

Visualisation comme application de l'information: Perte et génération d'informations à travers des pratiques visuelles

Akın Gülfidan

Janvier 2026

Mots clés : Transformations des données, Pratiques artistiques de données, Représentation interprétative, Visualisation des médias

Résumé

Ce mémoire soutient que la visualisation peut être considérée comme un processus de transformation de l'information à travers diverses représentations. S'appuyant sur des notions fonctionnelles telles que l'injectivité, la surjectivité et la bijectivité, il vise à développer un langage formel pour décrire la manière dont l'information est restructurée au cours des transformations. Au-delà des représentations traditionnelles des données numériques, il introduit un concept plus large de l'application de l'information afin d'examiner les transformations entre les formes numériques, textuelles et visuelles. En appliquant ces notions à des études de cas tirées de la visualisation expérimentale et des pratiques artistiques, il met en évidence la manière dont certaines correspondances peuvent préserver les qualités sémantiques présentes dans les données, tandis que d'autres font émerger de nouvelles dimensions interprétatives grâce à la réorganisation de l'information.

Notes sur la traduction : Ce mémoire a été traduit depuis sa version originale rédigée en anglais, intitulée *Visualiaztion as Infortmation Mapping : Loss and Generation of Information Across Visual Practices*. La traduction du terme "information mapping" a soulevé plusieurs questions. La traduction littérale par cartographie de l'information ne rend pas correctement le sens du terme "mapping" tel qu'il est utilisé dans le texte. Nous abordons la visualisation, dans un niveau d'abstraction, comme une fonction qui transforme l'information à travers des représentations. Pour cette raison, nous avons fait le choix de le traduire par le terme application, qui correspond au sens mathématique du mot "mapping" en anglais. Cet usage du mot application est notée dans le mémoire comme application*.

Toutefois, certains théoriciens abordés emploient également le terme mapping pour désigner une correspondance, ce qui rend l'usage du mot application parfois insuffisant ou inexact dans certains contextes. En anglais, le terme "mapping" couvre ces deux usages et reste cohérent, dans la mesure où une application décrit précisément une correspondance. En français, en revanche, il est nécessaire de distinguer ces deux sens et d'utiliser soit application*, soit correspondance, selon le contexte.

Table des matières

1	Introduction	3
2	Plan	3
3	Travaux Apparentés	3
4	Cadre Conceptuel	5
5	Transformations des Données	7
5.1	Transformations Bijective	7
5.2	Transformations avec Perte et Génératives	8
6	Évolution de la Visualisation, Introduction du Choix et Limites de la Représentation Graphique	13
7	Générateurs de Connaissances	18
8	Application de l'Information	24
9	Synthèse	25
10	Études de Cas	25
10.1	Serial Project #1 (1966)	26
10.2	Homes for Sale (1999-2002)	29
10.3	Instagram Cities (2013)	30
10.4	The Organ (2018)	33
10.5	Atlas Mnemosyne (1921-1929)	34
10.6	Collage et Googlegrams (2005)	36
10.7	Valance (1999) et On the Origin of Species (2009)	39
10.8	One Million Years (1999)	41
11	Discussions	44
12	Conclusion	45
13	Remerciements	46

1 Introduction

La visualisation des données, malgré avoir émergée d’abord comme un moyen d’obtenir des informations sur un sujet, a ensuite évoluée différemment dans diverses disciplines, chacune ayant sa propre approche de la visualisation. La terminologie est utilisée de manière interchangeable, mais comme le montrent les travaux de (GAHAR et al., 2024 ; KOSARA, 2007 ; LAN et al., 2025), les pratiques de visualisation semblent se diviser en trois grands types.

La visualisation scientifique vise à extraire des informations à partir des données. L’infographie a pour objectif de communiquer des connaissances déjà acquises sur les données, et enfin, la visualisation artistique vise à créer une expérience et à utiliser les données de manière symbolique plutôt que de communiquer des informations précises sur les données. Chaque type de pratique de visualisation repose sur une théorie différente, et seules quelques approches considèrent les différentes pratiques de visualisation dans leur ensemble.

Ce mémoire soutient que la visualisation peut être comprise comme un processus de correspondance de l’information à travers différentes représentations, et que cette perspective permet d’analyser la visualisation scientifique et les pratiques artistiques dans un cadre théorique unifié. En tant que praticiens de la visualisation, nous devons prendre en considération la manière dont nos correspondances affectent l’information, et un langage approprié pour parler de ces transformations nous permettrait de mieux comprendre notre propre travail ainsi que celui des autres.

2 Plan

Nous commencerons ce mémoire en passant en revue les tentatives visant à rapprocher les approches artistiques et scientifiques de la visualisation. Nous examinerons ensuite les méthodes développées au sein de la communauté scientifique pour évaluer les visualisations et guider la création de nouvelles.

Nous poursuivrons en abordant la pratique de la visualisation parallèlement à l’évolution des problèmes scientifiques afin de mettre en évidence certaines notions clés concernant les objectifs de la visualisation scientifique.

Sur cette base, nous ferons émerger de nouvelles notions importantes à prendre en compte lors de l’évaluation des visualisations.

Nous présenterons ensuite une généralisation du concept de visualisation, qui nous permettra d’étendre les notions proposées à d’autres formes d’expression au-delà des représentations visuelles des données quantitatives.

Enfin, nous reviendrons à la relation entre la visualisation artistique et scientifique, en utilisant le cadre établi pour explorer comment l’information est transformée dans la pratique artistique et les travaux de visualisation expérimentale pour déterminer la manière dont ils manipulent l’information.

3 Travaux Apparentés

Au fil des années, des travaux ont été menés pour tenter de rapprocher la visualisation artistique et la visualisation scientifique. (van WIJK, 2006) s’interroge brièvement sur la nécessité de prendre en compte des critères esthétiques lors de la création de visualisations.

Suivant une approche théorique de l'art, (MANOVICH, 2002) positionne la visualisation artistique comme anti-sublime. En esthétique, le sublime fait référence à des phénomènes d'une grandeur qui dépasse toute mesure ou représentation. Les artistes romantiques croyaient au pouvoir de l'art d'évoquer le sublime. Manovich considère la visualisation comme l'opposé du sublime, car son objectif principal est de représenter ce qui dépasse les limites de nos sens.

(KOSARA, 2007) s'appuie sur cette distinction. Il considère la visualisation artistique comme l'opposé de la visualisation pragmatique, qui est reconnaissable et lisible, tandis que la visualisation artistique est sublime, illisible et non reconnaissable. Ces deux extrêmes forment un spectre dans lequel les visualisations peuvent être classées. Kosara place au milieu du spectre ce qu'il appelle l'art informatif, qui n'est pas reconnaissable mais lisible à condition de disposer des clés pour décoder les signes. Comme exemple d'art informatif, il cite les horaires de bus inspirés de Mondrian et la pratique de la visualisation ambiante établie par (SKOG et al., 2003).

(SACK, 2007) répond à l'idée d'anti-sublime de Manovich, qu'il équivaut à la facilité d'utilisation. Affirmant que la visualisation peut être plus qu'un simple moyen de rendre les choses plus faciles à comprendre, il considère la visualisation comme un détournement d'une structure existante. Un outil capable de subvertir, de remanier ou de rediriger les structures computationnelles existantes, révélant ainsi le fonctionnement des systèmes ou permettant de nouvelles formes d'interprétation.

(VIÉGAS & WATTENBERG, 2007) remarque que la visualisation artistique contient des distorsions intentionnelles réalisées par les artistes afin d'exprimer un point de vue. En revanche, les outils de visualisation analytique traditionnels tentent de minimiser les distorsions. Ils remettent également en question le fait que cette minimisation du point de vue soit en réalité erronée, car il n'est pas possible de créer une visualisation véritablement neutre.

La remise en question de la neutralité dans la visualisation rejoint fortement les travaux de (DRUCKER, 2014) sur ce qu'elle appelle l'approche humaniste de l'affichage graphique. Selon Drucker, les outils graphiques traditionnels utilisés pour visualiser les données imposent une idée d'objectivité qui est pratiquement toujours trompeuse. Ces formes cachent leurs biais sous un appareil de familiarité. Elle défend une approche de la visualisation des données qui reconnaît la nature interprétative de la connaissance et prend en compte le point de vue.

Comme nous le verrons plus tard, les visualisations artistiques font écho à la visualisation subjective dépendante du point de vue, tandis que la manière dont l'information est générée ou transmise peut toujours être modélisée malgré l'apparente subjectivité de l'information.

(LUPU, 2017) recommande une approche plus personnalisée de la visualisation des données, qui s'éloigne des outils préconçus pour visualiser n'importe quel type de données. Elle revendique une pratique de la visualisation centrée sur l'exploration des données par des moyens visuels, plutôt que sur la saisie des données dans un logiciel dans l'espoir d'en faire émerger, comme par magie, le sens. Elle soutient que ce n'est qu'en passant du temps avec les données que nous pouvons en développer la compréhension. Chaque jeu de données possède ses propres caractéristiques, qui ne peuvent être explorées à l'aide d'outils universels.

Une étude récente menée par (LAN et al., 2025) explore comment la visualisation artistique des données peut aider et inspirer la communauté de la visualisation scientifique en évaluant un corpus sélectionné de visualisations artistiques selon un ensemble de techniques de conception prédéterminées et des entretiens avec des artistes.

(MANOVICH, 2002 ; SACK, 2007) s'intéressent principalement à l'esthétique des vi-

sualisations, au potentiel expressif de la visualisation. Même si ces questions sont intrinsèquement liées, ils ne se demandent pas nécessairement quand et comment l’art lui-même peut faire émerger de nouvelles informations dans un sens utilitaire.

(KOSARA, 2007 ; LAN et al., 2025) envisagent la possibilité que la pratique de la visualisation artistique soit un atout pour la communauté de la visualisation scientifique, mais leur analyse repose sur quelques concepts et catégories prédéterminés qui réduisent le processus multifacette de la visualisation. Ils n’entrent pas non plus dans les détails sur la manière dont la visualisation artistique peut produire de nouvelles informations.

Les approches existantes se concentrent soit sur l’esthétique, soit sur des catégories prédéfinies, ou sur des mesures d’évaluation. Aucune ne propose un cadre permettant de comprendre comment la visualisation artistique peut générer ou transformer l’information elle-même. Les travaux de (DRUCKER, 2014) sont ceux qui se rapprochent le plus de notre objectif. Elle étudie comment les images produisent des connaissances. Son travail est normatif et critique la manière dont une visualisation devrait être en étudiant comment nous voyons et interprétons les connaissances visuellement. Bien que son travail soit fondamental pour ce dont nous allons discuter, il ne se concentre pas sur la pratique artistique et manque d’un modèle formel précis pouvant être appliqué systématiquement à l’étude des œuvres existantes.

4 Cadre Conceptuel

Dans la littérature scientifique, il existe diverses méthodes pour évaluer les visualisations. Dans cette section, nous examinerons quelques exemples non exhaustifs d’approches courantes, suivis de quelques approches uniques qui serviront de base à notre analyse.

Les méthodes les plus courantes sont les taxonomies et les typologies. Il s’agit de systèmes de classification systématiques destinés à aider les praticiens à concevoir ou à sélectionner des visualisations en établissant divers critères. Les chercheurs ont proposé plusieurs taxonomies, chacune mettant l’accent sur différents aspects de la visualisation des données. Certains exemples, incluent le travail influent de (SHNEIDERMAN, 1996) où Shneiderman propose la méthode : vue aperçu d’abord, zoom et filtre, puis détails à la demande. Suivant cette méthode, il propose une taxonomie qui tient compte du type de données visualisées (données 1D, 2D, 3D et multidimensionnelles) et de sept tâches qui, selon Schneiderman, correspondent aux tâches que les utilisateurs souhaitent effectuer. Ces tâches sont les suivantes :

- Aperçu : Obtenir un aperçu de l’ensemble de la collection.
- Zoom : zoomer sur les éléments d’intérêt.
- Filtre : exclure les éléments non pertinents.
- Détails à la demande : sélectionner un élément ou un groupe et obtenir des détails lorsque nécessaire.
- Relier : visualiser les relations entre les éléments.
- Historique : conserver un historique des actions afin de permettre l’annulation, la relecture et le raffinement progressif.
- Extraire : permettre l’extraction de sous-collections et des paramètres de requête.

Un autre exemple est le travail de (TORY & MOLLER, 2004), qui s’appuie sur ce qu’ils appellent des modèles de conception représentant les hypothèses formulées par les praticiens de la visualisation à propos des données visualisées. La taxonomie classe les algorithmes plutôt que les caractéristiques des données et, selon les auteurs,

cette approche met l’accent sur l’aspect humain de la visualisation et est plus flexible. Un dernier exemple de taxonomie est celui présenté dans le travail de (BREHMER & MUNZNER, 2013), qui intègre également les raisons et les méthodes de visualisation, en plus des tâches et des résultats. Il sépare chaque tâche nécessaire à la réalisation d’une visualisation en questions portant sur le comment, le pourquoi et de ce qui est visualisé.

La théorie de la visualisation a également un impact sur la pratique à travers les lignes directrices. Contrairement aux taxonomies, les lignes directrices ne visent pas à caractériser les visualisations, mais à fournir des méthodes aux praticiens afin de les aider à créer des visualisations. (MUNZNER, 2009) propose une telle ligne directrice qui sépare la conception de la visualisation en couches imbriquées appelées caractérisation du problème du domaine, conception de l’abstraction des données/opérations, conception des techniques d’encodage/d’interaction et conception des algorithmes. Ensuite, pour chaque couche, il établit les menaces qui pèsent sur la validité de la couche et les méthodes permettant de la valider.

Ces approches ont cependant leurs limites. Les lignes directrices, bien qu’utiles dans la pratique, fournissent peu d’outils pour critiquer ou analyser les œuvres existantes. Les taxonomies, en revanche, sont par leur nature, limitées par des catégories définies, dans le sens où seuls les aspects de la visualisation pris en compte dans la taxonomie sont ceux choisis par les chercheurs. L’insuffisance des catégories est encore mise en évidence par le nombre considérable de taxonomies présentes dans la littérature. Chacune d’entre elles prend en compte des aspects différents mais tout aussi importants d’une visualisation.

En plus de ces approches courantes (ZIEMKIEWICZ & KOSARA, 2009), ils proposent une autre méthode, dans laquelle la visualisation est considérée comme une application* d’information entre des données et une représentation visuelle. Ils utilisent les notions d’injectivité, de surjectivité et de bijectivité qui s’appliquent aux fonctions mathématiques et décrivent comment celles-ci mettent en correspondance des éléments d’un ensemble à un autre, afin d’étudier comment une visualisation met en correspondance des données.

Les fonctions injectives, associent au plus un élément de l’ensemble de départ à chaque élément de l’ensemble d’arrivée. Les fonctions surjectives, quant à elles, associent à chaque élément de l’ensemble d’arrivée un élément correspondant dans l’ensemble de départ de la fonction. Enfin, une fonction bijective associe un élément unique de l’ensemble de départ à un élément unique de l’ensemble d’arrivée. La bijectivité implique à la fois l’injectivité et la surjectivité et fournit une correspondance biunivoque. La figure 1 illustre ces types de fonctions.

(ZIEMKIEWICZ & KOSARA, 2009) affirme qu’une visualisation doit être une application* bijective, car les applications non-injectives peuvent associer plusieurs éléments de données à la même sortie visuelle, ce qui peut entraîner une perte d’informations. Les applications non-surjectives, impliquent des éléments visuels qui ne sont pas liés aux données, ce que (TUFTE, 2018) appelle ”chart junk”, créant encore plus d’ambiguïté. Pour ces raisons, les auteurs exigent qu’une visualisation soit bijective.

Malgré l’affirmation des auteurs sur la bijectivité, à mesure que nous développerons la notion de perte d’information dans cet essai, nous argumenterons que les applications* non-bijetives ont une utilité importante dans la visualisation et sont en fait presque inévitables.

Nous préférons la méthode proposée par (ZIEMKIEWICZ & KOSARA, 2009) aux taxonomies ou aux lignes directrices, car elle offre un langage plus holistique et centré sur la visualisation pour formaliser les concepts. Pour construire notre argumentation,

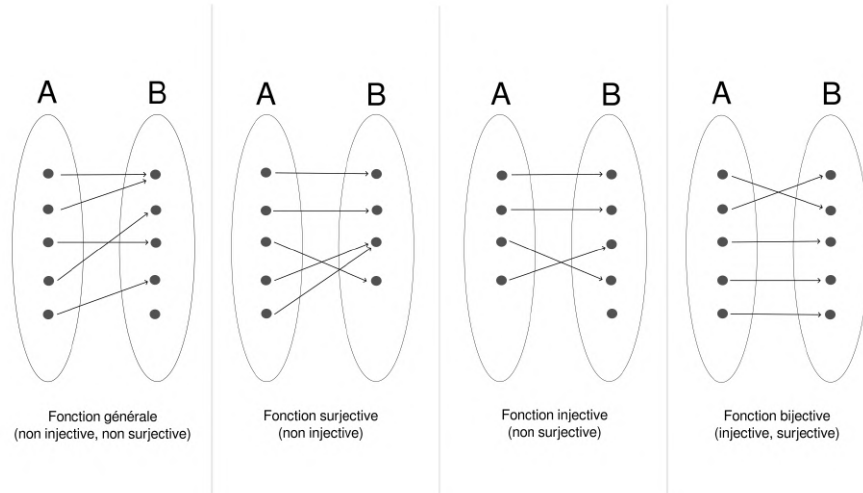


FIGURE 1 – Figure illustrant les fonctions générales, surjectives, injectives et bijectives.

nous nous appuyerons sur leur formalisation tout en tenant compte de nombreux autres points de vue théoriques mentionnés dans la section précédente.

5 Transformations des Données

5.1 Transformations Bijective

Réfléchir au processus de visualisation en termes d'injectivité, de surjectivité et de bijectivité a des implications importantes pour comprendre l'émergence des dimensions informationnelles. Nous supposons un modèle discret de l'information, dans lequel les informations individuelles qu'une personne obtient d'une source peuvent être identifiées et comparées. Dans ce modèle, une dimension informationnelle peut être comprise comme un axe le long duquel différentes informations peuvent être mises en relation.

Si une visualisation est bijective, elle préserve les informations dans une correspondance stricte biunivoque entre l'ensemble de départ et l'ensemble d'arrivée. La préservation des informations dans le cadre de la bijectivité implique également qu'aucune nouvelle dimension informationnelle ne peut être générée par l'application*. Étant donné que chaque information présente dans l'ensemble d'arrivée peut être reliée à une information présente dans l'ensemble de départ, toutes les relations exprimables après l'application étaient déjà présentes avant celui-ci. Les applications bijectifs ne produisent donc pas de nouvelles dimensions informationnelles, mais réorganisent et restructurent celles qui existent déjà.

Bien que les visualisations bijectives ne génèrent pas de nouvelles dimensions informationnelles dans ce modèle formel, elles peuvent néanmoins faciliter la cognition. En réorganisant graphiquement les informations, elles permettent aux êtres humains,

dont la capacité à traiter de grandes quantités de données quantitatives est limitée, de percevoir plus clairement les modèles ou les aspects existants des données. En ce sens, les mappages bijectifs fonctionnent principalement comme des outils d’amplification cognitive.

5.2 Transformations avec Perte et Génératives

Même si le passage des données à la visualisation devrait être bijectif afin de préserver les informations dans la nouvelle représentation. Une tâche de visualisation non triviale consiste rarement à trouver uniquement une représentation graphique pour les données. Plus souvent, ce n’est pas la seule transformation qui s’applique aux données. Nous pouvons également formaliser la manière dont les informations se comportent à travers ces transformations en utilisant les mêmes notions de bijectivité, surjectivité et injectivité.

À titre d’exemple, nous pouvons considérer la visualisation du poids total des liens reliant les nœuds d’un réseau non orienté sur différents états. Nous pouvons alors supposer que nos données représentant ce réseau sont des matrices d’adjacence correspondant à chaque état du réseau. Une matrice d’adjacence est une matrice dont chaque ligne et chaque colonne représente un nœud du réseau. Les valeurs de la matrice correspondent au poids d’une connexion entre les deux nœuds correspondant à l’index. Dans cet exemple, nous voulons produire un diagramme à barres comparant les poids totaux des liens entre les connexions à tous les états. La visualisation n’est plus une application* directe des données vers la représentation, mais comprend également une étape d’agrégation préalable pour calculer les poids totaux. Par conséquent, la visualisation est une fonction composite de l’agrégation et de la visualisation qui visualise les valeurs agrégées. Ce type d’opération est très courant dans la conception de visualisations. L’étape d’agrégation n’est pas injective et entraîne donc une perte d’informations. Même si la visualisation des valeurs agrégées dans un diagramme à barres est bijective et préserve les informations, la composition des deux entraîne une perte d’informations et la visualisation perd des informations. La figure 2 illustre cet exemple.

D’autre part, malgré la perte d’informations, l’étape d’agrégation génère une autre dimension informationnelle qui permet de mieux comprendre les données. Une application* bijective ne peut pas créer de nouvelles dimensions informationnelles. Pour une étude, les deux sont importants, nous avons besoin des application* bijectives pour accéder facilement aux zones difficiles à voir des données. En même temps, les opérations pertinentes avec perte sur un jeu de données peuvent générer des nouvelles dimensions à visualiser, permettant d’améliorer la compréhension du jeu de données, ce qui est le but ultime d’une visualisation.

Pour ancrer la notion des applications dans l’analyse des visualisations, prenons comme exemples deux visualisations. La première est le projet *Opte*, une visualisation de toutes les connexions IP sur Internet.

Cette visualisation représentée dans la figure 3 peut être considérée comme bijective par rapport aux données qu’elle encode. Chaque élément visuel correspond à un élément de données spécifique, et aucun élément de données n’est intentionnellement agrégé, supprimé ou introduit pendant le processus de visualisation. La transformation consiste principalement en un recodage spatial des informations existantes, rendant la connectivité du réseau perceptible sans altérer le contenu des informations. En principe, avec une légende et du temps suffisants, la visualisation pourrait être décodée pour revenir à l’ensemble de données d’origine, ce qui indique que l’application préserve

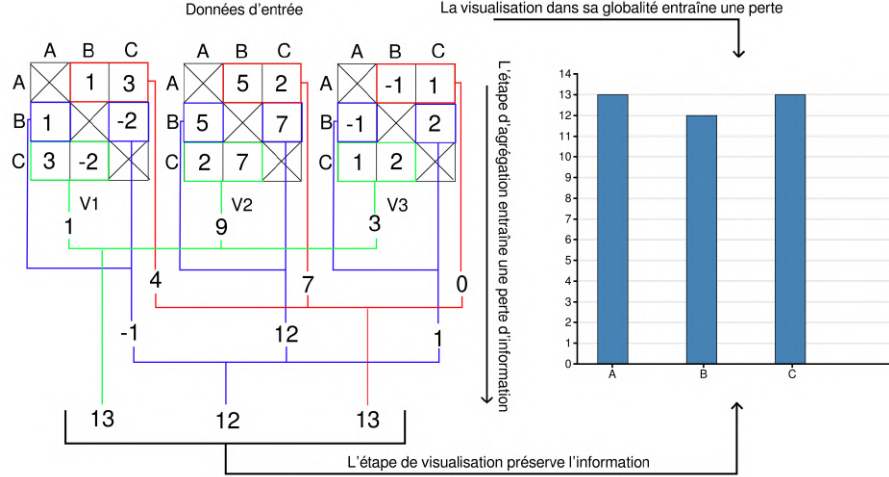


FIGURE 2 – Visualisation d'un graphique à barres représentant le poids total des arêtes entre les nœuds d'un réseau à travers différents états. Chaque état du réseau est représenté par une matrice d'adjacence nommée V1, V2 et V3.

les informations plutôt que de générer de nouvelles dimensions informationnelles.

Un autre exemple est *Cubix*, un système permettant d'analyser des réseaux évoluant dans le temps à l'aide de matrices d'adjacence 3D, développé par (BACH et al., 2014). Une série de matrices d'adjacence, chacune représentant l'état d'un réseau à un moment donné, empilées le long d'un axe temporel en 3D.

Ce deuxième exemple, illustré à la figure 4, est un peu plus nuancé et met en correspondance les informations de différentes manières. Tout d'abord, il y a la transformation des matrices numériques en une forme graphique avec des cubes de différentes tailles. Cette transformation est bijective, elle représente visuellement la même structure de poids, ce qui facilite la comparaison des valeurs.

La deuxième transformation consiste à empiler les matrices en 3D. Cette transformation est également bijective. La réorganisation des matrices en 3D ne génère pas de nouvelles dimensions informationnelles, mais montre explicitement la temporalité présente entre les matrices.

La troisième et dernière transformation consiste du découpage du cube. Cette opération n'est pas bijective, car après le découpage, sans informations supplémentaires, il est impossible de situer la tranche dans le cube. Cependant, contrairement à l'exemple de l'agrégation, cette opération, bien que perdante, ne génère pas non plus de nouvelles dimensions informationnelles. Au contraire, la perte d'informations est utilisée pour désencombrer l'espace visuel afin de concentrer l'attention sur des parties précises de la visualisation. Il s'agit ici d'une autre utilisation valable de la perte d'informations. Tant qu'elle est intentionnelle et que ses effets sont pris en compte lors de la création de la visualisation, la perte d'informations peut être un élément utile dans la boîte à outils du praticien.

Cet exemple met en évidence deux notions importantes. Premièrement, une visualisation, en particulier celle qui tient compte des entrées de l'utilisateur et qui est

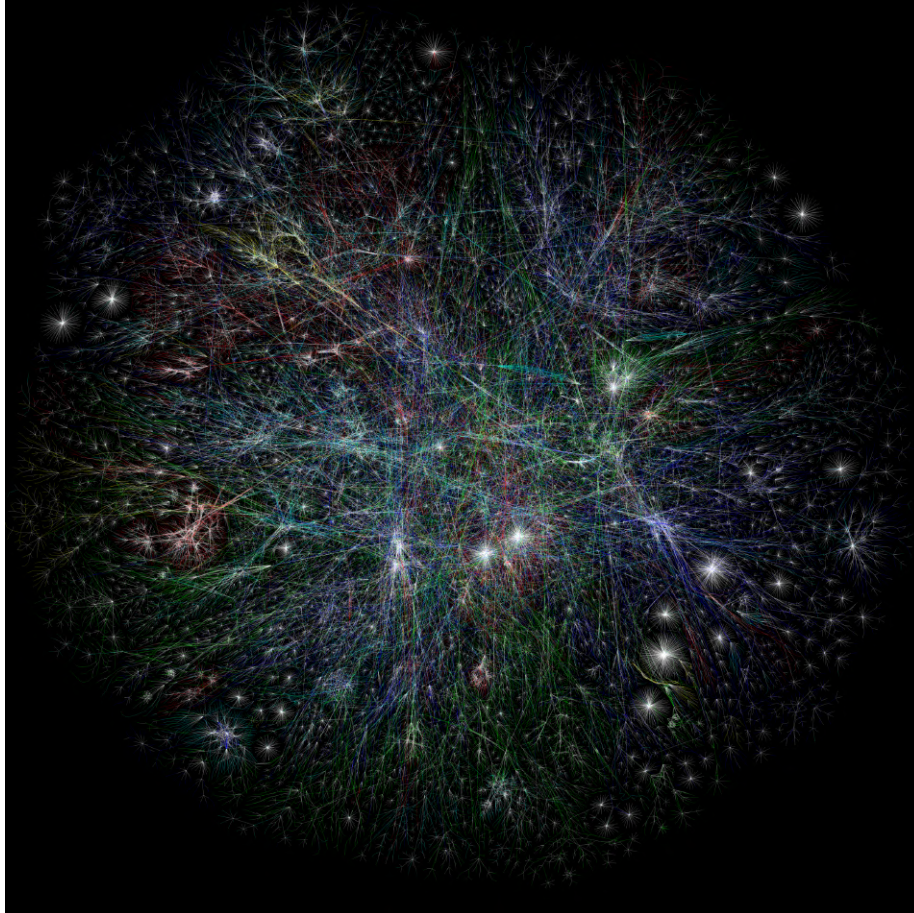


FIGURE 3 – Une visualisation représentant les connexions IPv4 sur l'ensemble de l'Internet en 2003, réalisée par le projet *Opte*, tirée du [site Web du projet Opte](#).

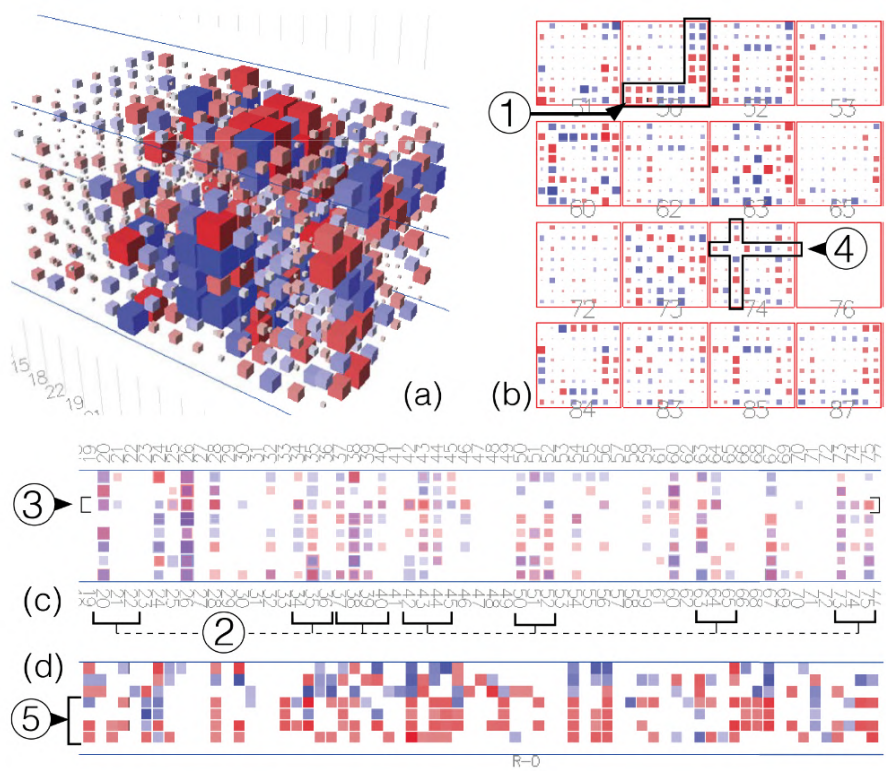


FIGURE 4 – Une figure tirée de (BACH et al., 2014), représentant *Cubix* visualisant les données de connectivité cérébrale et différentes opérations appliquées au cube des matrices.

interactive, est un objet complexe et il est rare qu’une seule application* suffise à décrire l’ensemble du processus. Deuxièmement, toutes les transformations avec perte ne sont pas comme l’exemple d’agrégation et elles peuvent ne pas générer de nouvelles dimensions informationnelles. Les fonctions bijectives ne le peuvent pas, les fonctions non-bijectives ont le potentiel de le faire, mais comme le montre cet exemple, cela n’est pas garanti. Dans l’ensemble, les cubes des matrices ne génèrent pas de nouvelles dimensions informationnelles, mais constituent un outil interactif permettant d’explorer de diverses manières des données complexes.

En ce qui concerne la perte d’informations, comme l’a également souligné (ZIEMKIEWICZ & KOSARA, 2009), une visualisation peut perdre des informations simplement parce qu’il n’est pas possible de représenter graphiquement toutes les dimensions des données. Dans ce cas, c’est au créateur de la visualisation de déterminer quelles relations sont essentielles à montrer.

La notion de mise en correspondance développée dans ce mémoire s’applique uniquement aux éléments informationnels destinés à participer au processus de mise en correspondance. Toute représentation, qu’elle soit numérique, graphique ou computationnelle, contient nécessairement des informations supplémentaires qui permettent son interprétation, mais qui ne correspondent pas elles-mêmes aux données mises en correspondance. (DRUCKER, 2014) décrit cette distinction dans les représentations graphiques comme la séparation entre le premier plan et l’arrière-plan graphiques. Le premier plan est constitué d’éléments qui encodent les données, tandis que l’arrière-plan fournit les conditions structurelles qui rendent ces encodages lisibles. Par exemple, les axes d’un diagramme à barres sont nécessaires à l’interprétation, mais ils ne correspondent pas eux-mêmes aux valeurs des données.

Une distinction comparable existe dans les représentations numériques et informatiques. Par exemple, un graphique encodé dans un langage de balisage contient des informations structurelles nécessaires aux machines pour analyser les données, même si ces informations correspondent rarement à une représentation visuelle directe. Tout acte de lecture d’une représentation implique donc à la fois des informations liées aux données et des informations qui structurent ces données. Cet excès structurel est inévitable et nécessaire au bon fonctionnement des représentations. Il n’interfère pas avec la présente analyse tant qu’il n’introduit pas d’ambiguïté quant à sa correspondance avec les données.

Par exemple, dans un graphique à barres où toutes les barres ont la même couleur, cette couleur ne transmet pas d’informations supplémentaires, car elle est généralement considérée comme une caractéristique structurelle. En revanche, un graphique dans lequel une seule barre est représentée dans une couleur différente introduit une ambiguïté si cette distinction n’est pas basée sur les données, car elle invite à l’interpréter comme une variation significative. La figure 5 compare ces deux graphiques à barres. Le cadre proposé ici fait abstraction de ces informations structurelles afin de se concentrer sur le comportement des application informationnels intentionnels, sans négliger les conditions d’interprétation qui rendent ces applications lisibles.

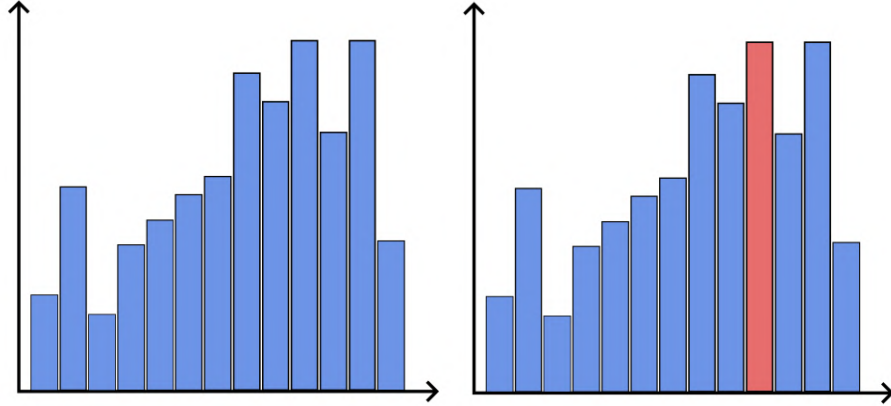


FIGURE 5 – Deux diagrammes à barres côte à côte, celui de gauche présente la même couleur pour toutes les barres. Le diagramme de droite contient une seule barre d’une couleur différente.

6 Évolution de la Visualisation, Introduction du Choix et Limites de la Représentation Graphique

L’histoire de la visualisation de l’information et l’influence de la pensée scientifique sur cette pratique ont été établies par de nombreux auteurs. On peut notamment citer (LIMA, 2011), qui met en parallèle l’évolution des visualisations avec le récit de (WEAVER, 1991) sur la recherche scientifique pour expliquer l’émergence de la visualisation des réseaux, et (DRUCKER, 2014), qui se penche sur des exemples historiques pour évaluer leurs propriétés graphiques.

Il est toutefois important de revenir une fois encore sur certains points clés afin de contextualiser les problèmes de visualisation actuels et d’introduire certaines notions qui seront essentielles dans les sections suivantes.

Le premier exemple connu de visualisation de données remonte au X^e siècle. Il s’agit d’une grille spatio-temporelle représentant la latitude céleste des planètes le long d’un axe temporel, illustrée dans la figure 6.

La visualisation suivante connue est apparue au XIV^e siècle, soit trois à quatre siècles après la visualisation représentant les mouvements des planètes. La visualisation, illustrée dans la figure 7, est un diagramme à barres réalisé par le philosophe français Nicole Oresme. Il a eu l’idée de dessiner des barres dont les hauteurs correspondent aux vitesses d’un objet en mouvement à différents moments et de comparer les barres pour comprendre les changements de vitesse de l’objet.

Ces visualisations ont été réalisées avant que les outils que nous utilisons aujourd’hui pour structurer les visualisations n’existent. Elles capturent l’essence même d’une visualisation, qui consiste à explorer graphiquement les relations entre les éléments

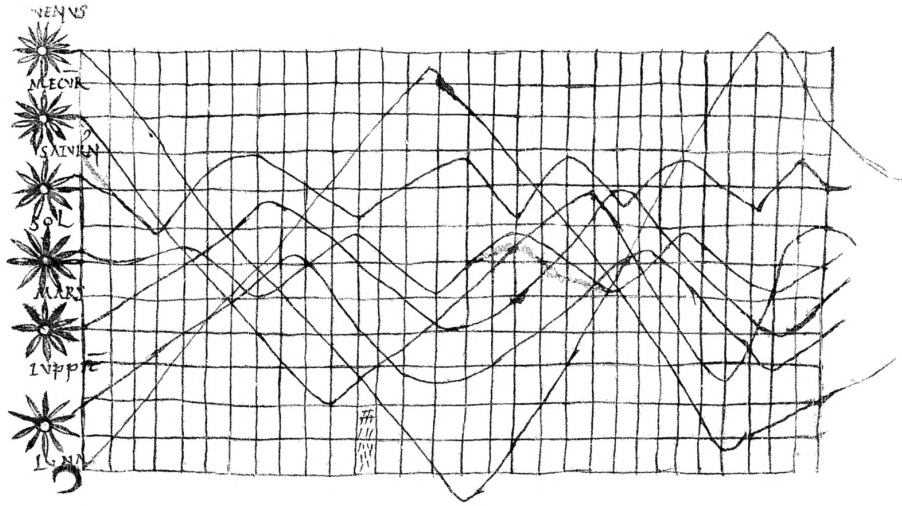


FIGURE 6 – Premier exemple de visualisation en deux dimensions. Le scribe a utilisé des lignes horizontales et verticales comme aide. Le résultat est une image similaire aux visualisations modernes qui apparaîtront beaucoup plus tard. L'image est tirée de [Wikimedia Commons](#).

étudiés. Dans le cas du mouvement des planètes, c'est leur latitude qui est comparée à différents moments, et dans les diagrammes à barres d'Oresme, c'est la vitesse d'un objet en mouvement. Dans les deux cas, la visualisation est un outil permettant d'enregistrer et de comparer des informations tout en tenant compte de leurs dépendances par rapport à d'autres variables.

Plus tard, Descartes a introduit le système de coordonnées au XVII^e siècle. Il a donné une structure formelle à la forme implicite utilisée par ces visualisations pour décrire les relations. Le système de coordonnées a d'abord été utilisé comme un outil pour représenter graphiquement des fonctions mathématiques décrivant les relations entre les variables concernant la fonction.

Vers la fin du XVIII^e siècle, William Playfair a été le premier à utiliser le système de coordonnées pour représenter des données empiriques. Il est généralement considéré comme le fondateur de la visualisation des données statistiques. De nombreuses formes que nous utilisons encore aujourd'hui, comme les diagrammes à barres contemporaine, les diagrammes linéaires ou les diagrammes circulaires, trouvent leur origine dans ses travaux. On trouve des exemples de ses visualisations dans les figures 8 et 9.

Comme décrit dans (WEAVER, 1991), pendant la période qui a suivi la révolution scientifique jusqu'au XIX^e siècle, les problèmes étudiés concernaient les relations entre quelques variables. À mesure que les phénomènes étudiés sont devenus plus complexes, les sciences ont commencé à s'intéresser aux relations entre un grand nombre de variables. Cette période est appelée la période de la complexité désorganisée. Au XX^e siècle, l'idée que ces variables étaient liées de manière complexe a émergé, inaugurant une ère de complexité organisée qui, selon Weaver, allait occuper les sciences pendant les cinquante années suivantes.

La visualisation ayant toujours servi les sciences comme moyen de produire ou

Nicholai bozen

Incipit perutilis tractatus de latitudinibus formarum
fmi Reuerendū doctore magrū Nicholaū Dozen.

camus vniformē. quāda in suis
tribus variatā quā vocamus dif

Incipiēs a nō gđm

Uia formarum
latitudines
multiplex variant
q̄ multiplices va
rietates difficilli
me discernunt: ni

Lati^{do} vni^m

Latitude dif^m

diffinis fin se to

on fin se totă vî

diffos^{ter} diffosmi

in cipiēs a nō gra

incipiens a certo

ffo2.icip.ano.80.ano.

1

100

nota diff²ter dif

三

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

[illegible]

¶ Primum caput.

Sequitur scda pars qnq. ut supradicta intelligatur ad sensum figurarum geometricarum offenditur. Et vt ad omne speciem latitudinis i punctis materiæ occurrat apparet: latitudines sunt ad figuras geometricas applicitur. Ita pbe diuiditur tria capitula: quorum p^o dñer diffinitiones. 2^a hypothesi. 3^a propositiones. Diuisiones vero expresse Euclidis pater. qd est figura plana vt curua. qd linea recta. qd curua. qd æqual^r rect^r. qd acutus. qd obtusus. Erest p^o diuisio q figurari quedã sunt angulares quedam non angulares. ¶ Figura angularis est illa que bñs angulos seu angulũ. ¶ Figura non angularis est illa que non habet angulos nec angulũ: vt circulus. ¶ Figura r̃ angulari quedas sunt monangulares et quedas pluriangulorũ. ¶ Figure monangule sunt monangulares sunt que bñt vnũ solũ angulũ et que

Incipiēs a nō gđm

Incip. et terit ad n g

difformiter difformi

A				
---	--	--	--	--

11

11111111

initionibus mebrozi

formis est illa que ite
um non seruat cande

nis extēsiue τ nō inter
tiance de distātia. et

ars: in qua vt suprad
lligantur ad sensum p

ur. 3ta ps dividitur p
nificationes: 2^m suppo

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY



agut
pedic

— — — — —

FIGURE 7 – Une page tirée de *Questio de Modalibus* (1505) contenant des diagrammes à barres de Nicole Oresme. L'image est tirée de [Wikimedia Commons](#).

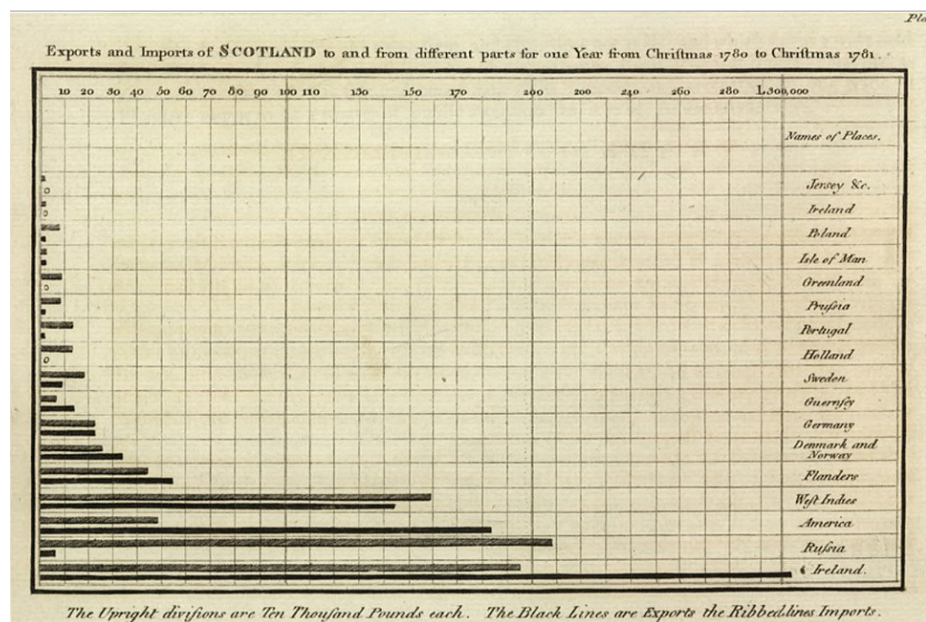


FIGURE 8 – Diagramme à barres illustrant les exportations et les importations de l'Écosse entre 1780 et 1781, tiré du livre de Playfair intitulé *The Commercial and Political Atlas : Representing, by Means of Stained Copper-plate Charts, the Progress of the Commerce, Revenues, Expenditure and Debts of England During the Whole of the Eighteenth Century* (1801). Image tirée de [Wikimedia Commons](#).

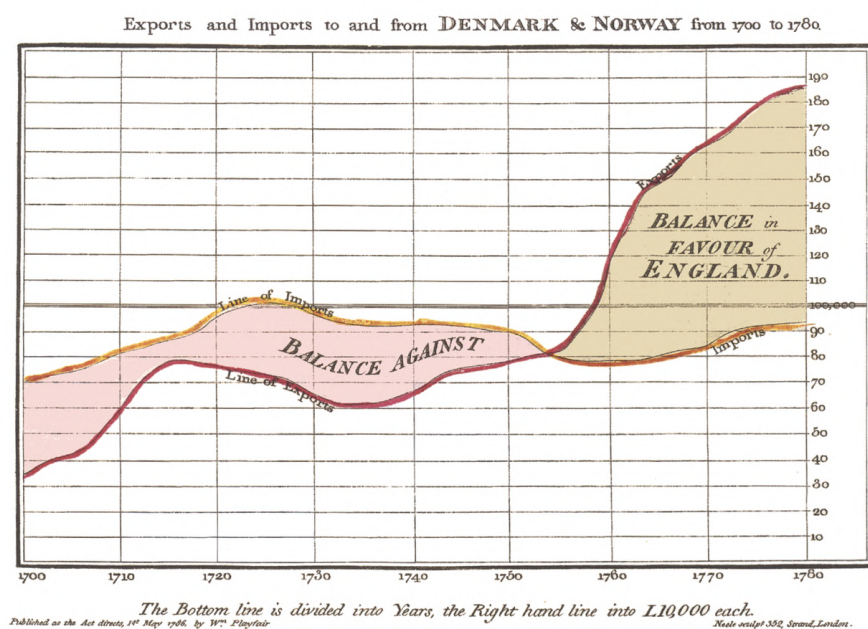


FIGURE 9 – Graphique des séries temporelles représentant les exportations et les importations vers et depuis le Danemark et la Norvège entre 1700 et 1780. Tout comme figure 8, ce graphique est tiré du livre *The Commercial and Political Atlas* (1801). L'image provient de [Wikimedia Commons](#).

de communiquer des connaissances, elle a également évolué pour s’adapter aux besoins liés à la complexité. Le système de coordonnées cartésiennes à deux dimensions représente une relation entre deux variables. Si nous dessinons un graphique en trois dimensions en ajoutant un troisième axe, nous pouvons représenter les relations entre trois variables. Les jeux de données actuels contiennent un nombre beaucoup plus important de variables, mais après la troisième variable, nous atteignons les limites de notre perception spatiale. Comment représenter le quatrième axe, le cinquième ou le dixième ? En plus du nombre de variables, le nombre de points de données a également augmenté de manière astronomique. Il est donc impossible d’afficher toutes les données en même temps. Même si nous disposions d’un système parfait capable de représenter et d’afficher toutes les données dans toutes les dimensions, nous, les humains, ne serions pas en mesure de traiter une telle quantité d’informations.

Par conséquent, l’étude des systèmes complexes a introduit le choix dans la pratique de la visualisation. Il est nécessaire de décider quelles données et quelles relations afficher. (MANOVICH, 2002) a inventé le terme “politique du correspondance” pour désigner les questions relatives au choix des informations à afficher, à qui fait ces choix et comment ils sont faits.

Parallèlement à l’augmentation quantitative, ce que nous considérons aujourd’hui comme des données est également beaucoup plus nuancé que de simples chiffres. Par exemple, les images numériques, les documents texte, les représentations 3D d’objets du monde réel peuvent tous être des points de données dans une visualisation. Contrairement aux chiffres, ces entités ont également leurs propres structures internes. Il est possible de déduire de nouvelles relations à partir du contenu des données. Cela crée des possibilités quasi infinies de relations entre les points de données. De plus, les structures déjà présentes imposent également des contraintes sur les choix que nous pouvons faire lors de la visualisation des données. Par exemple, l’affichage des relations sémantiques entre les bâtiments sur une carte verrouille la position spatiale des bâtiments à leur emplacement géographique, qui serait autrement un axe libre pour organiser les éléments.

La complexité des données contemporaines exige que nous, praticiens, soyons conscients de la manière dont nos choix graphiques se comportent par rapport aux données afin de naviguer correctement dans les choix liés à la politiques des correspondances et de faire en sorte que nos graphiques transmettent des informations pertinentes.

7 Générateurs de Connaissances

(DRUCKER, 2014) définit les générateurs de connaissances comme des formes graphiques qui prennent en charge le calcul combinatoire. Leur organisation spatiale peut être statique ou mobile, mais dans les deux cas, leurs caractéristiques permettent de combiner leurs composants de multiples façons afin d’obtenir de nouvelles perceptions. On trouve des exemples importants de générateurs de connaissances dans (GARDNER & MICHIE, 1982), tels que le diagramme de réseau pour le calcul propositionnel, développé par Gardner lui-même.

Les diagrammes de réseau ont pour objectif de valider la valeur de vérité d’une proposition. Il s’agit essentiellement d’une alternative graphique aux méthodes algébriques couramment utilisées. Le système fonctionne en traçant d’abord des lignes verticales, deux pour chaque variable de la proposition. La première ligne représente la valeur vraie pour la variable et la seconde la valeur fausse. Ces lignes sont ensuite reliées en

fonction de la relation entre les valeurs de vérité de chaque variable, de manière similaire à un tableau de vérité. Le réseau peut ensuite être utilisé en partant des lignes correspondant à l'état des variables, puis en suivant les chemins. Si les chemins ne mènent pas à une contradiction, la proposition affichée dans le diagramme est vraie, sinon elle est fausse pour cette combinaison de valeurs des variables. La figure 10 montre le diagramme d'une disjonction à titre d'exemple et explique comment l'utiliser. La méthode peut également être étendue à des propositions plus complexes en dessinant des graphiques pour déterminer les valeurs de vérité de A et B respectivement.

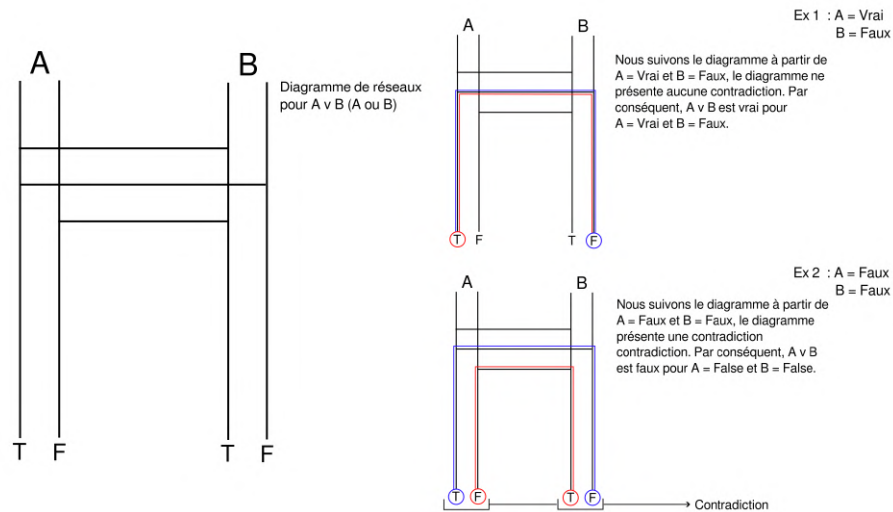


FIGURE 10 – La forme à gauche est le diagramme de réseau pour une disjonction entre A et B. L'exemple 1 montre le cas où A est vrai et B est faux. L'exemple 2 montre le cas où A et B sont tous deux faux, et la contradiction qui en résulte dans le diagramme.

La forme graphique résultant de cette méthode capture et représente essentiellement la valeur de vérité de la proposition. Le diagramme est également combinatoire, car les mêmes représentations peuvent être utilisées pour déterminer la valeur de vérité sous différentes combinaisons des variables d'entrée. Si nous connaissons les valeurs de vérité de A et B, le diagramme révélera toujours la valeur de vérité de la proposition.

Les formes traditionnelles de visualisation fonctionnent de manière assez similaire. Comme le montrent les exemples historiques de la section précédente, une visualisation est un outil qui met en relation graphique différentes informations. Cette relation est l'essence capturée par le graphique lorsque différentes données y sont représentées. Lorsque nous concevons des visualisations, nous concevons des ensembles de règles qui font ressortir graphiquement certains aspects des données. Les visualisations traditionnelles sont également des formes schématiques. On peut utiliser la même forme pour explorer de nombreuses relations. C'est précisément l'exploration combinatoire de ses éléments qui permet à une visualisation de générer de nouvelles connaissances.

Gardner consacre également une section à la vie de Ramon Lull et à ses volvelles présentes dans *Ars Magna*. Une volvelle est une construction en papier comportant des parties rotatives. Leurs cercles tournent pour révéler différentes combinaisons

d'éléments inscrits sur les cercles. La figure 11 montre une volvelle présente dans *Ars Magna*.

Mis à part le fanatisme religieux de Lull, les volvelles ont une valeur en tant qu'outils graphiques qui épuisent toutes les combinaisons possibles. Comme mentionné dans la section précédente, les jeux de données à haute dimension ne sont pas entièrement visualisables, ce qui rend nécessaire de faire des choix. Épuiser toutes les combinaisons permet de visualiser l'ensemble de données dans tous les choix. Cela donne un aperçu de l'ensemble imperceptible à travers des tranches perceptibles.

Cette idée prend forme dans la visualisation scientifique sous la forme de matrices de visualisation. Il s'agit d'une série de visualisations organisées sous forme de matrice épuisant toutes les combinaisons possibles des dimensions des données visualisées. La figure 13 représente une matrice de nuages de points. Chaque ligne et chaque colonne de la matrice représente une dimension unique des données. Chaque intersection est une visualisation qui trace les points de données en fonction des deux dimensions qui s'y croisent. La diagonale est l'intersection d'une dimension avec elle-même. Comme il n'y a pas de relation à établir dans les auto-intersections, la visualisation utilise cet axe pour montrer comment les points de données sont répartis le long de cette dimension.

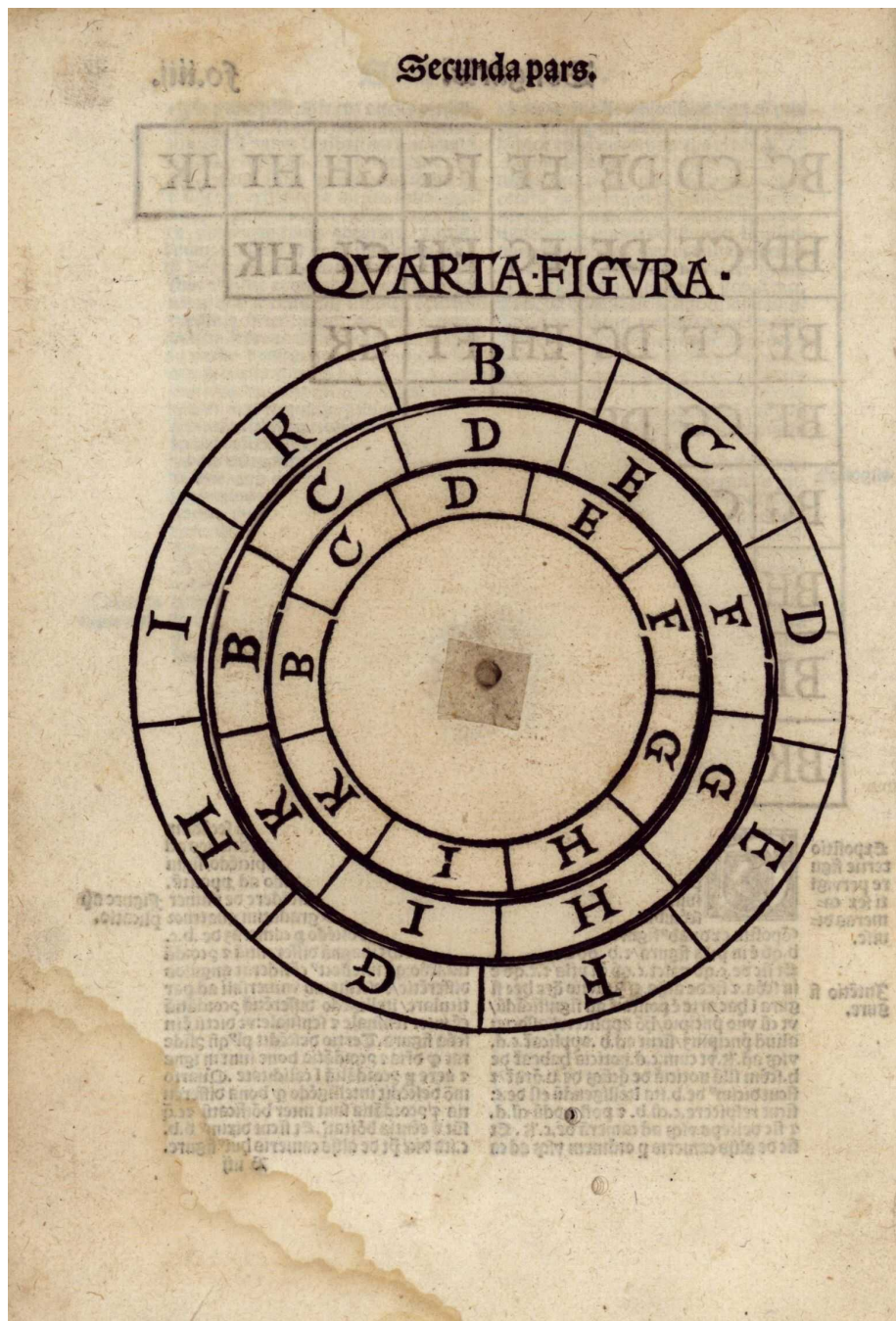


FIGURE 11 – Une photo montrant une volvelle présente dans une édition de 1517 de *l'Ars Magna Generalis et Ultima*. Tirée des [archives numériques de la ville de Besançon](#).

Principia Absoluta. Relata. Quoniam. Subiecta Virtutes Vitia

B	Bonitas	Dei	Num	Deus	Iustitia	Avaritia
C	Magnitudo	Concordia	Quid	Angelus	Prudentia	Gula
D	Extremitas	Contra	De quo	Coelum	Fortitudo	Luxuria
E	Potestas	Principium	Quare	Homo	Temperantia	Superbia
F	Sapientia	Medium	Quantum	Imaginem	Fides	Acidia
G	Voluntas	Finis	Quale	Sensitiva	Spes	Invidia
H	Virtus	Maiores	Quando	Vegetativa	Charitas	Ira
I	Veritas	Aequalitas	Ubi	Elementiva	Patientia	Mendacium
F	Gloria	Mimoritas	Quo et cum quo	Instrumentiva	Pietas	Incontinentia

FIGURE 12 – Une page de l'*Ars Magna Generalis et Ultima* montrant le tableau contenant les termes représentés par les lettres dans la volvelle présente dans la figure 11. L'image est tirée des [archives numériques de la ville de Besançon](#).

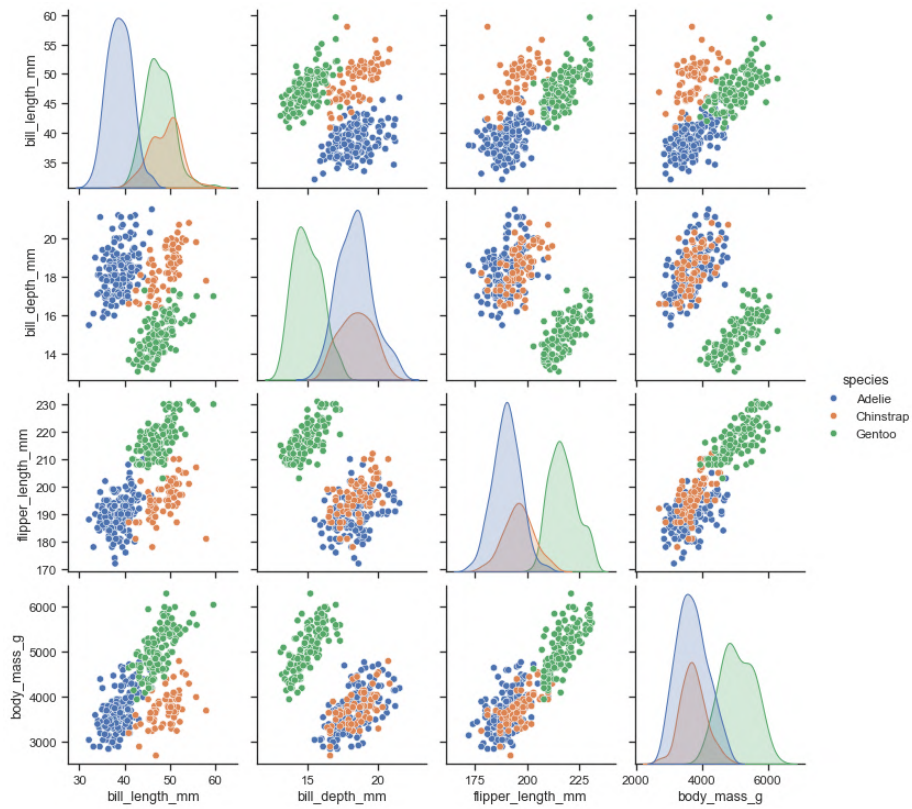


FIGURE 13 – Matrice de nuages de points présentant des données sur des espèces de manchots, réalisée à l’aide de la bibliothèque de visualisation *Seaborn*. L’image est issue des exemples présentés sur [le site web de Seaborn](#).

8 Application de l'Information

Le dernier élément à établir avant de se plonger dans l'analyse de la pratique artistique en tant que visualisation est la notion de l'application* de l'information. La visualisation est une mise en correspondance entre des données et une représentation visuelle. Jusqu'à présent, nous avons étudié ce processus en empruntant la terminologie de la théorie élémentaire des ensembles. Ces notions s'appliquent aussi bien aux fonctions mathématiques qu'à la visualisation. La différence essentielle réside dans le fait que les fonctions mathématiques représentent une transformation entre des domaines numériques ou conceptuelle, tandis que les visualisations établissent une correspondance entre un domaine numérique et un domaine visuel. Cette similitude soulève la question de savoir s'il est possible d'examiner la manière dont l'information est transformée indépendamment du type de domaine d'encodage dans lequel la transformation a lieu.

En ce sens, nous pouvons parler du processus de manière plus générale et définir l'application* de l'information comme l'acte de transformer des informations mesurées. Cette application peut passer d'un ensemble numérique à un autre ensemble numérique, ou, comme dans les visualisations traditionnelles, d'un ensemble numérique à un ensemble visuel. Elle peut également passer d'un ensemble numérique à un ensemble audio, comme dans le cas du son génératif, ou même d'un ensemble visuel à un autre ensemble visuel.

La notion de l'application* de l'information renforce encore la cohérence de la méthode d'analyse proposée par (ZIEMKIEWICZ & KOSARA, 2009). Lorsque l'on considère les deux comme une application* de l'information, il semble logique que les méthodes utilisées pour analyser les fonctions mathématiques s'adaptent au processus de visualisation.

De plus, cette généralisation clarifie la question concernant la visualisation de données déjà visuelles mentionnée par (KOSARA, 2007 ; LIMA, 2011 ; MANOVICH, 2020). Du point de vue de l'application de l'information, une visualisation qui visualise des images numériques n'est pas nécessairement une visualisation, mais une application d'information, tout comme une image numérique en soi. (LIMA, 2011) s'oppose à l'idée de considérer une image numérique comme une visualisation, car l'affichage de l'image ne fournit pas d'informations supplémentaires sur les valeurs des pixels de l'image. Nous soutenons que, dans le cas des applications* d'information, le gain d'informations n'est pas garanti, mais peut se produire en fonction de la manière dont l'application* est réalisée. Par conséquent, le rendu d'une image numérique sous forme d'application* d'information est un rendu purement bijectif de l'image qui ne génère pas de nouvelles informations sur les valeurs des pixels, mais révèle l'image imperceptible codée dans les valeurs.

Cette distinction est également pertinente d'un point de vue sémantique, car le terme visualisation implique que quelque chose devient visuel, ce qui n'est pas toujours le cas si on considère les applications d'information en général. En adoptant une perspective plus large sur la visualisation, nous pouvons considérer les œuvres artistiques comme des formes d'application* de l'information, même lorsque les éléments d'entrée ne sont pas numériques ou que les éléments de sortie ne sont pas visuels, ce qui ouvre la voie à notre analyse de la visualisation artistique.

9 Synthèse

Pour résumer, la visualisation est une application* d'information à partir de données quantitatives vers une forme visuelle. L'application d'information peut également exister entre d'autres ensembles. La manière dont l'information est appliquée peut être analysée en considérant l'information comme discrète et dénombrable dans chaque représentation, puis en considérant comment l'information est appliquée au l'ensemble d'arrivé par le biais de l'injectivité, de la surjectivité et de la bijectivité. Une dimension informationnelle fait référence à un axe auquel l'information peut être comparées.

La transmission d'informations à travers différentes représentations peut nous permettre de percevoir des aspects qui ne sont pas visibles dans la structure d'origine. Si l'application* établit des relations entre les informations qui n'existent pas dans la structure d'origine, elle génère de nouvelles dimensions informationnelles. Si l'application* est bijectif entre les ensembles de représentation, il préserve la structure de l'information et aucune perte d'information ne se produit pendant la transformation. Les transformations bijectives ne peuvent cependant pas générer de nouvelles dimensions informationnelles.

Si l'application* entre les ensembles n'est pas bijectif, soit certaines informations sont perdues, soit certaines informations présentes dans l'ensemble d'arrivé ne sont pas liées aux données. Les applications* qui perdent des informations peuvent être utiles s'ils sont utilisés à bon effet. Ils peuvent permettre de générer de nouvelles dimensions informationnelles, ou ils peuvent filtrer les informations pour concentrer la vue sur des éléments particuliers. Les visualisations peuvent être interactives et complexes, comportant de nombreuses applications, et peuvent contenir à la fois des transformations bijectives et non bijectives.

Les jeux de données contemporains peuvent être très dimensionnels. Les limites de l'espace graphique peuvent également entraîner une perte d'informations. Dans ce cas, il appartient au créateur de la visualisation de décider ce qu'il est important de montrer ou de développer des représentations graphiques qui épuisent au maximum les différentes combinaisons possibles.

10 Études de Cas

Dans cette dernière partie, nous appliquerons la vision développée sur l'application* de l'information pour examiner le comportement de l'information dans certaines visualisations expérimentales, et des œuvres d'art sélectionnées dont leurs méthodes de création peuvent apporter une valeur ajoutée à la pratique de la visualisation.

Lorsque nous interprétons les œuvres d'art comme des applications* de l'information, nous reconnaissons pleinement que ces pièces ont été réalisées dans un autre contexte et que les intentions qui ont présidé à leur création sont radicalement différentes de celles qui sous-tendent une visualisation. Cependant, nous voyons également l'intérêt de ce type d'interprétation détournée pour ouvrir de nouvelles voies dans la création de visualisations.

Un autre point important est que les informations représentées dans la plupart des œuvres d'art sont discutables en termes de validité scientifique, ce qui est normal puisqu'elles n'ont jamais été conçues comme des outils d'exploration de l'information. Nous faisons référence à ces œuvres afin d'évaluer la manière dont elles présentent l'information plutôt que le contenu précis de cette information. Notre objectif est

de pouvoir ensuite appliquer ces principes à différents contextes, tels que l'analyse scientifique.

10.1 Serial Project #1 (1966)

The aim of the artist would not be to instruct the viewer but to give him information. Whether the viewer understands this information is incidental to the artist; he cannot foresee the understanding of all his viewers. He would follow his predetermined premise to its conclusion avoiding subjectivity. Chance, taste, or unconsciously remembered forms would play no part in the outcome. The serial artist does not attempt to produce a beautiful or mysterious object but functions merely as a clerk cataloging the results of his premise. Sol LeWitt in (O'DOHERTY et al., 1967).

Le but de l'artiste n'est pas d'instruire le spectateur, mais de lui fournir des informations. Que le spectateur comprenne ou non ces informations n'a que peu d'importance pour l'artiste, qui ne peut prévoir la compréhension de tous ses spectateurs. Il suit son principe prédéterminé jusqu'à sa conclusion, en évitant toute subjectivité. Le hasard, le goût ou les formes inconsciemment mémorisées ne joueraient aucun rôle dans le résultat. L'artiste sériel ne cherche pas à produire un objet beau ou mystérieux, mais fonctionne simplement comme un commis cataloguant les résultats de son principe. Sol LeWitt dans (O'DOHERTY et al., 1967).

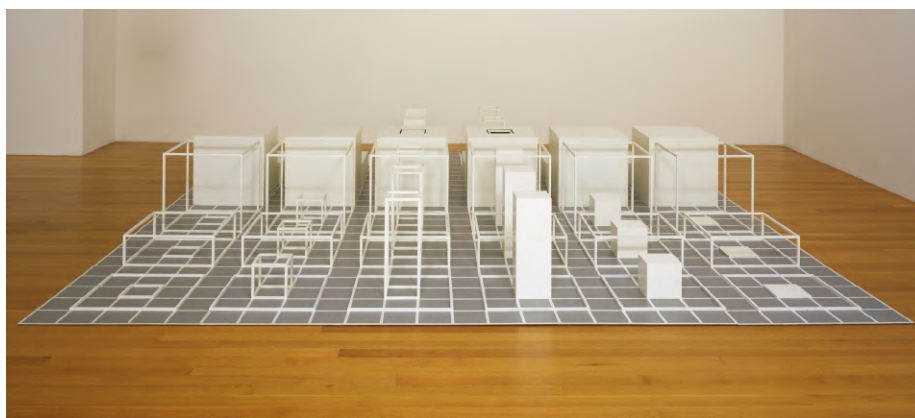


FIGURE 14 – Séries A, B, C et D du projet *Serial Project #1* assemblées ensemble. L'image est tirée du [site web du MoMa](#).

La première œuvre à considérer est *Serial Project #1* de Sol LeWitt, réalisée en 1966. Il s'agit du premier d'une longue série de projets de LeWitt, dans lesquels il explore systématiquement les combinaisons possibles d'une forme à l'intérieur d'une autre forme en deux et trois dimensions. Ouverte ou fermée, à l'intérieur ou à l'extérieur. Ces combinaisons possibles sont explorées dans des ensembles contenant chacun 9 formes.

(SACK, 2007) évoque l'œuvre de LeWitt pour montrer que l'art conceptuel s'inscrit dans une logique bureaucratique en utilisant des règles définies et la sérialité.

Cependant, il existe une autre lecture de l'œuvre de LeWitt à travers le prisme de l'application* de l'information.

Le travail de LeWitt peut être considéré comme une approche visant à atteindre la complétude par des moyens visuels. Chaque construction est un état possible déterminé par des règles. Ces états sont ensuite organisés en différents ensembles, qui sont ensuite assemblés. Le protocole choisi pour organiser chaque ensemble, à la même manière que les dimensions des données dans une visualisation, regroupe les états en fonction des caractéristiques mises en évidence par le protocole. Chaque état tire sa forme de l'épuisement des formes à l'intérieur de l'ensemble. Les ensembles eux-mêmes suivent la même méthodologie à un niveau de détail plus global en essayant d'épuiser les règles possibles qui peuvent déterminer un état. Par exemple, dans figure 14, les ensembles gauche et droit utilisent la même méthodologie, à la différence près que le cube intérieur est fermé ou ouvert.

En ce sens, le projet de LeWitt est comparable aux volvelles de Ramon Llull, qui codifiaient toutes les combinaisons possibles des attributs divins par une rotation systématique. De même, *Serial Project #1* cherche à codifier tous les états possibles générés par un ensemble fini de règles formelles, en tentant d'atteindre l'exhaustivité par l'énumération visuelle. La figure 15 montre une esquisse qui décrit le protocole et les mesures de la grille pour un ensemble du projet.

Comme le montrent, les nombreux exemples dans les sections précédentes, la réorganisation selon différents aspects de l'information dans la visualisation permet de faire émerger des nouvelles intuitions. La manière dont *Serial Project #1* explore les états du cube est similaire à une visualisation.

La recherche sur les formes visuelles est également un sujet de recherche valable, et le travail de LeWitt montre qu'une approche basée sur l'application* de l'information peut également bénéficier à ce type de pratique. Nous pouvons imaginer des œuvres d'art qui se ramifient de manière itérative vers différents choix alternatifs. LeWitt soutient que des formes plus complexes seraient trop distrayantes et que le carré et le cube sont suffisants et efficaces. L'approche d'application* de l'information s'applique bien sûr à toute exploration de toute forme, même si la complexité augmente rapidement à mesure que les formes deviennent plus complexes.

10.2 Homes for Sale (1999-2002)

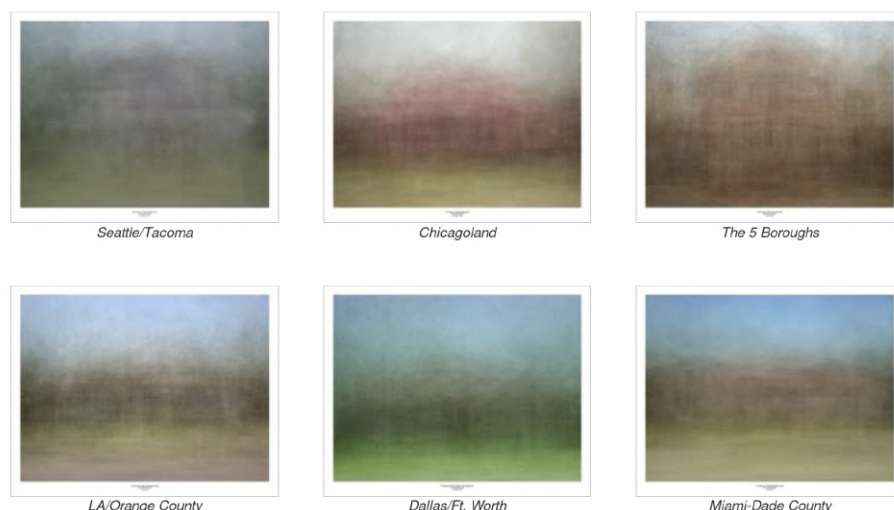


FIGURE 16 – Six versions de *Homes for Sale* utilisant des images de différentes villes. L'image est tirée du [site web de Jason Salavon](#).

Homes for Sale est un projet réalisé par Jason Salavon entre 1999 et 2002. Chaque image est produite en agrégeant des photographies de maisons à vendre dans une ville donnée, à travers une moyenne des valeurs par pixel. La figure 16 montre six versions du projet, chacune correspondant à une ville différente. En examinant le projet dans le cadre établi, nous pouvons considérer l'ensemble des images numériques l'ensemble de départ, tandis que le l'ensemble d'arrivée consiste en une seule image composite par ville.

(VIÉGAS & WATTENBERG, 2007) évalue *Homes for Sale* comme une œuvre qui montre les patterns inévitables de la vie quotidienne. Tout en reconnaissant également les distorsions intentionnelles causées par les choix de l'artiste dans l'œuvre. Grâce au cadre que nous avons développé, nous pouvons approfondir la manière dont l'œuvre transforme les informations présentes dans ces images. Cela nous permet de voir où l'œuvre fait émerger un nouveau sens des images et comment les qualités préservées des images lors de la transformation, améliorent l'interprétation.

L'application* passe d'un ensemble visuel à un ensemble visuel. Comme elle n'est pas injective, l'application* cause une perte d'information. Cependant, elle génère une nouvelle dimension informationnelle. Au lieu de relier des images individuelles d'habitations, les images résultant de l'application* relie la tendance centrale des images de maisons dans la ville.

L'information est statistique, mais la manière dont elle est représentée est interprétative. Par exemple, l'image de Seattle/Tacoma, présente dans la figure 16, est considérablement plus grise que les autres, et celle des 5 Boroughs est principalement brunâtre. Ces couleurs peuvent susciter des évocations personnelles à propos de chaque image qui ne sont pas nécessairement mesurables de manière objective. L'interprétation joue un rôle central au stade du décodage, car les observateurs projettent

leurs associations personnelles sur les images. Cela ne remet toutefois pas en cause le caractère informationnel de l'œuvre, car même si les images ne sont pas nécessairement mesurées de manière objective, de nouvelles relations sont systématiquement produites par le processus d'agrégation.

Nous ne prenons pas ici position sur la place de l'objectivité dans l'application* de l'information, mais comme mentionné dans la section travaux apparentés, cette notion est remise en question par des auteurs tels que (DRUCKER, 2014; VIÉGAS & WATTENBERG, 2007). Ce dernier encourage les visualisations à s'appuyer sur leur nature interprétative. Dans ce contexte, une approche telle que celle de Salavon peut produire des applications d'informations plus multifacettes mais imprécises qui peuvent être précieuses. En examinant le travail à travers le prisme de notre cadre, nous pouvons comprendre comment le travail traite les informations tout en reconnaissant que l'infomations peuvent avoir plusieurs interprétations.

10.3 Instagram Cities (2013)

Une autre utilisation des images numériques dans une application* de l'information est présentée dans (HOCHMAN & MANOVICH, 2013). *Instagram Cities* organise un large échantillon d'images publiées sur Instagram en une journée dans différentes villes. L'ensemble de départ est l'ensemble de toutes les images échantillonnées et l'ensemble d'arrivée est l'organisation graphique de ces images en fonction de différentes dimensions présentes dans les données.

La figure 17 montre l'une des applications* d'information réalisées, où les images sont représentées en fonction de leur teinte moyenne le long du rayon et à un angle correspondant à l'horodatage de l'image selon les métadonnées Instagram. L'image révèle rapidement que les variations de couleur sont assez standard à différentes heures de la journée, mais qu'il y a périodiquement des moments où presque aucune image n'est publiée. Il est possible de dériver beaucoup plus de dimensions à partir d'images numériques. Le projet tente d'être exhaustif en représentant également d'autres dimensions, telles que la luminosité moyenne en fonction de l'heure de la journée ou la luminosité moyenne en fonction de la teinte moyenne, de manière assez similaire à une matrice de visualisation. Bien que nous n'abordions pas toutes les visualisations du projet, nous encourageons le lecteur à consulter (HOCHMAN & MANOVICH, 2013).

Un autre aspect intéressant de l'application* est la manière dont elle traite la perte d'informations lors de l'agrégation. La dimension informationnelle de la teinte moyenne est obtenue en agrégeant les valeurs des pixels. Elle est non-injective et entraîne une perte d'informations. À la manière de *Homes for Sale* de Jason Salavon, l'agrégation accumule les contributions individuelles pour faire émerger une caractéristique qui décrit la tendance centrale parmi les éléments agrégés. Nous perdons les informations des pixels individuels, mais obtenons une valeur qui décrit globalement la manière dont les pixels sont répartis dans l'image. (HOCHMAN & MANOVICH, 2013) compensent cette perte d'informations en utilisant les valeurs agrégées comme coordonnées pour tracer les images originales. Cela permet de réintroduire efficacement dans la visualisation les informations perdues lors de l'agrégation.

(MANOVICH, 2020) définit la visualisation des médias comme la visualisation des médias numériques tels qu'ils sont. Cela évite d'avoir à utiliser différents signes pour représenter quelque chose qui est déjà numérique et préserve les qualités sémantiques des médias visualisés. Cette méthode est réalisée grâce à une séparation entre le tracé des médias et les opérations qui font émerger de nouvelles dimensions informationnelles.

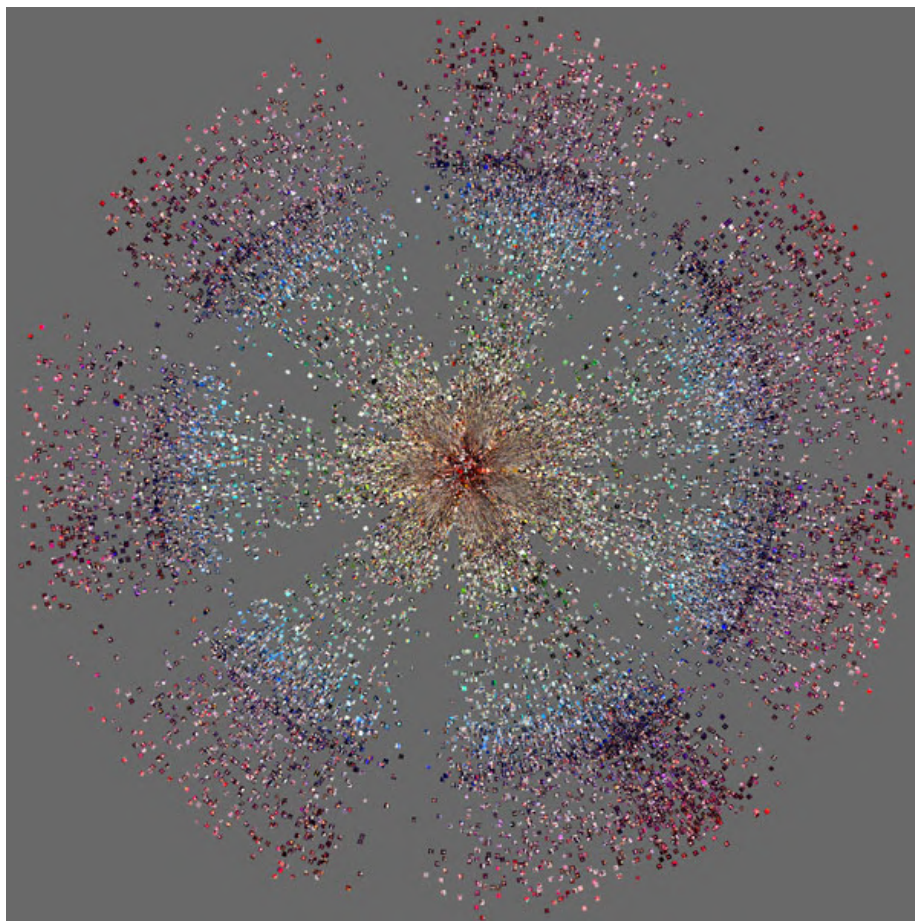


FIGURE 17 – Graphique représentant 33,292 photos mises en ligne sur Instagram entre le 20 et le 26 avril 2012. Les photos sont organisées sur le rayon selon leur teinte et selon leur heure de mise en ligne sur le périmètre. Le graphique montre également les périodes de la semaine pendant lesquelles presque aucune photo n'est mise en ligne, ces périodes correspondant aux heures nocturnes. Le graphique est tiré de (HOCHMAN & MANOVICH, [2013](#)).

Un autre point de discussion concernant *Instagram Cities* est le filtrage des images tracées en fonction des différents filtres Instagram utilisés sur l'image. Il s'agit d'un simple cas de filtrage des données en fonction d'un paramètre, qui dans ce cas est le filtre Instagram appliqué à l'image. Comme pour le découpage des sections sur le cube des matrices, il s'agit d'application avec une perte intentionnel, réalisé afin de mettre en évidence certains points de données.

Comme le montre la figure 18, cette opération bénéficie également du tracé d'images réelles. Cela permet à l'application* d'afficher également les qualités visuelles des images affectées par le filtre.

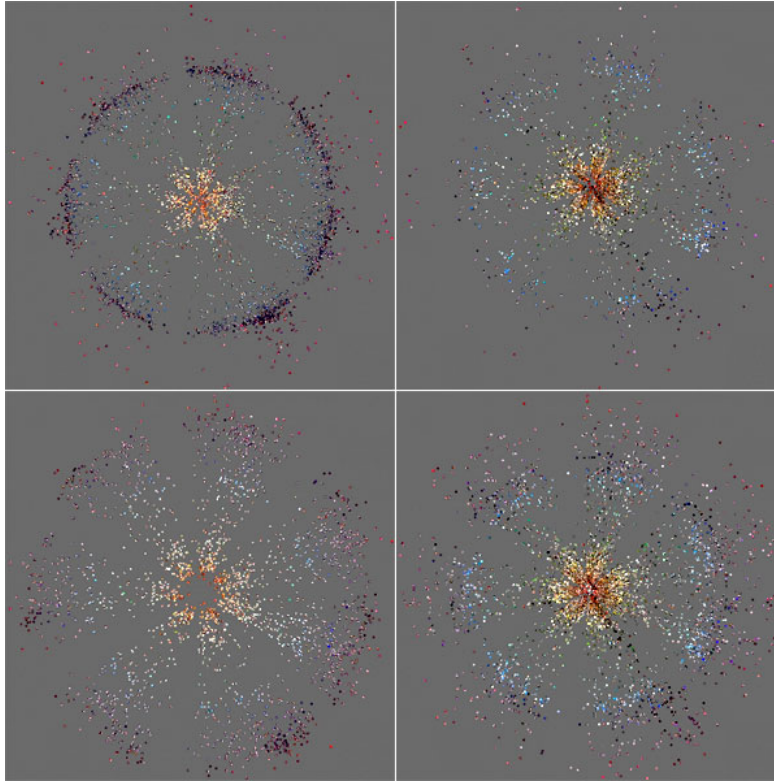


FIGURE 18 – Quatre versions du graphique de l'image de la figure 17, chacune filtrée selon des filtres Instagram particuliers. La figure est tirée de (HOCHMAN & MANOVICH, 2013).

Dans sa globalité, le projet *Instagram Cities* consiste en une série de nuages de points enrichis par la récupération et l'affichage d'informations qui auraient normalement été perdues lors de l'étape d'agrégation. On pourrait également imaginer une version alternative de ce travail dans laquelle les images seraient remplacées par des points tracés à leurs positions respectives. Une telle visualisation transmettrait nettement moins d'informations.

10.4 The Organ (2018)



FIGURE 19 – Une photo représentant une personne interagissant avec l'œuvre d'art, *The Organ*. La photo est tirée du [site web de l'exposition Le Monde Selon l'IA](#) qui s'est tenue au Jeu de Paume.

The Organ de Christian Marclay, malgré avoir été réalisé dans un contexte très différent, applique* l'information de manière assez similaire à Instagram Cities. L'œuvre d'art, illustrée à la figure 19, est présentée dans une pièce sombre avec un seul instrument à clavier. Des vidéos échantillonnées à partir de Snapchat sont associées à la touche correspondant à la tonalité de la vidéo. Les personnes qui interagissent avec l'œuvre peuvent jouer à l'aide du clavier et, au lieu des notes normales, une sélection aléatoire de clips provenant de l'ensemble de données correspondant à la tonalité de la touche s'affiche sur la surface projetée.

L'application* passe d'un ensemble visuel et audio à un autre ensemble visuel et audio. De la même manière que dans Instagram Cities, les informations perdues lors de l'agrégation, nécessaires au calcul de la tonalité de la vidéo, sont réintroduites dans l'affichage. Le clavier est utilisé pour filtrer les informations en fonction des touches, tout comme les filtres Instagram, mais dans ce projet, le clavier ajoute également une couche interactive et devient une sorte d'interface. L'œuvre met en relation les vidéos en termes de tonalité à l'aide du clavier. Cet ajout d'une entrée interactive permet de réorganiser dynamiquement les vidéos en fonction de la mélodie jouée sur le clavier. Tout comme les diagrammes de réseau de Gardner ou les volvelles de Lull, *The Organ* peut faire émerger des relations dépendantes de l'entrée.

10.5 Atlas Mnemosyne (1921-1929)



FIGURE 20 – *L'Atlas Mnemosyne* à la bibliothèque Warburg. L'image est tirée du [podcast *l'Atlas Mnemosyne d'Aby Warburg, La mémoire des images*](#) de France Culture.

La réorganisation des images selon différentes dimensions informationnelles existait avant les outils informatiques. *L'Atlas Mnemosyne* d'Aby Warburg est un projet de recherche visuelle composé de grands panneaux noirs sur lesquels Warburg a assemblé et juxtaposé des reproductions d'œuvres d'art, des photographies, des diagrammes et des images quotidiennes tirées de l'histoire culturelle occidentale. Chaque panneau correspond à un thème particulier.

Le projet consiste essentiellement de l'application* d'une collection d'images sur une série de plans. Dans *The Organ* et *Instagram Cities*, les images sont organisées selon des dimensions obtenues à partir des images à l'échelle informatique. Warburg a choisi ses dimensions après une lecture attentive des images. Dans les trois œuvres, de nouvelles perspectives émergent grâce aux relations établies entre les éléments par l'application*. La figure 21 montre un exemple de panneau tiré de *l'Atlas Mnemosyne*, et la figure 22 montre la légende des images trouvées dans l'exemple.

Sur chaque panneau, les images sont organisées en fonction de leurs relations iconographiques. Le spectateur est laissé libre d'explorer les œuvres présentées de manière non linéaire, en suivant les qualités sémantiques présentes dans les images elles-mêmes. Le contenu des images qui informe l'application* est comparable à la manière dont le contenu est organisé à l'aide de caractéristiques extraites par ordinateur dans des projets tels que *Instagram Cities*, ou à la manière dont les qualités sémantiques sont articulées en tant que connaissances interprétatives dans *Homes for Sale*.

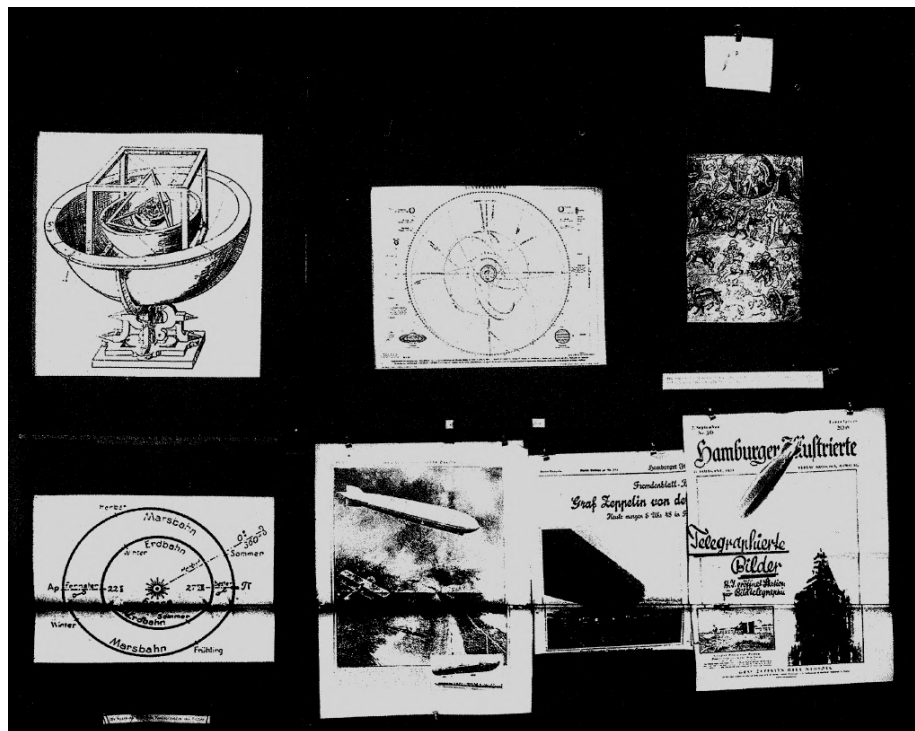


FIGURE 21 – Photo du panneau C de *l'Atlas Mnemosyne* illustrant le thème “Évolution de la représentation de Mars. Rupture avec la conception anthropomorphiste : image, système harmonique et signe”. La photo est tirée de (*L’atlas Mnemosyne*, 2019).

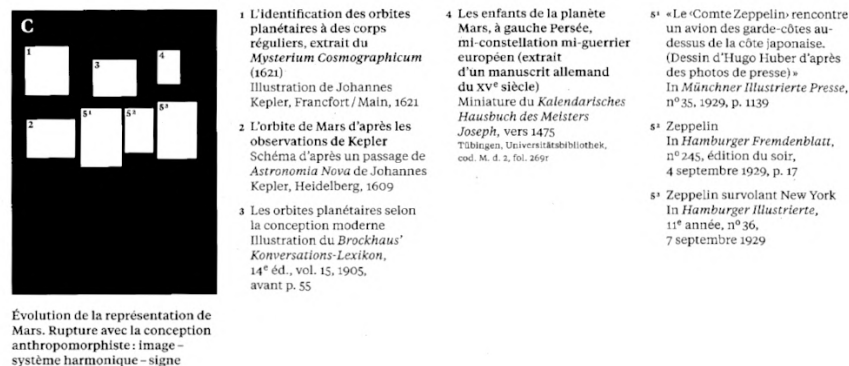


FIGURE 22 – Légende décrivant les images présentes dans la figure 21. La légende est tirée de (*L'atlas Mnemosyne*, 2019).

10.6 Collage et Googlegrams (2005)

La réorganisation des informations contenues dans les images peut également s'opérer au niveau des fragments d'images. En ce sens, la pratique artistique du collage peut être comprise comme une forme d'application* de l'information, où l'ensemble d'images original constitue l'ensemble de départ et la composition finale représente l'ensemble d'arrivé. La figure 23 est un exemple de collage.

Bien que le collage puisse être considéré comme une application* d'information, il produit rarement de nouvelles perspectives sur les images originales elles-mêmes. Cette absence de perspective n'est pas une limitation, mais une conséquence de l'intention artistique. Le collage s'intéresse généralement à la signification symbolique, expressive ou associative plutôt qu'à la compréhension analytique. Cependant, examiner pourquoi cette perspective est généralement absente et dans quelles conditions elle pourrait émerger nous permet de reconsidérer le collage comme un outil potentiel pour la génération d'informations.

Le processus d'extraction d'éléments à partir d'images existantes est intrinsèquement source de pertes. Dans le cas d'un collage, la sélection est principalement guidée par le rôle symbolique ou iconographique qu'un fragment joue dans la composition finale, plutôt que par sa signification dans son contexte d'origine. En conséquence, la relation entre un fragment et son image source est largement rompue. Le collage final fonctionne donc principalement comme une organisation d'éléments sélectionnés, plutôt que comme une représentation des sources originales.

À cet regard, un collage peut être considéré comme une sorte d'atlas Mnemosyne miniature composé de fragments d'images. Pour que l'image obtenue transmette un sens lié à ses sources, les fragments sélectionnés doivent conserver une signification



FIGURE 23 – *Cut with the Kitchen Knife Dada Through the Last Weimar Beer-Belly Cultural Epoch in Germany* (1919) est un collage réalisé par Hannah Höch. L'œuvre est créée en découpant des publications et en collant des morceaux sur un support afin de créer de nouvelles significations sous forme de critique sociale. L'image est tirée de [Wikimedia Commons](#).

au-delà de leur valeur iconographique isolée. Ils doivent également coder certains aspects de leur contexte d'origine, afin que la cartographie préserve les relations entre le matériel source et la composition finale. Comme on l'a vu dans les œuvres analysées précédemment, ce type de codage apparaît lorsque l'on calcule la moyenne des valeurs de pixels de l'image. Le calcul de la moyenne accumule les contributions de chaque pixel de manière égale, réduisant l'image entière à une seule valeur représentative de l'ensemble. En revanche, le fait de découper une partie d'une image permet d'obtenir une sélection et d'écarter le reste.

Googlegrams de Joan Fontcuberta utilisent la dimension informationnelle émergente issue de l'analyse computationnelle des images pour créer des collages. Chaque image est composée d'images Google sélectionnées en fonction d'un thème, puis organisées selon leurs valeurs tonales afin de former une autre image évocatrice du thème.



FIGURE 24 – Image d'un *Googlegram* réalisée par Joan Fontcuberta. L'image est tirée du [site web de la Biennale de Göteborg 2013](#) décrivant les œuvres de Fontcuberta.

Dans le cas des *Googlegrams*, l'élément d'organisation choisi est lié à l'image source originale, par conséquent, l'image obtenue à travers l'application* a également une signification pour chaque image individuelle. Cependant, les *Googlegrams* présentent une différence notable par rapport aux collages traditionnels. Les images qui composent les *Googlegrams* sont des images entières et non des fragments sélectionnés, et la dimension utilisée pour organiser les images n'est pas iconique en soi, mais numérique. Cette distinction soulève la question de comment sélectionner des fragments iconographiques de manière à ce qu'ils restent significatifs par rapport à l'image source, et comment ces

fragments pourraient être utilisés pour générer des informations sur les médias visuels à un niveau moins granulaire que les pixels individuels, mais plus que l'image dans son ensemble.

10.7 Valance (1999) et On the Origin of Species (2009)

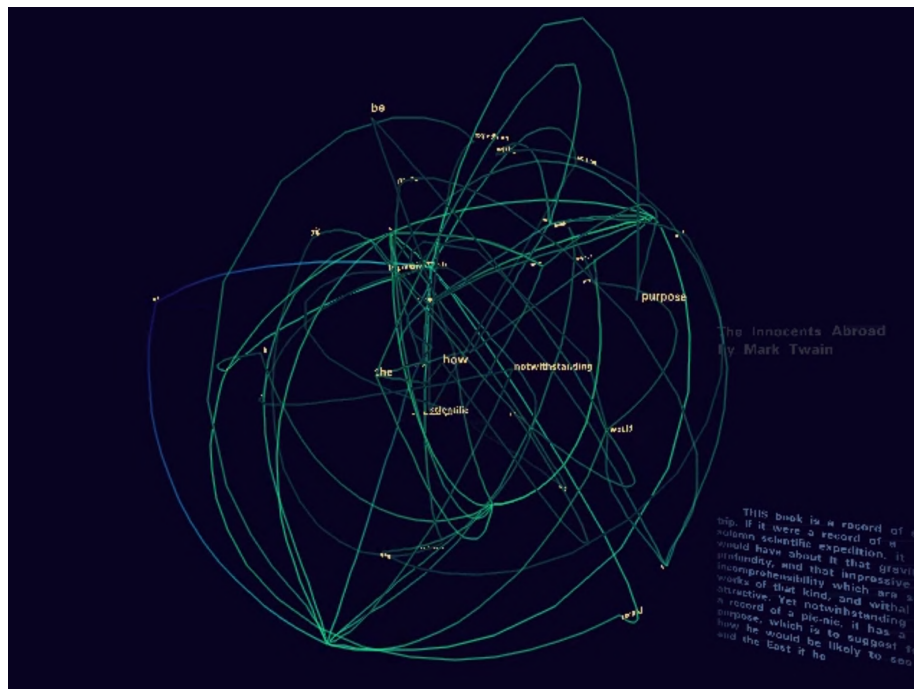


FIGURE 25 – *Valance* visualisant un texte de Mark Twain. L'image est une capture d'écran tirée du film de *Valance* présent sur [le site web de Valance](#).

Le travail de visualisation de Ben Fry s'articule autour des principes qu'il a établis dans (FRY, 1997). La visualisation organique est définie comme une visualisation qui utilise un comportement de simulation où les règles des agents sont conçues pour interpréter et se comporter en fonction d'un flux de données. *Valance* est l'un des premiers travaux qu'il a réalisés pour illustrer ce concept. Le projet est destiné à être utilisé avec des données évoluant dans le temps et (FRY, 1997) donne comme exemples d'utilisation potentielle l'analyse économique, la génomique, le traitement audio, la théorie des jeux et l'architecture logicielle. *Valance* a été mis en œuvre à deux reprises, une fois pour des textes littéraires et une fois pour des données génomiques. Nous nous concentrerons sur le premier cas, illustré à la figure 25.

Comme l'illustre la figure 26, lors de la visualisation, le texte saisi subit deux transformations, similaires à l'exemple d'agrégation donné dans la section 5.2. La première transformation est effectuée par le moteur de prétraitement qui prend les données textuelles au fil du temps et les structure pour la visualisation, la seconde est la transformation qui prend les données traitées et produit le visuel. La deuxième transformation

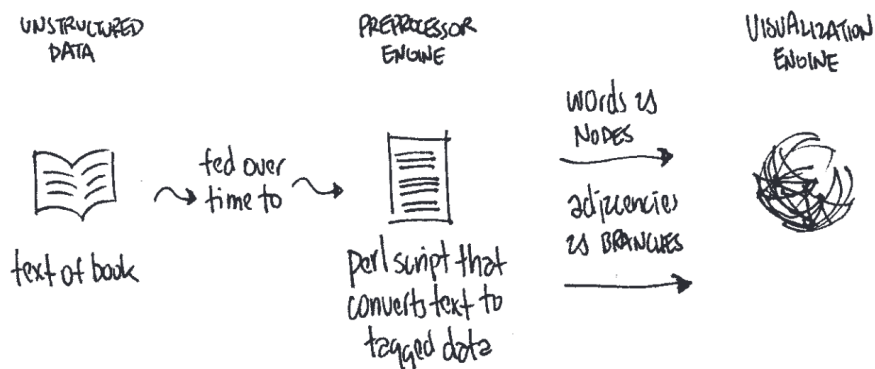


FIGURE 26 – Une illustration du fonctionnement de *Valence*, tirée de (FRY, 1997).

est une correspondance biunivoque des données traitées qui conserve les informations. Le moteur de prétraitement, en revanche, est perdant. Il saisit le texte, puis génère des mots en conservant uniquement les adjacences et la fréquence d'apparition du mot. Ce sont les deux dimensions affichées dans la visualisation finale.

Le problème avec la version texte de *Valence* est que les dimensions choisies pour la visualisation n'ont pas beaucoup de sens sémantique par rapport aux données visualisées. Même si un document texte est considéré comme une donnée non-structurée d'un point de vue informatique, la structure du texte a un sens que nous comprenons lorsque nous le lisons. Les choix de visualisation effectués dans *Valence* perturbent cette structure afin de mettre en évidence la dimension de la fréquence d'apparition des mots individuels et leurs adjacences globales. Ces deux dimensions émergentes n'ont pas beaucoup de sens par rapport au contenu textuel visualisé, ni à la façon dont nous interprétons le sens au fil du temps lorsque nous lisons le texte. Par conséquent, *Valence* ne parvient pas à faire émerger de nouvelles informations significatives. Cette situation est la conséquence du fait que *Valence* est une visualisation construite en tenant compte d'abord de la méthode de l'application*, puis du jeu de données, ce qui est mis en évidence par les tests effectués par Fry sur *Valence* avec plusieurs jeux de données. Cette situation souligne l'importance du point (LUPI, 2017) soulevé dans son manifeste sur l'individualisation des visualisations par rapport aux jeux de données.

Les travaux postérieurs de Fry montrent que lorsque les dimensions visualisées s'alignent sur la structure inhérente à jeu de données, la visualisation organique peut produire des informations significatives. Le projet présenté dans la figure 27 : *On the Origin of Species, The Preservation of favoured Traces*, visualise les changements apportés au texte de Darwin au fil des différentes éditions en partant du début du texte pour chaque édition et en mettant en évidence les changements en temps réel avec une couleur correspondant à chaque édition. Cette fois-ci, au lieu d'alimenter le système avec les mots d'un seul texte, la visualisation intègre différentes versions du même texte au fil du temps. Dans ce contexte, une visualisation évoluant dans le temps est pertinente pour le jeu de données. Cela permette une interprétation facile de la visualisation.

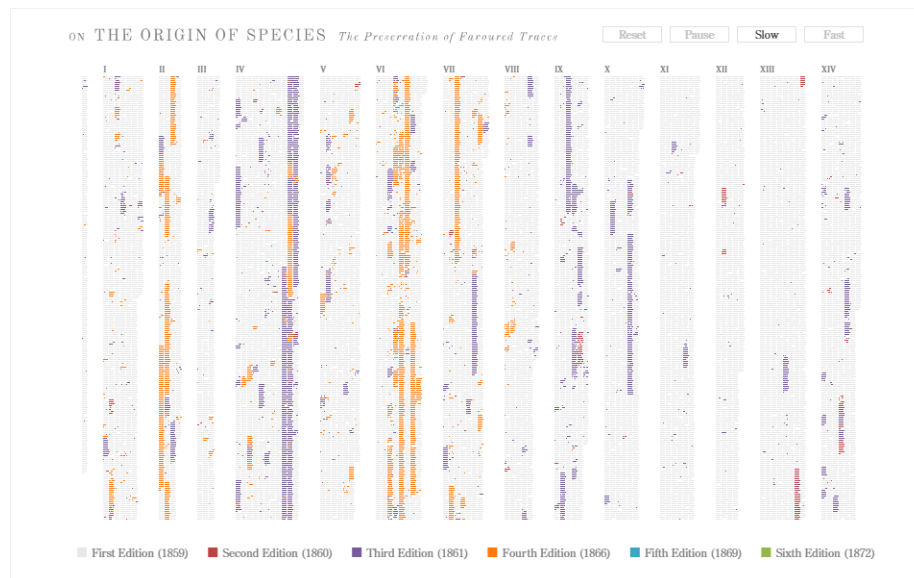


FIGURE 27 – Capture d’écran tirée du site web présentant *On the Origin of Species, The Preservation of favoured Traces*.

Finalement, comme *On the Origin of Species* conserve le texte intact, il est possible de lire les sections modifiées directement sur la visualisation. Comme l’a noté (MANOVICH, 2020), la visualisation des objets de média de cette manière permet de préserver des informations sémantiques supplémentaires. C’est également un thème commun à tous les travaux étudiés qui visualisent des images existantes. Ils utilisent soit des images directement, comme *The Organ*, soit conservent partiellement les informations pendant la transformation, comme *Homes for Sale*. *Valance* détruit complètement la structure du texte original en séparant les mots individuels.

10.8 One Million Years (1999)

Notre dernière étude de cas concerne *One Million Years* d’On Kawara. L’œuvre se compose de deux volumes de 2 000 pages chacun. Chaque page d’un volume contient 500 dates. La figure 28 montre un seul volume de *One Million Years*. En plus des volumes, des performances sont organisées, au cours desquelles un homme et une femme lisent les livres date par date. Ces performances peuvent être considérées comme des applications* d’information allant du livre à la performance, où les mots sont lus un par un. Une photo documentant l’une de ces performances est présentée dans la figure 29.

L’application* est une application* purement bijectif qui ne génère pas de nouvelle dimension informationnelle, mais qui nous permet de mieux percevoir la temporalité présente dans le jeu de données.

En termes des ensembles d’application*, *One Million Years* est peut-être l’étude de cas qui se rapproche le plus d’une visualisation traditionnelle. Dans la plupart des exemples précédents, les objets appliqués* avaient déjà une forme, soit textuelle,

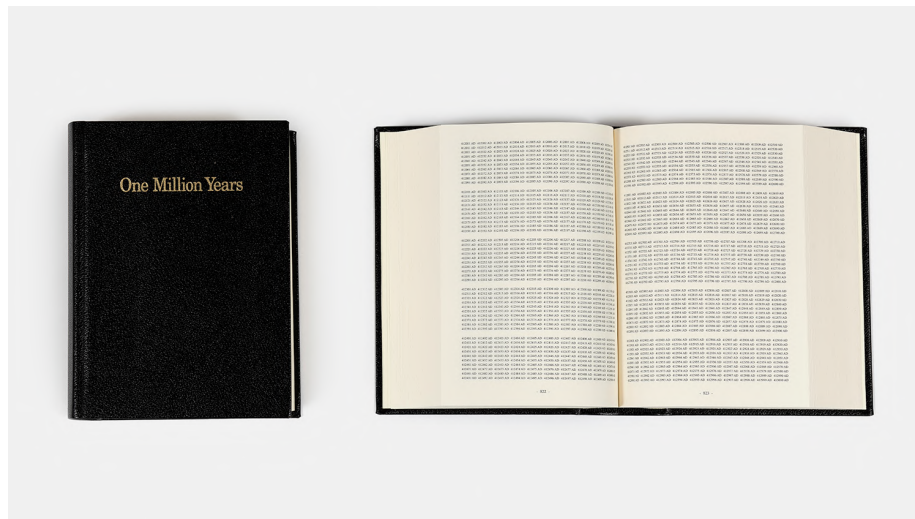


FIGURE 28 – L'un des 500 exemplaires numérotés de *One Million Years*. Publié par les Éditions Micheline Szwajcer & Michèle Didier en 1999. L'image est tirée du [site web de Michèle Didier](#).

soit visuelle. *One Million Years*, en revanche, transforme les informations purement numériques codées dans un livre. *Homes for Sale*, *Instagram Cities*, *The Organ* et *Googlegrams* préservent les qualités interprétatives des informations appliquée*, tandis que dans *One Million Years*, l'interprétation n'est pas intégrée dans les données, mais émerge à travers l'application*. Ce travail est donc un exemple intéressant de la manière dont nous pouvons utiliser le même type de représentation interprétative que celui utilisé dans les visualisations de médias pour des données purement numériques.



FIGURE 29 – Une photo d’une lecture réalisée à Tai Kwun Contemporary en 2025, photographiée par Kitmin Lee et tirée des [event archive of Bourse de Commerce Collection Pinault](#).

11 Discussions

Extraire visuellement du sens à partir de données n'est pas une simple tâche de visualisation, mais un processus de réorganisation de l'information par des moyens visuels. En conceptualisant le processus de visualisation sous forme d'application* d'information et en utilisant un langage fonctionnel pour discuter du comportement de la transformation, nous disposons d'un moyen raisonnable de mesurer l'impact de nos transformations sur le contenu informationnel.

Les jeux de données multidimensionnels actuels sont complexes et nécessitent une réflexion approfondie sur la manière d'afficher les données et sur les dimensions à afficher. Une autre approche consiste à afficher toutes les combinaisons possibles de dimensions quand cela est possible. Sol LeWitt utilise une approche exhaustive similaire dans ses créations artistiques.

Atlas Mnemosyne démontre comment, grâce à la réorganisation des images selon différents aspects, nous pouvons obtenir de nouvelles perceptions. *Instagram Cities* et *The Organ* font de même, mais par des moyens informatiques plutôt que par une lecture attentive. Ils soulignent également l'importance de préserver les informations perdues lors de la génération de nouvelles dimensions informationnelles. Le moyen d'interaction choisi dans *The Organ* offre un moyen supplémentaire d'association interactive. Au lieu de générer des images statiques, le filtrage tient compte de la façon dont le spectateur utilise le clavier. Les images affichées apparaissent en fonction de leurs propriétés associées à la mélodie jouée sur le clavier, comme les images Google échantillonnées qui reconstruisent d'autres images dans *Googlegrams*. La pratique du collage peut également être considérée comme une application* d'information. Cependant, dans la plupart des cas, les éléments sont choisis en raison de leur signification iconographique individuelle plutôt que pour leur représentation de l'ensemble. Dans les exemples de visualisation des médias, les images sont organisées selon des valeurs qui codifient la signification globale liée aux médias. Comme observé dans *Valance*, si les dimensions extraites ne sont pas sémantiquement pertinentes par rapport aux informations appliquées, l'application peut ne pas générer d'informations significatives. *Homes for Sale* illustre le fait que la préservation des qualités visuelles à travers des opérations statistiques peut préserver les qualités interprétatives de l'image originale tout en produisant des résultats statistiquement significatifs. L'application* des informations peut également faire émerger une dimension interprétative qui capture mieux l'essence des données, même si celle-ci n'est pas explicitement présente dans la représentation originale. *One Million Years of On* Kawara illustre ce point en réintroduisant le passage du temps lorsque les dates enregistrées dans le livre sont lues une par une.

Une limite de notre approche est qu'elle ne tient pas compte de l'interprétation de la personne qui regarde la visualisation. Comme indiqué précédemment, cela peut être un avantage, car cela permet de situer l'émergence de nouvelles dimensions informationnelles qui sont elles-mêmes ouvertes à l'interprétation. D'un autre côté, cela ne garantit pas la compréhension des informations appliquées*. Par conséquent, le cadre existe au niveau de l'intention, en tant qu'outil permettant au praticien de mieux transformer les informations, mais l'interprétation de la nouvelle représentation dépend en fin de compte du visionneur. C'est pourquoi ce cadre n'est pas destiné à remplacer la théorie existante, mais à la compléter afin de mieux articuler certains aspects des applications d'informations d'une manière indépendante du domaine.

Avant d'aborder les études de cas, nous avons mentionné que même si les œuvres d'art existantes n'étaient pas des visualisations scientifiques, les principes observés lors de la lecture d'œuvres d'art en tant que visualisations pouvaient s'appliquer aux

visualisations scientifiques. On en trouve déjà un exemple dans les similitudes entre *The Organ* et *Instagram Cities*. Alors que *The Organ* est purement conçu comme une expérience artistique et *Instagram Cities* comme un outil de recherche, la manière dont les représentations traitent l'information est assez similaire.

À l'avenir, nous pensons que les travaux théoriques réalisés ici pourront servir de base à la construction de visualisations dont les applications seront plus intentionnelles. La compréhension de la pratique artistique en tant que visualisation peut servir de point de départ pour envisager de nouvelles représentations interprétatives des données numériques.

12 Conclusion

Ce mémoire a eu pour objectif d'examiner la visualisation comme un processus de l'application* de l'information, afin d'évaluer ensemble la visualisation scientifique et la pratique artistique. Pour atteindre cet objectif, nous nous sommes appuyés sur la formalisation développée par (ZIEMKIEWICZ & KOSARA, 2009) en approfondissant la manière dont les transformations affectent les informations qui sont appliquées, ainsi que les effets de la perte d'informations. Ce cadre nous fournit un langage formel pour parler de la manière dont la représentation restructure les informations. Nous avons ensuite utilisé le cadre développé pour examiner des visualisations expérimentales et une sélection d'œuvres d'art. Cette approche a permis de mieux comprendre comment certaines visualisations préservent les qualités interprétatives présentes dans l'ensemble de données ou font émerger une interprétation grâce à la transformation en nouvelles représentations.

Le cadre proposé ne vise pas à mesurer la manière dont l'information est interprétée, mais à fournir un langage permettant de décrire comment elle est transformée lorsqu'elle change de structure. (VICKERS et al., 2013) propose une autre formalisation utilisant la théorie des catégories. Leur approche est similaire dans son essence à celle de (ZIEMKIEWICZ & KOSARA, 2009), mais ils vont au-delà de la transformation des données entre les représentations en essayant d'établir comment l'information est interprétée, et le système est mesuré sous forme d'applications. En continuant notre travail, la prise en compte de leur approche pourrait apporter un éclairage supplémentaire sur la manière dont la pratique artistique transforme l'information.

Les données et les images sont toutes deux des encodages d'informations. Les médias numériques nous permettent de considérer les données comme des images et les images comme des données. La création visuelle et la manipulation d'éléments existants sont des méthodes de transformation de l'information similaires aux opérations numériques que nous pouvons effectuer sur les données. Chaque transformation influence l'information contenue dans la représentation de différentes manières qui dépendent de la transformation elle-même.

Pour l'instant, les méthodes visuelles couramment utilisées dans le contexte de la recherche consistent des visualisation des données numériques. À mesure que notre compréhension de l'application* de l'information s'améliore, cela peut conduire à de nouvelles approches, au-delà de la représentation qualitative des données qualitative, qui s'articulent autour de l'exploration graphique de l'information.

13 Remerciements

Je souhaite remercier mon directeur du mémoire, David-Olivier Lartigaud, ainsi que les membres de Random(Lab) pour leur soutien et leurs conseils tout au long de ce projet et pendant mes années à l'ESADSE. Je tiens également à remercier les membres du projet VCity au LIRIS pour m'avoir donné l'opportunité de travailler avec eux pendant mon stage de cinq mois. Mon expérience au sein de cette équipe a considérablement élargi mes horizons et a établi les bases de ce travail.

Références

- BACH, B., PIETRIGA, E., & FEKETE, J.-D. (2014). Visualizing dynamic networks with matrix cubes. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 877-886. <https://doi.org/10.1145/2556288.2557010>
- BREHMER, M., & MUNZNER, T. (2013). A Multi-Level Typology of Abstract Visualization Tasks. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(12), 2376-2385. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2013.124>
- DRUCKER, J. (2014). *Graphesis : visual forms of knowledge production*. Harvard university press.
- FRY, B. J. (1997). Organic Information Design.
- GAHAR, R. M., ARFAOUI, O., & HIDRI, M. S. (2024). Open Research Issues and Tools for Visualization and Big Data Analytics. *International Journal of Computing and Digital Systems*, 15(1), 1103-1117. <https://doi.org/10.12785/ijcds/150178>
- GARDNER, M., & MICHIE, D. (1982). *Logic machines and diagrams* (2. ed). Univ. of Chicago Press.
- HOCHMAN, N., & MANOVICH, L. (2013). Zooming into an Instagram City : Reading the local through social media. *First Monday*. <https://doi.org/10.5210/fm.v18i7.4711>
- KOSARA, R. (2007). Visualization Criticism - The Missing Link Between Information Visualization and Art [ISSN : 1550-6037]. *2007 11th International Conference Information Visualization (IV '07)*, 631-636. <https://doi.org/10.1109/IV.2007.130>
- L'atlas Mnémosyne* [OCLC : 1137462965]. (2019). l'Écarquillé.
- LAN, X., WANG, Y., PENG, L., & MA, X. (2025, février 7). More Than Beautiful : Exploring Design Features, Practical Perspectives, and Implications of Artistic Data Visualization. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.04940>
- LIMA, M. (2011). *Visual complexity : mapping patterns of information*. Princeton Architectural Press.
- LUPI, G. (2017). *Data Humanism* [giorgialupi]. Récupérée septembre 24, 2025, à partir de <http://giorgialupi.com/data-humanism-my-manifesto-for-a-new-data-wold>
- MANOVICH, L. (2002). Data Visualization as New Abstraction and Anti-Sublime.
- MANOVICH, L. (2020). *Cultural analytics* [OCLC : 1159809381]. The MIT Press.

- MUNZNER, T. (2009). A Nested Model for Visualization Design and Validation. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 15(6), 921-928. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2009.111>
- O'DOHERTY, B., DALTON, D., LETTERMAN, L., & PHYLLIS, J. (1967). *Aspen no. 5+6 : The Minimalism Issue*. Roaring Fork Press.
- SACK, W. (2007). Aesthetics of information visualization [Publisher : Bristol, UK : Intellect]. *Context providers : Conditions of meaning in media arts*. Récupérée novembre 1, 2025, à partir de <https://intellectdiscover.com/content/books/9781841503080?crawler=true&mimetype=application/pdf#page=130>
- SHNEIDERMAN, B. (1996). The Eyes Have It : A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations.
- SKOG, T., LJUNGBLAD, S., & HOLMQUIST, L. (2003). Between aesthetics and utility : designing ambient information visualizations. *IEEE Symposium on Information Visualization 2003 (IEEE Cat. No.03TH8714)*, 233-240. <https://doi.org/10.1109/INFVIS.2003.1249031>
- TORY, M., & MOLLER, T. (2004). Rethinking Visualization : A High-Level Taxonomy [ISSN : 1522-404X]. *IEEE Symposium on Information Visualization*, 151-158. <https://doi.org/10.1109/INFVIS.2004.59>
- TUFTE, E. R. (2018). *The visual display of quantitative information* (Second edition, tenth printing, April 2018). Graphics Press.
- van WIJK, J. J. (2006). Views on Visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 12(4), 1000-433. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2006.80>
- VICKERS, P., FAITH, J., & ROSSITER, N. (2013). Understanding Visualization : A Formal Approach using Category Theory and Semiotics. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(6), 1048-1061. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2012.294>
- VIÉGAS, F. B., & WATTENBERG, M. (2007). Artistic Data Visualization : Beyond Visual Analytics. In D. SCHULER (Éd.), *Online Communities and Social Computing* (p. 182-191). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-73257-0_21
- WEAVER, W. (1991). Science and Complexity. In *Facets of Systems Science* (p. 449-456). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0718-9_30
- ZIEMKIEWICZ, C., & KOSARA, R. (2009). Embedding Information Visualization within Visual Representation [Series Title : Studies in Computational Intelligence]. In Z. W. RAS & W. RIBARSKY (Éd.), J. KACPRZYK (typographer), *Advances in Information and Intelligent Systems* (p. 307-326, T. 251). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-04141-9_15

Table des figures

- 1 Figure illustrant les fonctions générales, surjectives, injectives et bijectives. 7

2	Visualisation d'un graphique à barres représentant le poids total des arêtes entre les nœuds d'un réseau à travers différents états. Chaque état du réseau est représenté par une matrice d'adjacence nommée V1, V2 et V3.	9
3	Une visualisation représentant les connexions IPv4 sur l'ensemble de l'Internet en 2003, réalisée par le projet <i>Opte</i> , tirée du site Web du projet <i>Opte</i>	10
4	Une figure tirée de (BACH et al., 2014), représentant <i>Cubix</i> visualisant les données de connectivité cérébrale et différentes opérations appliquées au cube des matrices.	11
5	Deux diagrammes à barres côte à côte, celui de gauche présente la même couleur pour toutes les barres. Le diagramme de droite contient une seule barre d'une couleur différente.	13
6	Premier exemple de visualisation en deux dimensions. Le scribe a utilisé des lignes horizontales et verticales comme aide. Le résultat est une image similaire aux visualisations modernes qui apparaîtront beaucoup plus tard. L'image est tirée de Wikimedia Commons.	14
7	Une page tirée de <i>Questio de Modalibus</i> (1505) contenant des diagrammes à barres de Nicole Oresme. L'image est tirée de Wikimedia Commons.	15
8	Diagramme à barres illustrant les exportations et les importations de l'Écosse entre 1780 et 1781, tiré du livre de Playfair intitulé <i>The Commercial and Political Atlas : Representing, by Means of Stained Copper-plate Charts, the Progress of the Commerce, Revenues, Expenditure and Debts of England During the Whole of the Eighteenth Century</i> (1801). Image tirée de Wikimedia Commons.	16
9	Graphique des séries temporelles représentant les exportations et les importations vers et depuis le Danemark et la Norvège entre 1700 et 1780. Tout comme figure 8, ce graphique est tiré du livre <i>The Commercial and Political Atlas</i> (1801). L'image provient de Wikimedia Commons.	17
10	La forme à gauche est le diagramme de réseau pour une disjonction entre A et B. L'exemple 1 montre le cas où A est vrai et B est faux. L'exemple 2 montre le cas où A et B sont tous deux faux, et la contradiction qui en résulte dans le diagramme.	19
11	Une photo montrant une volvelle présente dans une édition de 1517 de <i>l'Ars Magna Generalis et Ultima</i> . Tirée des archives numériques de la ville de Besançon.	21
12	Une page de <i>l'Ars Magna Generalis et Ultima</i> montrant le tableau contenant les termes représentés par les lettres dans la volvelle présente dans la figure 11. L'image est tirée des archives numériques de la ville de Besançon.	22
13	Matrice de nuages de points présentant des données sur des espèces de manchots, réalisée à l'aide de la bibliothèque de visualisation <i>Seaborn</i> . L'image est issue des exemples présentés sur le site web de <i>Seaborn</i>	23
14	Séries A, B, C et D du projet <i>Serial Project #1</i> assemblées ensemble. L'image est tirée du site web du MoMa.	26
15	Protocole dessiné par LeWitt décrivant le positionnement des cubes dans l'ensemble A du <i>Serial Project #1</i> . Le plan correspond aux neuf structures situées à gauche de la figure 14. L'image est tirée du site web du Whitney Museum of American Art.	28

16	Six versions de <i>Homes for Sale</i> utilisant des images de différentes villes. L'image est tirée du site web de Jason Salavon.	29
17	Graphique représentant 33,292 photos mises en ligne sur Instagram entre le 20 et le 26 avril 2012. Les photos sont organisées sur le rayon selon leur teinte et selon leur heure de mise en ligne sur le périmètre. Le graphique montre également les périodes de la semaine pendant lesquelles presque aucune photo n'est mise en ligne, ces périodes correspondant aux heures nocturnes. Le graphique est tiré de (HOCHMAN & MANOVICH, 2013).	31
18	Quatre versions du graphique de l'image de la figure 17, chacune filtrée selon des filtres Instagram particuliers. La figure est tirée de (HOCHMAN & MANOVICH, 2013).	32
19	Une photo représentant une personne interagissant avec l'œuvre d'art, <i>The Organ</i> . La photo est tirée du site web de l'exposition Le Monde Selon l'IA qui s'est tenue au Jeu de Paume.	33
20	<i>L'Atlas Mnemosyne</i> à la bibliothèque Warburg. L'image est tirée du podcast <i>L'Atlas Mnemosyne d'Aby Warburg, La mémoire des images</i> de France Culture.	34
21	Photo du panneau C de <i>L'Atlas Mnemosyne</i> illustrant le thème "Évolution de la représentation de Mars. Rupture avec la conception anthropomorphiste : image, système harmonique et signe". La photo est tirée de (<i>L'atlas Mnemosyne</i> , 2019).	35
22	Légende décrivant les images présentes dans la figure 21. La légende est tirée de (<i>L'atlas Mnemosyne</i> , 2019).	36
23	<i>Cut with the Kitchen Knife Dada Through the Last Weimar Beer-Belly Cultural Epoch in Germany</i> (1919) est un collage réalisé par Hannah Höch. L'œuvre est créée en découpant des publications et en collant des morceaux sur un support afin de créer de nouvelles significations sous forme de critique sociale. L'image est tirée de Wikimedia Commons.	37
24	Image d'un <i>Googlegram</i> réalisée par Joan Fontcuberta. L'image est tirée du site web de la Biennale de Göteborg 2013 décrivant les œuvres de Fontcuberta.	38
25	<i>Valance</i> visualisant un texte de Mark Twain. L'image est une capture d'écran tirée du film de <i>Valance</i> présent sur le site web de Valance.	39
26	Une illustration du fonctionnement de <i>Valence</i> , tirée de (FRY, 1997).	40
27	Capture d'écran tirée du site web présentant <i>On the Origin of Species, The Preservation of favoured Traces</i>	41
28	L'un des 500 exemplaires numérotés de <i>One Million Years</i> . Publié par les Éditions Micheline Szwajcer & Michèle Didier en 1999. L'image est tirée du site web de Michèle Didier.	42
29	Une photo d'une lecture réalisée à Tai Kwun Contemporary en 2025, photographiée par Kitmin Lee et tirée des event archive of Bourse de Commerce Collection Pinault.	43