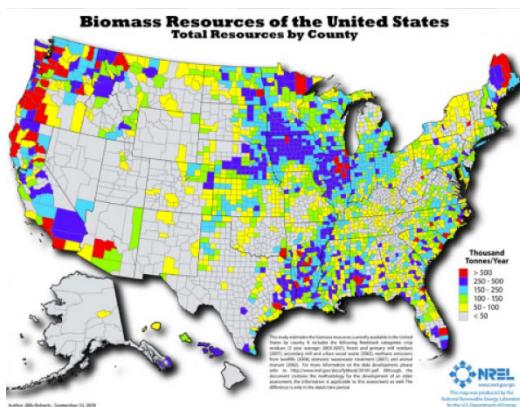
Pour la **complexité graphique**, qui peut être une partie de la complexité visuelle totale, il existe des possibilités de mesure :

- Les quadtrees (subdivisions)



→ Le papier :

- la compressibilité locale (fenêtre glissante, kernel)



## L'évaluation de la complexité de lecture : des tests utilisateurs

Un [article](#) de 2015 présente une série d'expériences d'évaluation de la complexité de lecture de cartes topographiques par une enquête basée sur des images.

Ils aboutissent aux conclusions suivantes :

- c'est la **quantité d'information** qui joue le plus sur la complexité de lecture ressentie, notamment la somme des longueurs totales des contours d'objets (lignes fines).
- ensuite on trouve la **distribution spatiale** de l'information (dispersion)
- la *complexité graphique ne joue pas beaucoup* (objets et résolution)

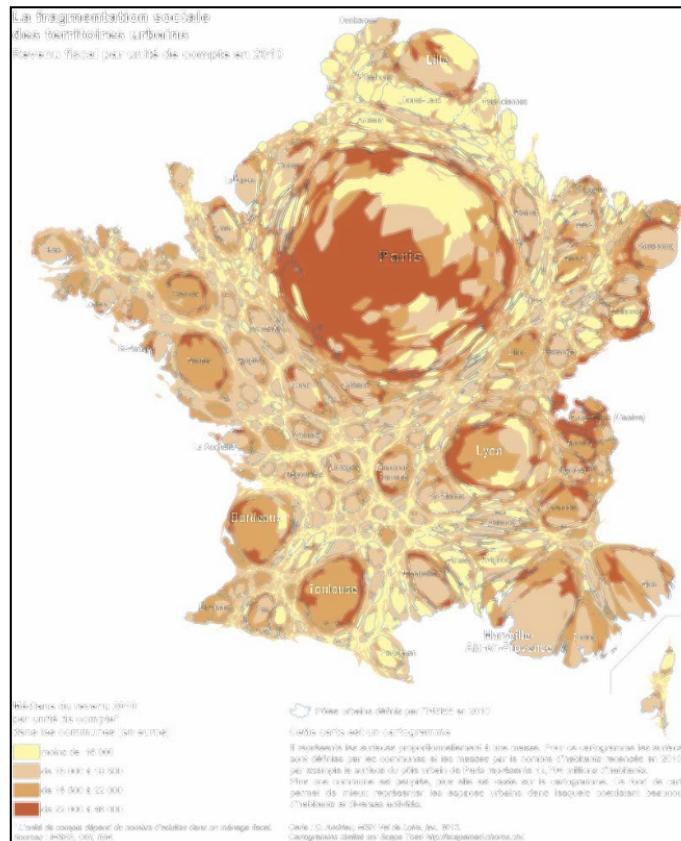
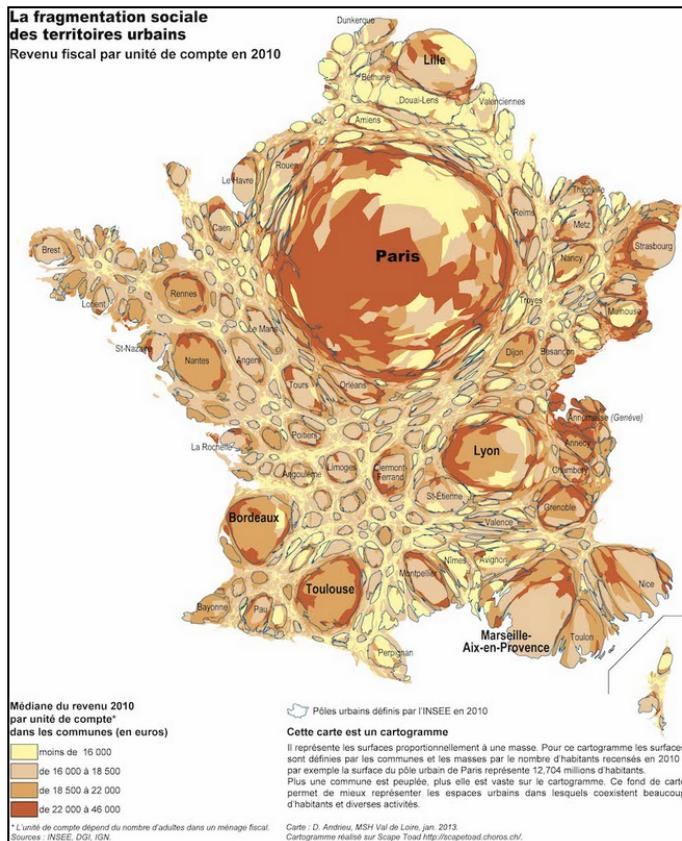
Cependant, il s'agit d'une enquête qui compare des portions de cartes, pas des mises en pages complètes, et uniquement des cartes topographiques.

Voici les résultats des différentes mesures, notez les coefficients r.

Table 5. Evaluation of single measures. Note that in some cases, the measure is equal to zero for a map sample (e.g., the measure *Spatial distribution of objects* is zero when no minor objects are present). These samples are then removed for evaluating this particular measure.

Readability Category	Readability Measure	Types of Information	R-value	p-value
Amount of information	Number of object types	All objects	0.52	$1.0 \cdot 10^{-13}$
Amount of information	Number of objects	All objects	0.47	$8.3 \cdot 10^{-11}$
Amount of information	Number of vertices	All objects	0.48	$1.7 \cdot 10^{-11}$
Amount of information	Object line length	All objects	0.62	$2.8 \cdot 10^{-20}$
Spatial distribution	Proximity indicator	All objects	0.40	$4.2 \cdot 10^{-8}$
Spatial distribution	Proximity value	All objects	0.26	$5.5 \cdot 10^{-4}$
Spatial distribution	Spatial distribution of objects	Minor objects	0.12	0.16
Spatial distribution	Spatial distribution of vertices	Minor objects	0.04	0.67
Object complexity	Object size	Minor objects	0.06	0.59
Object complexity	Line segment length	Line networks	0.11	0.21
Graphical resolution	Brightness difference	Tessellation objects	0.10	0.19
Graphical resolution	Hue difference	Tessellation objects	0.10	0.19

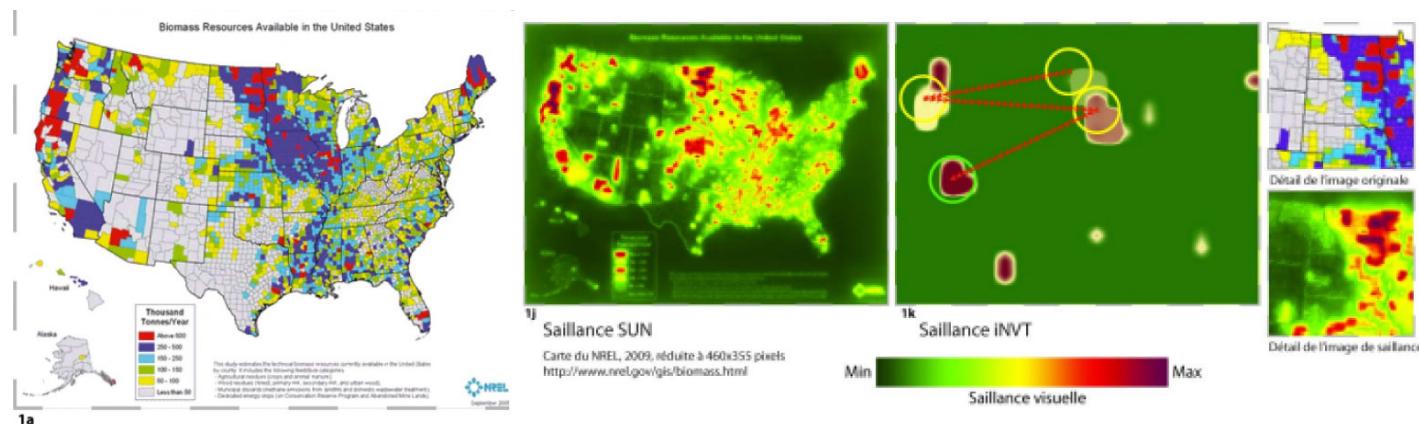
Pour évaluer l'effet des petites lignes et contours sur une image cartographique, vous pouvez utiliser un outil en ligne dédié.



# L'évaluation de la complexité de lecture : La simulation de systèmes de perception

Cette technique a connu de rapides développements depuis les années 1990, avec le besoin de mettre au point des robots autonomes, capables d'interpréter leur environnement visuel (pensez aux voitures autonomes).

Des recherches se sont intéressées à la simulation des différents systèmes de la perception visuelle humaine, en aboutissant à des images évaluant les *focalisations oculaires* et la *saillance visuelle* des images.



Cependant, ces simulations étaient basées sur des *scènes naturelles*, pas des infographies, et tous les éléments artificiels, dont certaines couleurs, étaient sur-évaluées.

## L'évaluation de la complexité de lecture : La simulation par entraînement d'IA

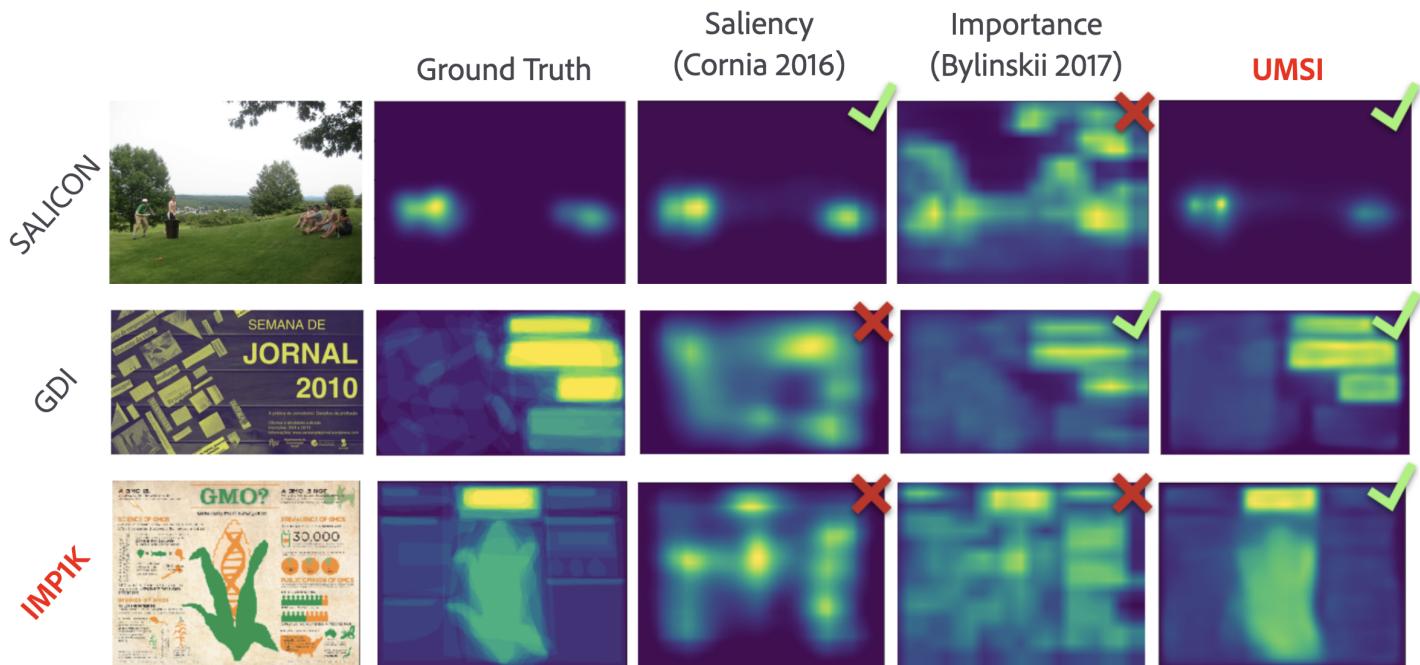
Avec le développement des capacités des réseaux de neurones, ont été mis au point des algorithmes qui peuvent simuler des réactions humaines, en les entraînant sur des milliers de cas d'exemple diversifiés.

En 2020 des chercheurs d'*Adobe* (Photoshop) ont réussi à produire une **AI** capable d'évaluer *l'importance visuelle* à l'intérieur des images infographiques.

[Lien vers le site, article + données](#)

Ils ont entraîné un réseau de neurones sur un jeu de données de *1000 infographies* (posters, affiches, tableaux de bords de données, pages de sites web...), à partir des réactions de *250 personnes* à qui on a demandé de sélectionner sur ces images les zones les plus importantes.

Les résultats sont très impressionnantes (dernière colonne) :



Surtout, *le code et les outils pour le faire fonctionner sont disponibles librement* sous la forme d'un bloc-note interactif Python. Ainsi, on peut exécuter en ligne gratuitement dans une image Binder accessible via un lien sur **le github #TransCarto**.

## Predicting Visual Importance Across Graphic Design Types

Forked for the **TransCarto** thematical school, CNRS, october 2021, to use on special map images.

To execute the iPython Notebook in a Binder Jupyter : [launch binder](#)

This repository contains code associated with the project at: <http://predimportance.mit.edu/>

The model file, in **Keras H5 format**, can be downloaded [here](#).

The provided **Jupyter notebook** contains the model specification and shows how to load and run the Keras model on some sample images.

If you use this code, please consider citing:

Fosco, C., Casser, V., Kumar Bedi, A., O'Donovan, P., Hertzmann, A., Bylinskii, Z.  
Predicting Visual Importance Across Graphic Design Types. In ACM UIST, 2020.

Questions? Contact [camilolu@mit.edu](mailto:camilolu@mit.edu) (or [alternative contacts](#))

# Démonstration du modèle d'estimation de l'importance visuelle dans une image

# Récapitulons :

## Les différents besoins de lisibilité

- **Quelle adaptation de l'image à la *perception visuelle humaine* ?**
  - | → Fonctionnement de la perception visuelle des images
- **Quelle adaptation de l'image à une bonne expression de son contenu pour sa fonction ?**
  - | → Conception et *design graphique*
- **Quelle complexité cognitive, quelle *expérience du public* face à ce type d'image ?**
  - | → État de l'art et études de *réception*, enquêtes.
- **Quel *accompagnement du public* pour sa compréhension ?**
  - | → Les lectures comme processus : animation, *storytelling*, interactivité.

# L'évaluation de l'*expérience du public* face à ce type d'image ?

*C'est la thématique parent pauvre de notre présentation.*

Elle est traditionnellement issue de l'expérience, mais on peut explorer certains outils comme :

- l'étude de l'**état de l'art** : que font les autres cartographes pour ce fonctionnement, avec ce public ?
  - | Recherches d'images, de références.
- les **enquêtes** : on réalise des tests entre différentes versions, on étudie les réactions.
  - | Exemple des travaux de l'IGN sur les styles des cartes topographiques (**S. Christophe, Ch. Hoareau, J. Ory**)
- les **études de réception** : on regarde comment sont lues et utilisées des illustrations existantes.
  - | Peu utilisé en cartographie, mais courant en histoire de l'art. On recherche les recensions, les descriptions parues.

## 4. De nouveaux supports pour mieux accompagner les lecteurs

La lecture d'une image cartographique comme processus, et l'accompagnement du public : *storytelling, animation et interaction.*

Les journalistes et documentaristes, d'abord en format vidéo puis web et papier, savent bien que pour présenter une information complexe il faut la présenter progressivement, si possible en *racontant une histoire* : le **storytelling**.

On peut le faire *dans* une image en utilisant une mise en page jouant avec le design graphique, mais c'est évidemment bien plus efficace avec un format *animé* ou *interactif*.

Cette possibilité est offerte par le web, on la retrouve notamment dans :

- Les articles web utilisant des cartes
  - | *Les effets de la pandémie sur le trafic aérien, NYT*
- Les "storymaps"
  - | *Le voyage d'Arya*
- Les carnets interactifs : Jupyter (R, Python), Observable (D3, JavaScript).
  - | *L'évolution des habitudes après-Covid19 avec Observable*
- Les applications en ligne, comme le *Mobiliscope*

# De nouvelles compétences : UX et UI

*User eXperience* : prise en compte des attentes des utilisateurs d'un outil interactif (app / wite).

*User Interface* : ergonomie des interfaces utilisateurs (écrans)

→ Ergonomie d'interaction, parcours dans des écrans, utilisations de widgets, composition graphique appliquée aux sites web.