

Méthode de sélection, configuration et validation des représentations graphiques des corpus d'informations

Cyprien PIERRE 

2025-02-26

Abstract

Rédiger l'abstract

Mots clés : Visualisation de données, Graphique, Méthode

Introduction

La visualisation de donnée est une discipline ancienne à la littérature riche et précise. Cependant, il n'existe, à ce jour pas de synthèse opérationnelle ni de méthode harmonisée dans la conception des représentations graphiques des informations. Ce rapport vise à fournir un point de départ cohérent à de futurs travaux en représentation visuelle d'informations. Il est basé sur une revue de littérature rigoureuse et les recommandations qu'il porte sont issues des lectures réalisées.

La production d'information réalisée par ordinateur ayant tendance à être perçue comme authentique et fiable,¹ il convient de respecter un certain nombre de règles et de bonnes pratiques pour ne pas introduire de biais complémentaires. Nous tentons, à travers ce document, d'objectiver les usages des diverses représentations et leurs configurations.

Le secteur de la construction est historiquement peu digitalisé en comparaison avec les autres industries.² Pour adresser ce retard, il est important de publier des études opérationnelles claires et industrialisables dont chaque acteur puisse bénéficier

immédiatement. Ce rapport s'inscrit dans cette démarche.

L'origine de ces travaux prend place dans un besoin grandissant de solution de visualisation d'information dans le secteur de la construction. Les technologies de Big Data, BIM, VDC et les disciplines de la science des données ont fortement pénétré ce secteur sur l'ensemble du cycle de vie des ouvrages.³ L'élaboration de jumeau numérique des bâtiments, l'utilisation renforcée de l'IoT, l'émergence des BIS et BOS et l'intégration des solutions d'intelligences artificielles renforcent d'autant plus la nécessité pour ce secteur de se doter de moyens robuste en exploration et en communication des informations. L'accès à l'information et à sa bonne interprétation permet aux organisations d'adopter une démarche de prise de décision orienté sur les données.⁴

expliquer les enjeux inhérents + références

Il existe de multiples manières d'interagir avec un graphique.^{5,6}

Ce rapport aborde les éléments impliquant la mise en oeuvre de solution programmatique d'accessibilité et pouvant intégrer une logique globale de préparation de graphiques

numériques tels que:

- L'exploration visuelle,
- La lecture des tables,
- L'écoute des descriptions,
- La sonification des données,
- L'interactivité avec les commandes de clavier.

Ce rapport n'aborde pas les éléments nécessitant l'emploi de matériels spécifiques tels que :

- L'exploration en réalité étendue,
- L'utilisation de retours haptiques,
- L'emploi d'écran à relief (braille).

Démarche

La conduite de cette revue s'est déroulée de la manière suivante : Nous avons commencé par dresser un panorama des types de graphiques existant en nous appuyant sur les travaux de "From Data to Viz",⁷ "The Graphic Continuum",⁸ "Lexique Visuel",⁹ "Insights for ArcGis".¹⁰ Cette première action nous a permis de pré-catégoriser les graphiques selon leurs utilisation.

Ensuite, nous avons étudié les livres de divers auteurs et en avons tirés un ensemble de règles générales quant à la préparation des graphiques. Cela concerne les aspects visuels (couleurs, polices...), des conseils sur la pertinence dans le choix des types graphiques suivant les objectifs attendus, quelques éléments d'accessibilités et des retours d'expériences. Sur cette base, nous avons affiné la catégorisation préétablies et commencé à regrouper les recommandations. Pour compléter les dispositions propres à l'accessibilité, nous avons étudié le rapport "Centering accessibility in data visualization".¹¹

Nous en avons tiré un aperçu global des approches possibles pour améliorer l'accessibilité des graphiques ainsi que de nombreux conseils et bonnes pratiques.

En parallèle, nous avons étudié diverses chartes de publications issues de divers médias et institutions. Ces lectures nous ont permis de nourrir les recommandations en matière de conception visuelle des graphiques

ainsi que de dresser une liste d'éléments standardisables et d'autres pouvant être laisser libre de personnalisation avec quelques conseils.

Pour finir, nous avons étudié les articles scientifiques publiés sur ces sujets avec une profondeur de recherche à 5 ans. Ce choix de profondeur résulte d'une évolution conséquente depuis le début de la décennie des sciences de l'information. Certains papiers étudiés sont plus anciens mais ont été très régulièrement cités par d'autres publications et nous avons choisis de les considérer. De cette étape, nous avons affiné les recommandations en identifiant les résultats d'expérimentations.

Composants

Polices

Le choix d'une police de texte a de multiples impacts sur la perception des graphiques. Il convient de sélectionner une police accessible et de préférence sans sérif pour un usage informatique (Arial, Calibri, Source Sans Pro, Verdana...).¹² Les polices avec serif peuvent être considérés pour la production d'éléments imprimés. Il n'y a pas de consensus clair sur l'impact des sérifs sur l'accessibilité des polices.¹³ Il n'y a pas non plus de consensus clair sur l'efficacité des polices conçues pour adresser des problématiques d'accessibilités telles que la dyslexie. Il convient d'utiliser une police utilisant une hauteur fixe pour les chiffres.¹³

Il est conseillé de restreindre l'utilisation de l'italique car les textes affichés de la sorte sont plus difficiles à lire. Il est également conseillé de limiter l'utilisation de la grasse et du soulignement à des cas spécifiques pour ne pas surcharger les présentations.

La taille de la police joue un rôle majeur dans l'accessibilité du texte. Il est recommandé d'utiliser une hauteur de police de 12 points.¹²

Le nombre de tailles et de type de police doit être limité en nombre.¹²

Certaines polices peuvent être utilisés pour

projeter des icones (NerdFont, StateFace...).¹⁴ L'intérêt des icones est discuté plus tard dans ce rapport.

Il est important de prévoir le chargement de toutes polices non standard (eg. Source Sans Pro, NerdFont...) dans l'interface utilisateur si celles-ci sont utilisées puisqu'elles ne sont probablement pas installées dans le système d'exploitation de l'utilisateur. Prévoir leurs chargement vise à assurer la bonne expérience des utilisateurs.

Couleurs

L'utilisation de la couleur n'est pas nécessaire pour éditer un graphique efficace. Il s'agit par exemple de la manière la moins efficace pour représenter des différences entre des variables.¹⁵

Cependant, utilisé convenablement elle peut aider à la transmission des informations, améliorer la lisibilité de certains graphiques, inscrire une identité visuelle ou encore susciter l'intérêt du lecteur. L'objectif des représentations graphiques des informations étant de maximiser les chances d'acquisition d'une information par un lecteur, il est important de susciter son intérêt en premier lieu.³

La conception de palettes de couleurs est un exercice difficile. Cette opération implique de considérer les facultés de perception visuelle des utilisateurs mais également le médium et les habitudes associées.

Les études de **(Tran et al)** ont mis en évidence une efficacité particulière de l'utilisation du vert vis à vis du rouge et du bleu dans la vitesse de transmission des informations. L'écart n'est cependant pas suffisamment significatif pour justifier à ce titre de l'abandon de l'utilisation de l'une ou l'autre des couleurs.

Pour créer une palette de couleur accessible, celle-ci doit être adaptée à :

- L'achromatopsie et par extension à l'impression en noir et blanc,
- La deutéranopie et à l'utilisation d'écrans lisibles à la lumière du soleil ou d'écrans à gamut restreint,

- La protanopie et à la lecture des couleurs dans un environnement lumineux appauvri en lumière rouge,
- La deutéranomalie et la diffusion sur des écrans non calibrés,
- La protanomalie et à la dégradation des pigments exposés aux UV,
- La tritanopie,
- La tritanomalie,

Des outils comme Chroma.js permettent de vérifier le comportement des palettes de couleurs au regard de certaines affections visuelles.

Elle doit également éviter les biais sociologiques, cognitifs, culturels, et autres tels que le genrage des couleurs,¹² la perception morale¹⁶ ou la valeur émotionnelle.¹⁷

L'utilisation de la couleur doit également respecter le principe de **principe**. Ainsi, il convient de ne pas remplir les larges zones avec une couleur saturée.¹⁸ Si un remplissage est requis par le type de graphique, il est préférable d'utiliser des couleurs moins saturées et d'y ajouter de la transparence.^{REF???}

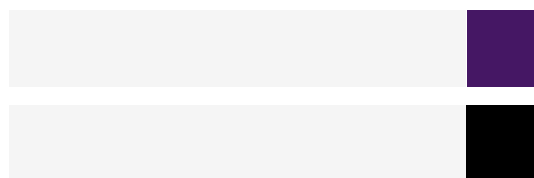


Figure 1: Palette d'évidence

Cette palette de couleur permet d'orienter le regard du lecteur directement sur le segment du graphique important pour l'acquisition de l'information.¹²

Lors de l'emploi de la palette d'évidence il est important que la couleur de base n'attire pas l'attention. Le focus de l'utilisateur doit rester sur l'élément accentué.¹⁹ Le plus efficace est de tracer tous les éléments dans un gris homogène et léger et n'afficher que les valeurs accentuées avec la couleur retenue.¹⁹

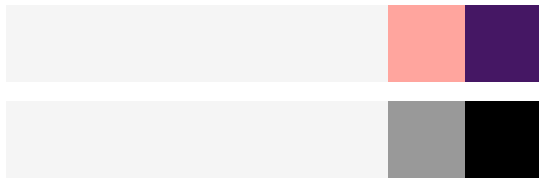


Figure 2: Palette binaire

Permet de souligner un propos divergent suivant un facteur binaire.²⁰



Figure 3: Palette Séquencielle

Aussi appelée "monochrome", cette palette de couleur est utilisée lorsque les données sont organisées dans un ordre quantitatif (croissant, décroissant, etc.).^{19,20}

Les variations réalisées en modifiant la luminosité d'une teinte.¹²

En utilisant cette palette de couleur, l'utilisateur perçoit la valeur la plus contrasté (foncé) comme étant la plus haute et inversement.²¹

Il convient d'employer une graduation présente dans l'environnement naturel, partant par exemple d'un bleu foncé et évoluent vers un jaune clair.¹⁹



Figure 4: Palette de Classement

Cette palette de couleur est utilisée pour encodé les variations des positions relatives des catégories. La variation s'effectue sur la saturation de la couleur contrairement à la palette 3 qui varie sur la luminosité.



Figure 5: Palette thermique

C'est la température des couleurs qui souligne l'importance des données, du plus froid (faible) au plus chaud (élevé).^{REF???}

En utilisant cette palette de couleur, l'utilisateur donnera plus d'importance aux zones de couleurs chaudes.^{REF???}

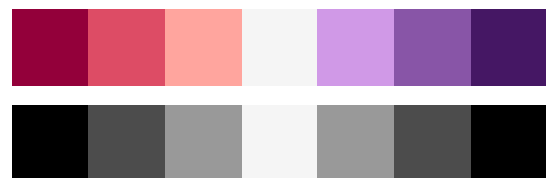


Figure 6: Palette divergente

Cette palette est utilisée pour accompagner la visualisation de la déviation de données dans deux directions opposées à un point central.¹⁹

Il convient que les écarts de contraste des deux extrémités avec le point central soit égal. Il convient également qu'il y ai le même nombre d'échelons colorés de part et d'autre du point central.¹⁹

Il convient de ne pas utiliser le rouge et le vert conjointement comme teintes d'extrémités car environ 4% de la population ne peut pas discriminer ces couleurs.⁵

Il convient d'utiliser un vérificateur de couleur pour valider la composition de cette palette.¹²



Figure 7: Palette catégorique

Ce jeu de couleur est utilisé pour discriminer des catégories et lorsque leurs divergences ou leurs ordre n'est pas important.¹²

N'employez cette palette de couleur que lorsque les données affichées n'ont aucun lien intrinsèque.¹⁹

Chaque couleur doit rester distinguable des autres en toute condition.²² Il convient d'utiliser un vérificateur de couleur pour valider la composition de cette palette.¹²

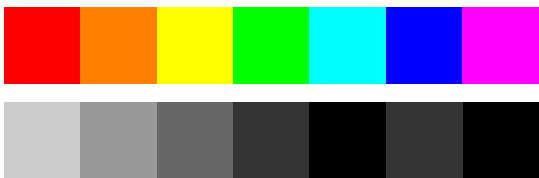


Figure 8: Palette arc-en-ciel

Palette de couleur à prohiber.¹⁸

Graphiques

Pour qu'un graphique s'intègre correctement dans un document, il convient de prévoir une zone de protection. Dans la figure 9 nous proposons un exemple de protection relative aux largeurs des marges latérales.

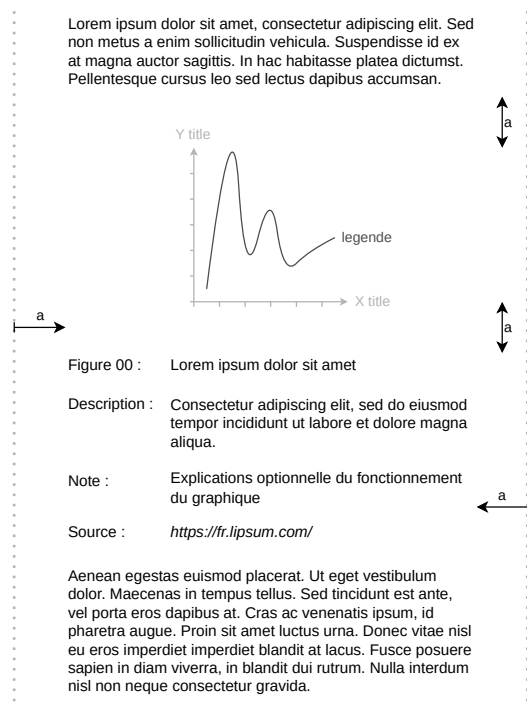


Figure 9: Zones de protection d'un graphique

Cadre

Les lignes d'ages

Les titres d'axes

Les marques d'axes sont utilisées uniquement sur les axes de données quantitatives ou temporelles. Les unités sont arrondies à une échelle compréhensible. Leurs importance est à atténuer au regard du reste du graphique.²³

Les grilles et lignes de guidages sont utiles lorsque les graphiques sont interactifs. Cependant ils ne doivent pas prendre le dessus sur la représentation des données.²⁴

Ligne

Les lignes sont à différencier les unes des autres en utilisant les méthodologies décrites dans la section Couleurs. Il est possible de surimposer des points de repères lorsque diverses valeurs sont à comparer pour un temps donné.²³

Une lignes de tendance peut être utilisée pour aider à la compréhension d'un graphique. Le calcul de moyennes mobiles représente mieux l'évolution des tendances impliquant une évolution temporelle. Dans un nuage de point, cette ligne de tendance peut être droite (meilleur ajustement) ou courbée en fonction des données affichées. Cela doit être considéré lors du tracé.²³

Des lignes de références peuvent être utilisées pour indiquer des seuils signicatifs dans le cadre d'une mesure ou d'un suivi de performance.²³

Annotation

Des annotations peuvent être apposées directement sur le graphique lorsque cela est pertinent pour la communication d'une information spécifique. Si l'annotation n'est pas immédiatement exploitée par le lecteur, elle engendre une diminution de l'efficacité de la lecture du graphique.¹⁷ Dans ce cas de figure, il faut limiter le nombre d'annotations au strict minimum pour ne pas surcharger le graphique et en conserver sa lisibilité.²³ Bien que certains lecteurs n'apprécient pas

d'être dirigés directement vers une valeur spécifiques,¹⁷ cette opération reste bénéfique pour des lecteurs ayant des troubles de la visions.²⁴ Nous remarquons, ici, un besoin de personnalisation au regards de préférences utilisateurs.

Note

Le créateur d'un graphique peut être amené à rédiger une note de lecture pour aider à la compréhension du graphique. L'accès à cette note doit être accordé par le mode de présentation du graphique.²⁰

Pour une interface numérique, une approche de composition d'interface d'utilisateur avec une étude du mode d'interaction humain-machine est à prévoir.

Pour une présentation imprimée (PDF ou papier), la note doit être imprimé en dessous du titre et de la description du graphique, dans un encart prévu à cet effet.

Texte alternatif

Ce type de texte est utilisé pour présenter les graphiques aux utilisateurs employant un logiciel de lecture d'écran. Il n'est pas affiché ni imprimé mais seulement lu par ces logiciels spécialisés. Les recommandations de cette sections proviennent de l'ouvrage "Centering Accessibility in Data Visualization"¹¹

La rédaction de ce texte doit fournir une experience similaire à la visualisation du graphique.

Il n'existe pas de norme de rédaction de ces textes descriptifs mais un ensemble de bonnes pratiques sont remarquées. Il existe un écart entre les recommandations mettant en avant la concisions et celle promouvant la précision, la secondes impliquant une rédaction plus complète du texte de remplacement et vise à une meilleure transmission des informations. En tout état de cause :

- Le titre du graphique n'est pas intégré dans le texte alternatif,
- La description doit être la plus factuelle et neutre possible,

- Les incertitudes et estimations doivent être précisées,
 - Il faut éviter toute suggestion de causalité et,
 - Ne pas présenter les couleurs et textures.
- Suivant l'usage attendu du graphique, les informations à présenter lors de la lecture sont de nature différentes.

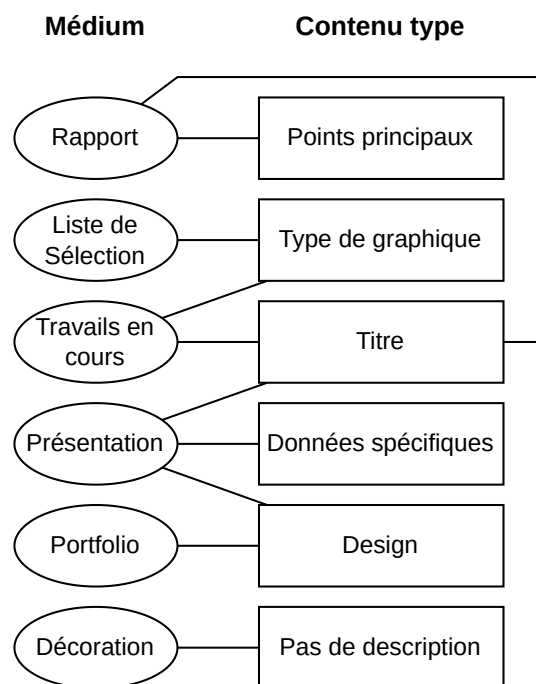


Figure 10: Contenu type d'un texte alternatif selon l'usage concerné

Lorsque les données sont présentées, il convient d'inclure le nom de la variable, son unité et la plage de valeur affichée.

Le texte doit être rédigé en utilisant une ponctuation classique et en évitant les symboles particuliers. Les formules mathématiques sont rédigée de manière littéraire pour éviter les erreurs d'interprétation par les programmes de lectures. Ces textes ne doivent pas comprendre d'URL. Les acronymes doivent être rédigés en majuscule.

La bonne lecture du texte alternatif doit être vérifié.

Une étude future pourrait étudier un parcours utilisateur pour assister à la création des textes alternatifs en employant des modèles de langages, des formulaires et d'autres outils d'interaction humain-machine. Cette étude pourrait également s'intéresser à la mise à jour

automatique de ces textes pour les graphiques dynamiques (mises à jours ponctuelles ou en temps réel).

Tableur alternatif

Ce type de table est utilisé en complément du texte alternatif pour exposer les jeux de données affichés dans un graphique aux utilisateurs employant un logiciel de lecture d'écran. Il n'est pas affiché ni imprimé et est uniquement accessible à ces logiciels spécialisés.

Les tables alternatives permettent d'approfondir l'exploration des données exposées sur un graphique par une personne ayant des troubles de la vision. L'exploration de ces éléments doit être proposé et le choix de cette lecture revient à l'utilisateur.²⁵

Des modalités de navigations à travers ce jeu de données doivent être prises pour améliorer l'interaction humain-machine. Cela peut concerner des solutions propres à la découverte d'information comme la recherche, le filtrage et le classement ou encore des mécanismes de navigations au clavier ou autres.²⁵

Jeu de données

Les utilisateurs doivent pouvoir télécharger les données utilisées pour constituer le graphique. Ces données doivent être mises à disposition par un format libre et ouvert tel que le CSV.⁶

Tableurs

Un tableur permet d'exposer des données brutes organisées en lignes ou en colonnes.²⁶ Sauf mention contraire, les recommandations sur les tables sont issues du livre "Show me the numbers" de Stephen Few.²⁷ L'auteur y rentre très en détails sur chaque point de paramétrage. Il y indique notamment les orientations en matière de construction de tableur lorsqu'il s'agit du choix premier d'affichage de données. Ce rapport s'intéresse à la conception de graphique. Dans ce cadre, les tableurs sont des éléments

complémentaires pouvant être affichés par l'utilisateur pour explorer plus précisément les données préalablement affichées.

Des prescriptions spécifiques à la préparation de tableurs pour certains graphiques sont apportés le cas échéant dans la suite de ce rapport.

Composition

Il est recommandé de séparer les entrées avec un espace vide. Lorsque les données sont présentées en colonnes, l'espace entre deux colonnes doit être plus grand qu'entre deux lignes, Lorsque les données sont présentées en ligne, l'espace entre deux ligne doit être plus grand qu'entre deux colonnes,

Insérer une ligne vide toutes les 5 lignes pour faciliter le balayage visuel.²⁸

Utiliser une ligne horizontale pour séparer les entêtes de colonnes des données,

Utiliser une ligne horizontale pour séparer les catégories lorsque les données sont triées par catégories et, ne pas répéter le nom de la catégorie sur toutes les lignes. Les noms des catégories doivent être dans la première colonne, les sous-catégorie dans la seconde colonne, etc. S'il y a plusieurs subdivisions, les noms des catégories doivent être apposées sur la même ligne.

Il convient de rappeler le nom de la catégorie en cas de changement de page et de maintenir la structure du tableur sur toutes les catégories et de rappeler les titres des colones en cas de changement de page. Les catégories doivent être ordonnées suivant un ordre logique (eg. chronologique, alphabétique, par classement, etc.)

Ne pas effectuer de rotation sur un tableur, son orientation doit respecter celle du texte du document.

Maintenir les alignements les titres avec celui des données en colonnes.

Chiffre

Aligner les chiffres à droite. Homogénéiser les décimales (généralement 2 ou 3 décimales suffisent suivant le contexte). Indiquer les

valeurs négatives avec le symbole moins "-", ici la notion de valeur symbolique est importante. Certains choisissent d'identifier les valeurs négatives entre parenthèses, cependant il ne s'agit pas d'une représentation naturelle répandue pour une telle identification. Séparer les digit d'un nombre par un espace tous les 3 caractères. Dans le cas de grands nombres, il convient de les arrondir à la précision utile (dixaine, centaine...). Par défaut, la précision affichée doit correspondre à celle de la source d'information. Si une valeur numérique réfère à une information de catégorie elle doit être traitée comme un texte.

En cas de constat de déviations, utilisez les symboles plus (+) pour les déviations positives, moins (-) pour les déviations négatives et cercle (o) pour les éléments stables.¹²

Texte

Aligner les textes à gauche. Centrer les dates et utiliser une convention stricte d'écriture de ces données telles que "YYYY-MM-DD".²⁹ La composition de la date doit être indiqué à l'utilisateur. Le choix du format doit respecter le niveau de précision associée à la mesure. Implicitement, le choix d'un formatage de plus haut niveau que la précision de la mesure induit une agrégation des valeurs. Centrer les données dont la largeur de caractère est fixe.

Sommaire et agrégat

Utiliser une ligne verticale pour séparer les valeurs placées en colonne à droite de toutes les valeurs. Utiliser une ligne horizontale si ces valeurs sont placées en une ligne en bas du tableau. Si ces valeurs sont le message important de votre tableur, il convient de les affichés immédiatement à droite des colonnes de catégories ou immédiatement en dessous des entêtes de colonnes, suivant la nature du sommaire.

Les produits d'un calcul doivent être affichés dans la colonne immédiatement à droite de la colonne source de données.

Les principales formes sont :

- Moyenne,
- Médiane,
- Dispersion,
- Déviation standard,
- Coefficient de corrélation linéaire,
- Taux ou pourcentage.

Lorsque l'on travaille avec des valeurs monétaires il convient de :

- Convertir toutes les valeurs dans une même monnaie,
- Corriger les valeurs de l'inflation lorsque l'analyse implique une répartition temporelle.

Mise en évidence

Si des valeurs spécifiques doivent être mises en avant, il est possible d'utiliser l'une ou l'autre de ces solutions :

- mettre le texte en gras,
- remplir la cellule d'une couleur.

Il est recommandé de limiter cette opération à un nombre réduit de valeur. Si cela n'est pas possible, il convient de sélectionner un autre mode de visualisation.

Méthode de sélection

A travers notre revue de littérature, nous avons identifié deux directions pouvant aider à la sélection de la meilleure représentation graphique d'informations.

La première est de trier les types de graphiques au regard du type de données qui leurs sont appropriés. Cela implique implicitement que l'utilisateur doit connaître les données qu'il manipule.

Cela peut représenter un défi pour une population d'utilisateurs d'avantages orientés vers des aspects opérationnels qu'informatiques.

Nous sommes tout de même convaincu que la sélection d'un type de graphique doit discrètement filtrer les données affichés à l'utilisateurs pour s'assurer du correct emploi du graphique.

La seconde direction est de filtrer les types de graphiques en fonction de l'objectif de

l'utilisateur. Nous avons poursuivi notre étude dans ce sens. La figure 11 propose un premier niveau de discrimination des types de représentations en identifiant en premier lieu si le graphique doit s'actualiser en temps réel puis en orientant vers des catégories de graphiques au regards de l'objectif recherché.

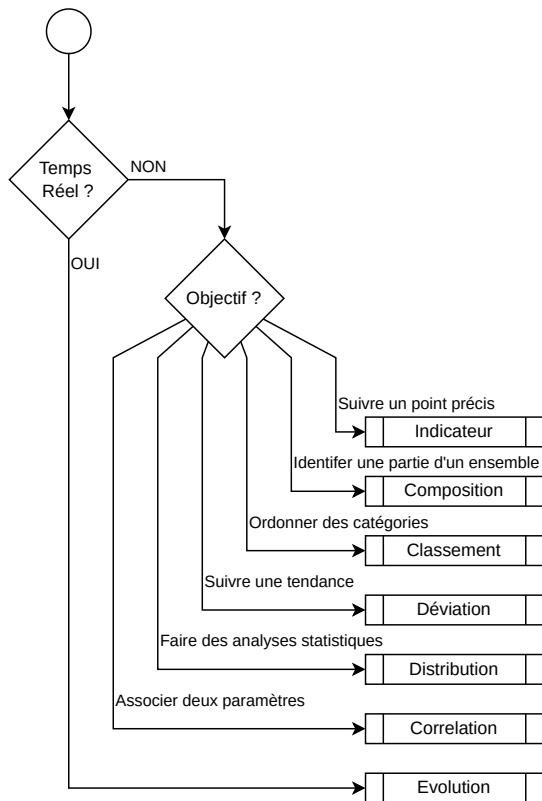


Figure 11: Parcours de sélection initial

La suite de l'étude présentera, pour chaque catégorie de graphique, un parcours de discrimination supplémentaire.

Pour améliorer l'assistance informatique de l'informatique à l'utilisateur dans son parcours de conception de graphique, il pourrait être envisager d'étudier la conception d'une interface de requête en langage formel et produisant une proposition de graphique.

Un graphique conçu dans un espace partager d'analyse de donnée peut être difficile à retrouver. Il peut également être affiché dans divers contextes tels qu'une présentation, un rapport ou encore un tableau de bord. Une étude traitant de la récupération d'information associé à une analyse sémantique des graphiques pourrait être menée pour

concevoir un système adapté à la recherche d'un graphique existant.

Méthode de configuration

Indicateur

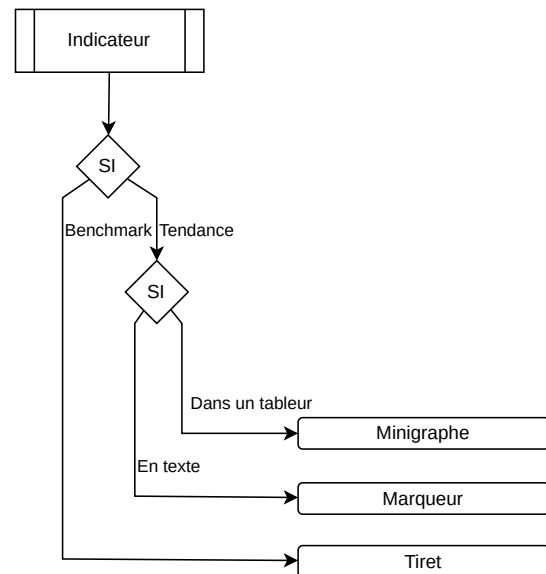


Figure 12: Sélection d'un graphique d'indicateur

Marqueur

Affiche une valeur simple, plus pertinent lorsqu'associé à une tendance sur une période donnée.²⁶

Minigraphe

Affiche la tendance d'évolution d'une variable ou d'une catégorie. Est généralement intégré dans un tableur. Un mini-graphe ne possède pas d'axes ni d'autres détails et est composé uniquement d'une courbe et d'un point indiquant la dernière valeur du jeu de donnée.³⁰ Cette représentation est très macroscopique et vise à susciter un sentiment plutôt que d'exposer une valeur précise.³¹

Un mini-graphe ne possède pas d'axes ni d'autres détails.

Tiret

selon Schwabish : inventé par Few

La valeur actuelle mesurée ou calculée est observée au moyen d'une barre horizontale contrastant avec l'arrière plan.³² La valeur cible est représenté par une ligne verticale.⁹ L'arrière plan expose 3 zones dites qualitative et associées à des notions de performance (eg. inférieur, moyen, bon).³⁰

Editer une série de tirets permet d'exposer au lecteur diverses comparaisons tout en restant compacte.³²

Cette représentation est notamment pertinente lors de la réalisation d'un benchmark.²⁶

Composition

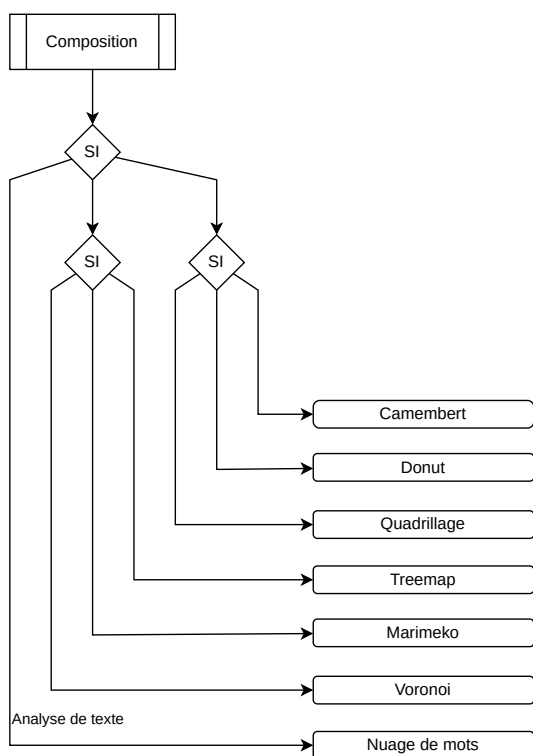


Figure 13: Sélection d'un graphique de composition

Camembert

Diagramme standard, difficile à lire.⁹ Limiter à 5 (4?) entrées maximum²⁶

Ce graphique doit être limité à l'illustration d'un état donnée. Il est important de garder

à l'esprit que ce graphique ne donne qu'une représentation et n'est pas adapté à l'affichage de valeurs précises.³³

Le camembert permet d'accentuer l'appartenance d'une partie individuelle à un ensemble homogène et complet. Il illustre parfaitement des fractions simples.³⁴ Les quantités n'ont pas leurs place dans un camembert, ce sont les fractions (taux, pourcentages) qui y sont illustrés. Ainsi, l'ensemble des valeurs constituante sont strictement égale à 100% du total.³⁵ Il représente plus efficacement les parts dont les angles sont familiers aux lecteurs soit respectivement 90°, 180° et 240° pour les taux 25%, 50% et 75%.

Ce graphine n'est pas adapté à ces cas de figure :

- les parts sont de tailles similaires,³⁰
- Il y a beaucoup de catégories à afficher pour atteindre l'objectif du message,
- il y a une comparaison entre deux graphiques à réaliser,³³
- il y a un changement entre plusieurs états.³⁴

Il convient de :

- Arranger les parts par ordre de valeur croissant en commençant à '12h'.³³
- Utiliser un espace vide entre chaque part pour les faire ressortir,³⁰
- Utiliser une palette de couleur de mise en évidence pour faire ressortir une seule part ou,
- Utiliser une palette de couleur pour faire ressortir deux parts,
- Apposer les labels directement sur les parts au moyen d'étiquette.³⁰

Les parties n'étant pas mises en avant peuvent être agrégée en une catégories "autres". Leurs informations ne servant pas à appuyer le message du graphique.³³

Dans le cas ou une seule partie de l'ensemble est mise en avant, il est à considérer l'utilisation d'un Marqueur. Le camembert n'apportant aucune information particulière à votre propos.

Il n'est pas encore clairement établis si la comparaison des valeurs est réalisé par la perception des angles ou par la perception des longueurs d'arcs des différentes parties.³³

Ce diagramme possède un avantage majeur au regard des autres modes de représentation des parties d'un ensemble, il est très populaire et ainsi accessible à usager.³³ Il est également reconnu que les formes circulaires attirent l'intérêt des utilisateurs.³³

Donut

Dans un graphique en donut, les valeurs sont à comparer en fonction des longueurs d'arcs. Comme le diagramme circulaire, le centre peut être utilisé pour afficher un total ou encore une icône.⁹

Il est, autrement, en tout point similaire aux Camembert

Quadrillage

Adapté à l'affichage des informations en pourcentages. Fonctionne mieux avec des entiers naturels.⁹ Généralement en grille de 10 x 10 carrés (pour un total de 100). Chaque carré représente 1% d'un tout. Les carrés sont colorés sur la base de la taille d'une catégorie dans un groupe.²⁶

Treemap

Utilisé pour les relations hiérarchiques d'une partie vers l'ensemble. Difficile à lire s'il y a trop d'éléments affichés.⁹ Le découpage des boîtes n'a pas besoin d'être ordonné, il peut y avoir plus de 2 niveaux de hiérarchie.²⁶

Marimeko

Visualisation de la taille et des proportions d'un ensemble homogène de données.⁹ Exemple : répartition des parts de marché de 3 entreprises sur un axe et taux dans 3 catégories de marché pour chacune

La couleur peut être utilisée pour mettre en évidence une valeur.³² Attention au biais de corrélation lorsque ce graphique est utilisé pour représenter plusieurs variables.³²

Voronoi

Semblable à un diagramme de bulle mais transformées en zones dont l'ensemble des points de chacune est plus proche du centre de sa zone que de tout autre centroïde.⁹

Il est très pertinent pour illustrer les parties d'un ensemble lorsque de nombreuses sous-catégories sont à afficher.³³ En ce sens, il est préféré aux camemberts.

Nuage de mots

Affiche des nuages de mots organisés en groupes sémantiques. La taille des mots indique leur fréquence d'utilisation dans le corpus étudié. La couleur des groupes peut représenter un choix de données qualitative (catégorisation).³⁰ Cette visualisation est une méthode d'exploration de texte utile pour réaliser une synthèse macroscopique. Il convient de filtrer les mots vides dit "stopwords" pour nettoyer la composition des nuages.¹⁴ Des listes de mots vides peuvent être trouvées à l'adresse <https://github.com/stopwords-iso/>.

Classement

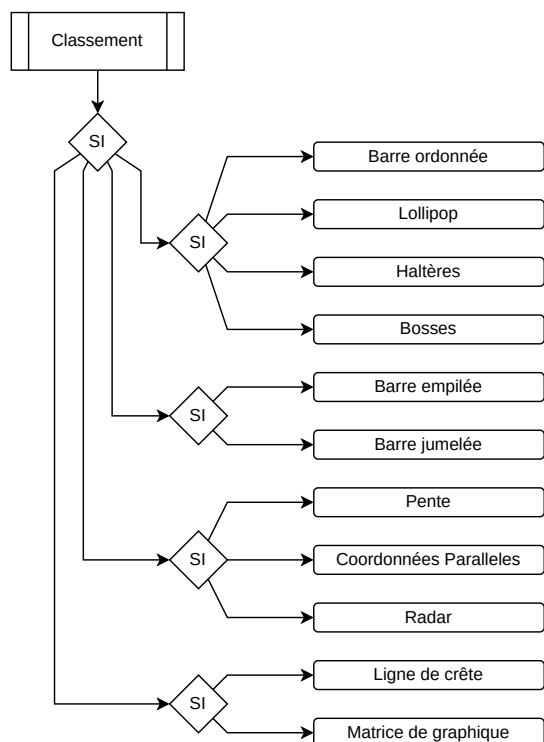


Figure 14: Sélection d'un graphique de classement

Barre ordonnée

Les catégories sont ordonnées par décroissance de leurs valeurs de quantité³² sauf si les catégories ont un autre ordre logique (eg. temporel). Dans ce second cas, cet ordre doit être utilisé pour la construction du graphique.³⁵

Note: si catégories temporelles, utiliser un histogramme?

Lorsqu'un ordre de classement est à afficher, l'utilisation d'un graphique horizontal est à privilégier.¹²

William Playfair (1786) pionnier de l'utilisation de ce type de graph ?

Les barres doivent être affichées à l'horizontal s'il y a beaucoup de valeurs à afficher ou si les labels des catégories s'entrevêchent.^{9,30,35,23,32} Il convient de maintenir l'affichage vertical du graphique si les catégories affichées sont des unités temporelles.²³

Ce graphique est plus lisible pour un nombre limité d'entrées.²⁶

L'espace entre deux barres est égal à la moitié de la largeur d'une barre (ratio 1:0.5). Les barres ont toutes la même largeur.²³

Utiliser une couleur homogène à l'ensemble des barres. Une couleur de contraste peut être utilisée pour mettre en évidence certaines catégories.

Ne pas utiliser de motifs de remplissage. Les barres doivent être remplies par un solide coloré.²³

Ne pas utiliser de bordures de barres. Ces dernières doivent naturellement contraster avec l'arrière plan.

Si de grands écarts de valeurs empêchent la bonne visualisation des écarts sur une partie du graphique, il est recommandé d'ajouter un second graphique en barre ordonnée n'affichant pas les catégories aux grandes valeurs.³²

Ne pas afficher de séparateurs au niveau des catégories, les barres remplissent elles même ce rôle, associées aux espaces entres elles.³²

Pour les petits graphiques statiques, il convient d'apposer directement un label à chaque barre contenant la valeur de celles-ci. Par cette action, il convient également de masquer l'axe des absyesses.³²

Pour les graphiques dynamiques, interactifs ou de grande largeur, il convient d'afficher des lignes d'aide à la lecture en projection des repères de l'axe des valeurs. Ces lignes doivent être faiblement contrastées et être tracées en arrière plan des barres.³²

Ne pas segmenter les barres.³²

Ne pas ajouter d'iconographie aux barres.¹⁷

Lollipop

Utilisé pour afficher la position dans une liste ordonnée lorsque l'affichage de la valeur est moins important que la position.⁹ Egalement très efficace comparé aux barres hordonnées lorsqu'il y a un grand nombre de catégorie dans le classement.²⁶ Si une ligne connecte le point de la valeur à l'axe des ordonnées, l'axe des abscisse doit commencer à 0, autrement cela n'est pas obligatoire.

Haltères

Utilisé pour comparer un minimum et un maximum de plusieurs catégories.⁹ La relation entre le maximum et le minimum d'une catégorie est représenté par la barre reliant les deux valeurs.²⁶

Peut être utilisé pour illustrer le changement d'une valeur entre deux états donnés. Dans ce cas, il convient de flécher le sens du changement de l'état antérieur vers l'état final. Dans ces deux cas de figures, les catégories doivent être ordonnées de la plus grande valeur à la plus petite.

Les haltères sont toujours affichés à l'horizontal.

Bosses

Affiche l'évolution d'un classement entre différents jalons.^{26,9} Ce graphique n'affiche pas les valeurs sous-jacentes mais uniquement le positionnement de la catégorie dans le classement.³⁶ Si la valeur source est également à représenter, ce graphique peut se transformer en graphique en ruban, combinant les dispositions du graphique en bosse avec celles du graphique de Sankey.³⁶

Barre empilée

Représente le total de chaque catégorie et la proportion de leurs composantes. Les composantes doivent être homogènes. Si les proportions sont plus importantes que les totaux, considérer d'utiliser l'affichage empilée à 100%.²⁶

Seule la catégorie ayant sa base à 0 sera facile à comparer pour le lecteur car les autres ne partagent pas la même base.³² Il est préférable de tracer chaque diagramme de barre dans un graphique distinct et des les disposer en Matrice de graphique.³²

Barre jumelée

Permet d'afficher plusieurs séries. Devient plus difficile à lire avec plus de deux séries.⁹ Les barres d'une même catégorie sont collées

les unes aux autres pour souligner leurs appartenance à une même catégorie (ratio 1:0). Espacer les jeux de barres jumelées d'une largeur égale à une barre (ratio n:1).

Les barres sont colorées avec une palette de couleur de catégories. Les couleurs sont utilisées pour distinguer chaque barres dans une catégories, les couleurs doivent être homogènes pour chaque catégorie. Si les différentes valeurs affichées sont d'importances similaires, il convient d'utiliser une palette de couleurs à faibles contrastes. N'utiliser qu'une seule couleur par ensemble de données apparentées.²³

Pente

Affiche la variation des valeurs ou ratios des catégories entre deux états donnés.⁹

Coordonnées parallèles

Montre en simultané la valeur et la relation de catégories hétérogènes pour plusieurs systèmes.³⁷ Permet de valoriser la valeur.⁹

Pratique pour observer les schémas et relations entre les systèmes.²⁶ Ce graphique est plus efficace pour explorer des jeux de données que pour les présenter à un audimat.³⁰

Chaque axes de catégories peut avoir sa propre échelle. Cela représente mieux les valeurs de chaque catégorie mais cela implique également de bien labeliser les axes pour distinguer leurs échelles.³⁷

Afficher un grand nombre de jeux de données sur un même graphe risque de le rendre illisible.³⁷ Dans ce cas il convient d'utiliser une palette de couleur de mise en évidence et de sélectionner un ou deux jeux de données à mettre en avant.

Lors de l'exploration d'un jeu de donnée à travers une interface informatique, il convient de mettre en avant la ligne pointée par l'utilisateur et de labeliser chaque points de catégorie avec la valeur associé.³⁰

Radar

Représentation compacte de la valeur de variables hétérogènes pour un seul système.⁹ Les radars sont utilisés pour identifier les variables ayant des valeurs similaires et les exceptions.³⁰

La représentation des valeurs se fait à travers la forme globale du polygone. Il convient de coloriser l'intérieur de celui-ci pour bien faire ressortir sa forme.³⁷

Utiliser une disposition en small-multiples plutôt que de surimposer plusieurs polygones de valeurs.³⁷

La représentation des variables est fortement corrélée à la forme du polygone plutôt qu'aux valeurs des sommets.³⁰ De ce fait, pour améliorer la forme du polygone et offrir une représentation avec le moins de distortions possibles, il convient d'homogénéiser les échelles des axes.

Ligne de crête

Ce graphique représente des courbes de densité séparées par un offset et est utilisé pour comparer la distribution d'une variable entre des catégories.³⁸ Parfait lorsque les schémas de distributions sont bien distincts entre les groupes.²⁶ Cela évite que les courbes de densités des catégories s'entrevêchent.³¹ Ce graphique se met très bien à l'échelle de grands jeux de données.³⁸

Il est adapté à :

- la comparaison des changements de distributions à travers le temps³⁴ associé à un gradient de couleur pour diriger le regard vers la distribution la plus récente,³¹
- la comparaison des évolutions de deux tendances à travers le temps.³⁸ associé à une palette de couleur binaire.

L'axe des abscisses affiche la valeur de réponse et l'axe des ordonnées affiche les catégories.³⁸

Il convient de classer les catégories suivant un ordre logique.³¹ Voir (insérer renvois ici vers l'explication de la logique de classement de catégories)

Il est possible d'afficher les barres d'erreurs dans les lignes de crêtes. Ce mode de

représentation s'appelle un "demi-oeil".³⁹

Il est possible d'afficher les nuages de points dont l'estimation de la courbe de densité est issue. Ceux-ci sont affichés en dessous des courbes de densité. Cette forme de représentation est appelée "Nuage de pluie". (ref: Micah Allan ou Schwabish2021p212) Cette représentation offre à la fois une représentation générique et une visualisation précise des données.³¹ Bien que cette représentation soit très efficace, elle n'est pas très répandue.³¹ Il faut être vigilant à bien expliquer son fonctionnement lors de son utilisation dans un rapport. Dans le cas d'un nuage de pluie, il faut faire attention à ce que les points de données n'entre pas en surimposition avec les courbes de densités tracées en dessous.

Matrice de graphique

Popularisé par E. Tufte

Est utilisé pour comparer de multiples graphiques homogènes organisés en matrices. Chaque entité affiche le graphique d'une catégorie. Les graphiques sont tous à la même échelle.³⁰

Conseils : Limitez les détails dans chacun des graphiques.³⁰ Regroupez les axes pour n'afficher qu'un seul axe Y par ligne et un seul axe X par colonne.

Interactivité : pouvoir explorer l'ensemble des graphiques simultanément (eg. cible en croix '+' au niveau du point de donnée pointé répliqué dans les autres graphiques)

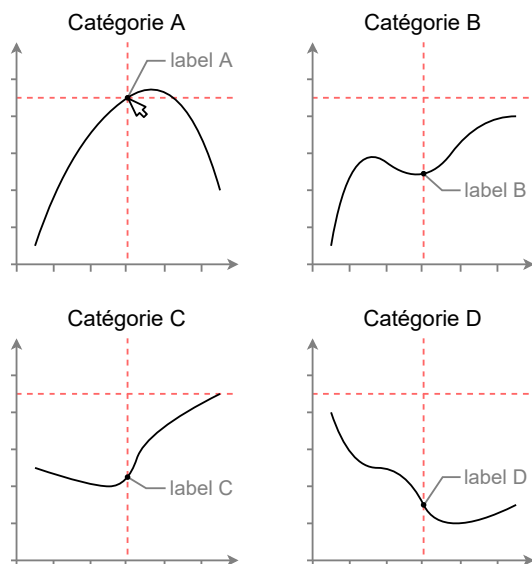


Figure 15: Composition d'une matrice de graphique

Distribution

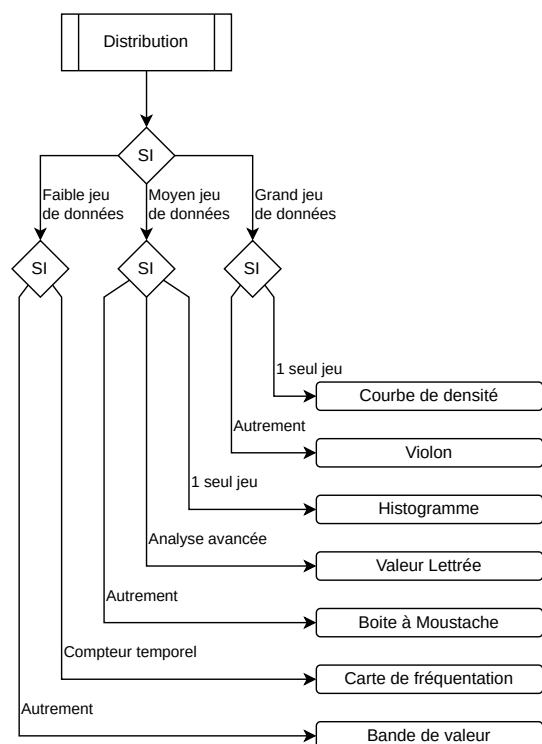


Figure 16: Sélection d'un graphique de distribution

Courbe de densité

La densité représente la probabilité de distribution des variables.³⁰ Pertinent

lorsque le nombre de données est très grand, autrement il convient d'utiliser un histogramme.³⁸ En cas d'affichage de plusieurs courbe, utiliser des remplissages transparents pour faciliter la distinctions. L'air de la courbe est usuellement égal à 1 et de ce fait, l'échelle de l'axe des ordonnées dépend de l'axe des abscisses.³⁸

Violon

Représente fidèlement les distributions d'un très grand nombre de données.⁹ Utilisé pour faire des comparaisons entre des catégories.²⁶ Très pertinent pour représenter les distributions bimodales.³⁸ Le tracé du demi-violon est identique au tracé d'une courbe de densité. Celui-ci commence à la valeur la plus petite et termine à la valeur la plus grande.

Histogramme

Utilisé pour afficher la fréquence d'une variable simple regroupée en intervalle de fréquence (agrégat).³⁰ Il affiche ainsi une distribution statistique de donnée. Il n'y a pas d'espace entre deux barres (ratio 1:0) ce qui permet de favoriser la forme de la distribution.⁹

La nature du graphique (barre) implique un calcul d'agrégat pour chaque barre.⁴⁰ La largeur de l'agrégat est à évaluer par le concepteur au regard du niveau de détail souhaité.⁴⁰

L'utilisation d'un histogramme permet d'identifier des schémas de distributions tels que définis dans la figure 17.³¹ Ces schémas sont dit :

- **Incliné à gauche** lorsque les données sont majoritairement sur la gauche du graphique,
- **Incliné à droite** lorsque les données sont majoritairement sur la droite du graphique,
- **Bimodale** lorsque deux pics de valeurs sont constatables,
- **Multimodale** lorsque plus de deux pics de valeurs sont constatables,
- **Symétrique** quand il y a approximativement égal de valeurs de chaque coté d'une valeur centrale,

- **Uniforme** quand toutes les valeurs sont distribuées de façon globalement homogène.

disponibles. Permet de faire des estimations fiables.^{42,26}

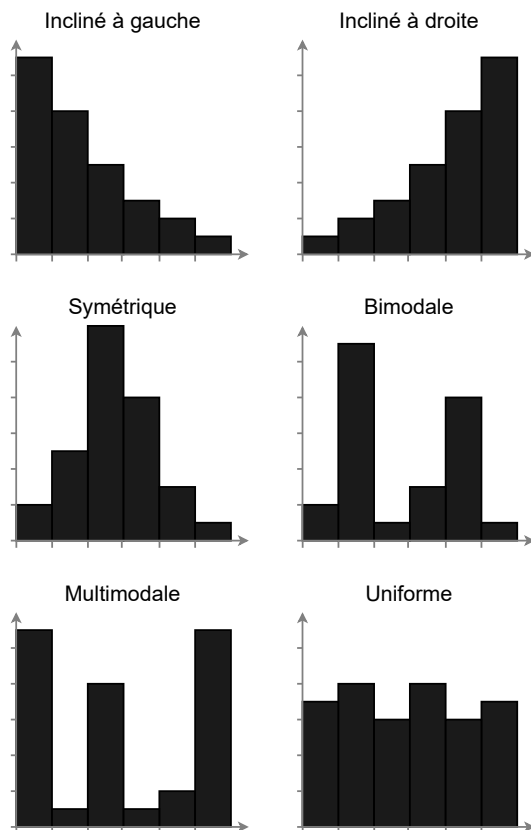


Figure 17: Illustration des formes remarquables d'un histogramme

L'histogramme n'est pas adapté aux cas suivant :

- l'affichage de l'ensemble des valeurs, pour cela il convient d'utiliser une Courbe de densité.⁴⁰
- s'il y a peu de valeurs dans le jeu de données,⁴¹ préférez l'utilisation d'une Bande de valeur.
- l'affichage de plusieurs distributions,⁴⁰ utilisez une décomposition en Matrice de graphique.

Valeur lettrée

Représente chaque découpage statistique ($x\sigma$) par une boîte distincte. Convient en remplacement des boîtes à moustache lorsqu'il y a un très grand nombre de données

Boîte à moustache

Résume les distributions multiples en montrant la médiane et l'étendue des données.⁹

Ce graphique est plus efficace lorsqu'il y a de nombreuses mesures pour une entrée et que leur distribution doit être représentée (eg : mesure médiane, basse, haute, incertitude...²⁶).

Les lignes s'étendant au dessus et en dessous sont appelées les moustaches.³⁸

Voir trx de son inventeur : John W. Tukey

Il est possible d'afficher la position d'un point précis du jeu de donnée sous-jacent. (couleurs mise en évidence ?)

Les boîtes à moustaches suivent les dispositions graphiques des barres ordonnées.²³

Carte de fréquentation

Excellente visualisation pour suivre la fréquence d'une activité. Favorise la quantité à la qualité (exemple : github).⁹

Evolution

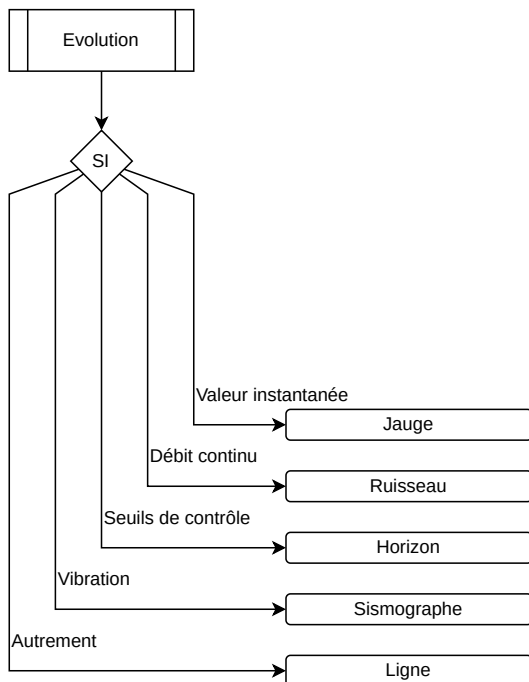


Figure 18: Sélection d'un graphique d'évolution

Jauge

Les jauges sont des représentations familières et facile à lire.³² En ce sens, elles sont pertinente pour afficher des données. Cependant, il convient de s'intéresser particulièrement à leurs représentation métaphorique. Les graphiques en jauge étant un skeumorphisme, leurs utilisation est probablement plus pertinente pour l'affichage d'information pour lesquelles elles sont utilisées dans le monde physique.

Cela concerne par exemple :

- L'affichage d'une vitesse instantanée,
- L'affichage d'une pression instantanée et par extension,
- L'affichage d'un niveau dans un réservoir.

Pour tout autre usage, et considérant la difficulté humaine d'interprétation d'une valeur en comparant des angles ainsi que le manque d'options pertinentes pour ajouter des informations qualitatives sur les jauges, il convient d'utiliser un graphique en Tiret.

Ruisseau

Vérifier la métaphore liée au nom

A privilégier lorsque la visualisation des changements en proportions au fil du temps est plus importante que les valeurs individuelles.⁹

Horizon

Permet de vérifier un équilibre entre deux borne par rapport à une base.⁹ Utilisé pour suivre l'évolution d'une variable dans le temps et devant respecter un écart-type (eg. tension à 230V +/- 5%). L'information la plus importante est le dépassement de l'écart-type. Pour correctement mettre en évidence ces phénomènes, il est recommandé d'utiliser une palette de couleur de

Sismogramme

Pour montrer des séries à grandes variation dans les données.⁹

Ligne

Inventé par Playfair en 1786⁴³ Représentation graphique standard et familière pour la représentation des séries temporelles.⁹

Les lignes relient chaque point de mesure. Pour de grands jeux de données, il convient d'utiliser une ligne lissée sur l'ensemble du graphique plutôt qu'une ligne brisée par chaque point de donnée.³⁴

La base des ordonnées doit être égale ou inférieure à la plus faible valeur affichée.⁴⁴

Il n'existe pas de règle stricte quand à la limite de séries affichables sur un graphique.³⁶

Il convient de s'intéresser à la perception du lecteur recherché par le concepteur pour arbitrer les choix :³⁶

- En cas d'impression, limiter le nombre de lignes simultanées à 4 au maximum,⁴⁴
- Si l'interaction est possible avec le graphique, il est possible de tracer toutes les lignes dans un même graphique à condition d'utiliser un système de mise en évidence,³⁶

- Ces cas échouant, séparez les lignes et tracez une Matrice de graphique.

Ne pas utiliser ce graphique pour essayer d'illustrer une différence entre deux courbes.³⁶

Les axes doivent être labelisés (obligatoirement le titre de la série, optionnellement la valeur finale) directement en fin de ligne, à droite du graphique.^{12,30}

Il est possible de mettre en évidence un point spécifique en utilisant un symbole (de préférence un cercle plein) et en y apposant une étiquette affichant $f(x) = y$.

La distinction des séries est plus efficace en utilisant des teintes différentes. Dans ce cas, il convient également d'utiliser des tons différents pour assurer le maintien des distinctions si le graphique est imprimé en nuance de gris.²³ Il convient également de n'utiliser que des lignes continues pour les tracés.²³ L'utilisation de symboles comme éléments différenciants entre les séries n'est pas pertinent.²³

La plage allant de la plus petite à la plus grande valeur occupe entre 70 et 80% de l'espace vertical dans le graphique.⁴⁵

Correlation

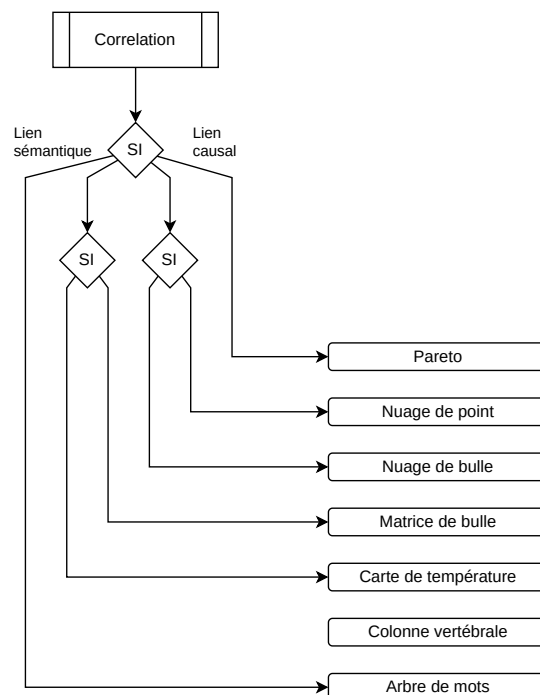


Figure 19: Sélection d'un graphique de corrélation

Pareto

Ce type de graphique montre la relation entre les valeurs quantitatives de catégories organisées en colonne ordonnée et la valeur cumulée affichée en ligne brisée. Le premier point de la ligne vérifiant $\tau \geq 80\%Total$ est affichée. La zone précédant ce point est mise en évidence. Est utilisé pour illustrer les éléments important dans un système qualité.

Nuage de point

Représente la relation entre deux variables continues.⁹ La couleur est la meilleure façon de distinguer les catégories.²³ Pour cela, utilisez la palette catégorique (7)
Dans un maximum de 3 catégories de données, il est possible d'utiliser un double encodage combinant une forme et une couleur.¹²
les formes recommandées sont :



Figure 20: Formes des points de données

Leur avantage est qu'elles n'ont pas de connotation intuitive.¹² (retirer la croix?)

Si des milliers de point de données sont à afficher, il est préférable d'utiliser soit :

- des cercles ouverts,
- des petits cercles,²³
- des cercles avec une transparence.²³

Cela permet de limiter le masquage des points de données par surimposition.¹²

Nuage de bulle

Il s'agit d'un nuage de point dont la taille des bulles est utilisé pour représenter une troisième valeur quantitative.⁹

Matrice de bulle

Ce graphique est une version agrégée du nuage de bulle et de la matrice de température. Il simplifie la visualisation des relations entre un couple de variable. À réserver pour un usage d'exploration de données.³⁰ La taille des bulles représente la force de la corrélation. Cette force est la représentation du coefficient de Pearson.³⁷

La couleur peut être utilisée pour distinguer les catégories (à vérifier). Elle peut être également utilisée comme double encodage de la corrélation (à vérifier).

Le tableau associé est une matrice de corrélation organisant les valeurs de coefficient de Pearson.

Carte de température

Représentation graphique d'une table de valeur homogène.³⁰ Intéressante pour afficher une tendance lorsqu'un très grand nombre d'information est impliqué.

Ce graphique utilise les couleurs de la palette thermique 5.

L'organisation des catégories changeant la forme de la matrice de température, il convient de retenir une organisation par valeur croissante ou décroissante à une colonne donnée. Il convient de signaler cette configuration au lecteur.³⁵

L'emploi de solutions d'interactivité permet une meilleure découverte des données affichées.

Arbre de mot

Représente les liens sémantiques. Utilisé pour classer les réponses textuelles d'une enquête.(voir Paige Jarreau) Utilisé pour illustrer l'usage des mots dans un texte.(voir Martin Wattenberg & Fernanda Viegas 2007) La taille des mots représente la fréquence de leurs usages.¹⁴

Déviatio

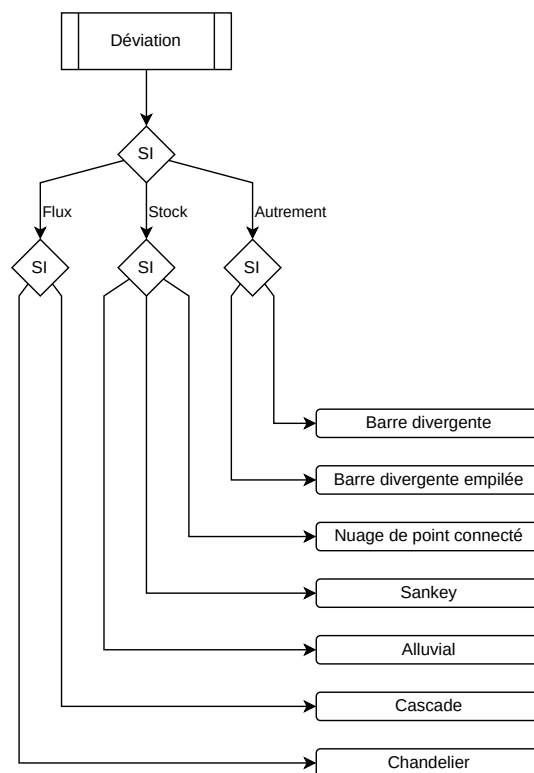


Figure 21: Sélection d'un graphique de déviation

Alluvial

Montre les changements sur un flux entre un état et au moins un autre. Adapté au traçage d'un processus complexe.⁹

Cette représentation découpe un ensemble en quantité individuelles de plusieurs catégories. Les bandes sont tracées entre chaque

catégories pour représenter leurs relations. La largeur des bandes indiquent la proportion des catégories corréllées les unes aux autres.⁴⁶ A utiliser à la place des mosaïques et treemaps lorsqu'il y a plus de deux variables de regroupement des données.³⁴

Bande de valeur

Affiche les points de données d'une catégorie.³¹ Les valeurs peuvent être affichés par des lignes ou des cercles pleins mais les cercles sont à privilégier lorsqu'il est nécessaire de déagglomérer les données.

Il est possible d'utiliser de la transparence pour illustrer les zones de valeurs compactes.³¹

Utilisez la palette de couleurs divergentes 6 pour mettre en évidence la répartition des valeurs mesurées et souligner la séparation de celles ci par rapport à un axe de référence.³¹

Les points peuvent être légèrement décalés les uns des autres par un offset pour éviter le masquage de données par surimposition. Ce mode de représentation est appelé "essaim d'abeille" (beeswarm).³¹

Histopoint : Wilkinson dot plot (Leland Wilkinson) Affichage des bandes de valeurs pour chaque agrégat d'un histogramme.³¹

Epis de blé : Wheat plot (SFew)

Barre divergente

Affiche correctement un ensemble de valeur quantitative triées par catégories lorsque des valeurs négatives sont utilisées.⁹ L'axe des absysse doit être égal à 0 et toutes les barres doivent être projetées depuis cet axe.

Barre divergente empilée

Utilisé pour illustrer les résultats d'enquêtes impliquant un sentiment.⁹ Les barres doivent être calculées en pourcentage et alignées à 100% comme pour une partie d'un ensemble. Les réponses sont affichées de façon ordonnée et du plus négatif au plus positif. Il convient d'utiliser une palette de couleur divergente. Lors de la préparation d'une enquête impliquant des sentiment, il est conseiller de

proposer un choix de valeur paires pour éviter les votes neutres sauf si la représentation de l'indifférence est une volonté de l'étude. De plus, **expliquer la limite de nombre de zones facile à visualiser** (max 6?)

Cascade

Affiche les gains et pertes entres deux états d'un système.³² Utilisé principalement pour les analyses financières.⁹

Chandelier

Affiche des bilans quotidiens (eg. ouverture, fermeture, point haut, point bas).⁹ La couleur est utilisée pour représenter la direction de l'évolution de la valeur (augmente, descend). Illustre les évolutions d'un stock sur une temporalité donnée. La ligne indique l'état le plus haut et l'état le plus bas de la journée. La barre indique l'état de l'ouverture et de la cloture de la période.³¹ Il convient d'utiliser une palette de couleur binaire pour contraster les périodes aux soldes positifs des périodes aux soldes négatifs.

Colonne vertébrale

Utilisé pour afficher la quantité de réponses négatives et positives à une question. Le spine divise une valeur quantitative unique en deux composants distinct contrasté par un déterminant binaire.⁹ Utilisé pour afficher la quantité de réponses négatives et positives à une question.

Courbe cumulative

Utilisé pour représenter une distribution inégale. L'axe des ordonnées est toujours la fréquence cumulative et l'axe des absisses est toujours une mesure.⁹

Eventail

Utilisé pour montrer l'incertitude des projections futures.⁹

Nuage de point connecté

Ce graphique est utilisé pour représenter les mouvements entre des étapes. Il permet d'identifier des schémas de progressions comme des cycles et des irrégularités qui seraient difficiles de remarquer autrement.⁴⁷

Lors de l'utilisation de ce type de graphique, il convient d'indiquer la direction ainsi que la temporalité étudiée.⁴⁷

Pour souligner la direction de l'évolution entre deux points il est possible de :

- Flécher la direction de l'évolution entre deux points si les points sont bien espacés et qu'un seul jeu de donnée est affiché,³²
- Utiliser un gradient de couleur du plus clair vers le plus foncé.⁴⁷

La temporalité devrait être indiquée dans le titre du graphique ou au moyen d'éléments de l'interface utilisateur.

Comme ce graphique sert à synthétiser des variations de valeurs, il est préférable de l'utiliser pour afficher des jeux de données dont la variation n'est pas mesurée régulièrement pour éviter d'avoir trop de points à relier et donc d'éviter de créer un graphique trop encombré.³²

Un exemple d'utilisation du nuage de point connecté : `'https://share.stateofjs.com/share/prerendered?localeId=en-US&surveyId=state_of_js&editionId=js2024&blockId=tools_arrows¶ms=§ionId=libraries'`

Sankey

Créé par : Matthew Henry Phineas Riall Sankey (1898)

L'épaisseur représente la part d'un évènement. Chaque flèche représente l'entrée ou la sortie d'élément sur le système étudié.²⁶

Les changements sont liés à une évolution temporelle et à l'association de catégories. La force de ce graphique est qu'aucun de ces deux aspect ne prévaut sur l'autre.³²

Très utile pour représenter les flux entre des catégories ou entre des états.³²

Il convient néanmoins de limiter le nombre de catégorie affiché pour maintenir un bon niveau

de lisibilité.³²

Variante : "Echanges, corde"

Illustre les flux bidirectionnels et le gagnant net dans une matrice.⁹

Dans la mesure du possible, il convient de flécher le sens du flux.

Ce diagramme incite les utilisateurs à l'explorer plus en détail.³⁷

Méthode de validation

Comme tout élément informatique, un graphique doit être vérifié et validé. Cela est d'autant plus nécessaire si la production de graphique est intégré à un pipeline de donnée. En premier lieu, il convient de vérifier l'absence de "distortion" des données affichées pour limiter les biais inhérents.⁴⁸

$$LieFactor = \frac{\frac{\Delta VisualLength}{VisualStartLength}}{\frac{\Delta Data}{DataStart}}$$

source

Références à Sosulski & Tufte : Lie Factor

Pour définir un cadre de validation des graphiques, nous avons étudié les personas mis à disposition par Will Soward à travers le site web "Neurodiversity Design System".⁴⁹

De cette étude, nous avons extrait des éléments généraux et d'autres pouvant faire l'objet d'un choix de personnalisation de l'utilisateur. Le tableau 1 les identifie.

Les références CIM-10 mentionnées dans le tableau 1 sont : les troubles du langage (R48), les troubles de déficience cognitive (F70-F79), les troubles du spectre autistique (F84), les troubles du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (F90) les troubles de la vision (H53), les déficits de la vision (H54).

La capacité de modifier la langue par défaut vise à limiter la barrière de la langue. Dans le même ordre, la rétrocompatibilité vise à limiter la fracture numérique.

Cette analyse met en lumière l'intérêt de la considération de l'accessibilité pour les populations idoines. De nombreux éléments trouvent également leur place dans la conception de systèmes d'interactions

Table 1: Résumé des attentes utilisateurs

N°	Besoins	Niveau d'implémentation	Référence CIM-10
01	Absence d'animation	Personnalisé	F84, F90
02	Absence de distraction	Personnalisé	F84, F90
03	Adapté au thème sombre	Tous les utilisateurs	F84
04	Adapter la langue	Personnalisé	N/A
05	Aide contextuelle	Personnalisé	F70-F79
06	Concision des informations	Personnalisé	F84
07	Données claires et factuelles	Tous les utilisateurs	F70-F79
08	Explication d'utilisation	Personnalisé	F70-F79
09	Facilité d'accès à l'information	Tous les utilisateurs	F70-F79, F90
10	Facilité de compréhension	Tous les utilisateurs	F70-F79
11	Facilité d'utilisation	Tous les utilisateurs	F70-F79, F84
12	Lecture par logiciel	Personnalisé	R48, H53, H54
13	Réduire la luminosité	Personnalisé	F84, H53, H54
14	Rétrocompatibilité	Tous les utilisateurs	N/A

humain-machines et dont la prise en compte peut bénéficier à toutes les populations d'utilisateurs.

Etudes futures

Des études complémentaires pourraient être menées sur les sujets suivants :

La conception de bibliothèques de graphiques accessibles et fonctionnant aussi bien dans un usage web que dans les PDF.

Evolution

Date	Changements
2025-02	Rédaction du document

Références

1. Introduction. In: STEPHEN FEW. *Show Me the Numbers - Designing Tables and Graphs to Enlighten*. Seconde Edition. Burlingame, California: Analytics Press, 2012, pp. 1–14. ISBN 978-0-9706019-7-1.
2. SAFURA ZABIDIN, Nadia; BELAYUTHAM, Sheila; CHE IBRAHIM, Che Khairil Izam. A Bibliometric and Scientometric Mapping of Industry 4.0 in Construction. *Journal of Information Technology in Construction* [online]. 2020, vol. 25, pp. 287–307 [visited on 2025-02-16]. ISSN 1874-4753. Available from DOI: 10.36680/j.itcon.2020.017.
3. ASIA UNIVERSITY, TAICHUNG, TAIWAN; CHEN, Chiung-Hui. Research on the Application of Function-Technology-Aesthetics Framework in the Design Knowledge Modelling of Data Visualization. *Journal of Advances in Information Technology* [online]. 2020, pp. 10–14 [visited on 2025-01-22]. ISSN 17982340. Available from DOI: 10.12720/jait.11.1.10–14.
4. SOSULSKI, Kristen. *Data Visualization Made Simple: Insights into Becoming Visual*. New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2019. ISBN 978-1-138-50387-8 978-1-138-50391-5.
5. Centering Accessibility in Data Visualization. In: SCHWABISH, Jonathan; POPKIN, Sue; FENG, Alice. *Centering Accessibility in Data Visualization*. Urban Institute, 2022, pp. 4–8. Do Not Harm Guide, no. 3.

6. FRANK ELAVSKY. The Right Tools for the Job: Learning and Building for Data Visualization and Accessibility. In: *Centering Accessibility in Data Visualization*. Urban Institute, 2022, pp. 10–18. Do Not Harm Guide, no. 3.
7. YAN HOLTZ; CONOR HEALY. *From Data to Viz*. 2018. Available also from: data-to-viz.com.
8. JONATHAN SCHWABISH; SEVERINO RIBECCA. *The Graphic Continuum* [online]. 2014. [visited on 2024-07-18]. Available from: <https://www.informationisbeautifulawards.com/showcase/611-the-graphic-continuum>.
9. *Lexique Visuel*. [N.d.]. Available also from: <https://github.com/Financial-Times/chart-doctor/tree/main>.
10. *Insights for ArcGIS* [online]. 2017. [visited on 2024-07-18]. Available from: <https://www.esri.com/content/dam/esrisites/fr-fr/media/pdf/data-visualization-options-in-insights-3.0.pdf>.
11. SCHWABISH, Jonathan; POPKIN, Sue; FENG, Alice (eds.). *Do Not Harm Guide - Centering Accessibility in Data Visualization*. Urban Institute, 2022. Do Not Harm Guide, no. 3.
12. KRAUSE, Andreas; RENNIE, Nicola; TARRAN, Brian. Best Practices for Data Visualisation [online]. 2024, pp. 1–72 [visited on 2024-12-30]. Available from DOI: 10.5281/ZENODO.10600718.
13. Table Design. In: STEPHEN FEW. *Show Me the Numbers - Designing Tables and Graphs to Enlighten*. Seconde Edition. Burlingame, California: Analytics Press, 2012, pp. 155–190. ISBN 978-0-9706019-7-1.
14. Qualitative. In: JONATHAN SCHWABISH. *Better Data Visualizations: A Guide for Scholars, Researchers, and Wonks* [online]. New York: Columbia University Press, 2021, pp. 311–326 [visited on 2025-01-09]. ISBN 978-0-231-55015-4. Available from: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.7312/schw19310/html>.
15. BEECHAM, Roger; DYKES, Jason; HAMA, Layik; LOMAX, Nik. On the Use of ‘Glyphmaps’ for Analysing the Scale and Temporal Spread of COVID-19 Reported Cases. *ISPRS International Journal of Geo-Information* [online]. 2021, vol. 10, no. 4, p. 213 [visited on 2025-02-16]. ISSN 2220-9964. Available from DOI: 10.3390/ijgi10040213.
16. ROSE-GREENLAND, Fiona. Color Perception in Sociology: Materiality and Authenticity at the *Gods in Color* Show. *Sociological Theory* [online]. 2016, vol. 34, no. 2, pp. 81–105 [visited on 2025-02-16]. ISSN 0735-2751, ISSN 1467-9558. Available from DOI: 10.1177/0735275116648178.
17. TRAN, Tien; LEE, Hae-Na; PARK, Ji Hwan. Discovering Accessible Data Visualizations for People with ADHD. In: *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* [online]. Honolulu HI USA: ACM, 2024, pp. 1–19 [visited on 2025-01-22]. ISBN 979-8-4007-0330-0. Available from DOI: 10.1145/3613904.3642112.
18. Common Pitfalls of Color Use. In: WILKE, Claus O. *Fundamentals of Data Visualization* [online]. 1st ed. O’Reilly Media, 2019, pp. 233–242 [visited on 2024-12-30]. ISBN 978-1-4920-3108-6. Available from: <https://clauswilke.com/dataviz/>.
19. Color Scales. In: WILKE, Claus O. *Fundamentals of Data Visualization* [online]. 1st ed. O’Reilly Media, 2019, pp. 27–36 [visited on 2024-12-30]. ISBN 978-1-4920-3108-6. Available from: <https://clauswilke.com/dataviz/>.

20. Developing a Data Visualization Style Guide. In: JONATHAN SCHWABISH. *Better Data Visualizations: A Guide for Scholars, Researchers, and Wonks* [online]. New York: Columbia University Press, 2021, pp. 349–368 [visited on 2025-01-09]. ISBN 978-0-231-55015-4. Available from: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.7312/schw19310/html>.
21. Data Representation. In: KIRK, Andy. *Data Visualisation: A Handbook for Data Driven Design*. 2nd edition. Los Angeles London New Delhi Singapore Washington DC Melbourne: SAGE, 2019, p. 135. ISBN 978-1-5264-6893-2 978-1-5264-6892-5.
22. Redundant Coding. In: WILKE, Claus O. *Fundamentals of Data Visualization* [online]. 1st ed. O'Reilly Media, 2019, pp. 243–254 [visited on 2024-12-30]. ISBN 978-1-4920-3108-6. Available from: <https://clauswilke.com/dataviz/>.
23. Component-Level Graph Design. In: STEPHEN FEW. *Show Me the Numbers - Designing Tables and Graphs to Enlighten*. Seconde Edition. Burlingame, California: Analytics Press, 2012, pp. 205–256. ISBN 978-0-9706019-7-1.
24. DOUG SCHEPERS. Designing Data for Cognitive Load. In: *Centering Accessibility in Data Visualization*. Urban Institute, 2022, pp. 19–29. Do Not Harm Guide, no. 3.
25. SARAH FOSSHEIM. Creating Better Screen Reader Experiences. In: *Centering Accessibility in Data Visualization*. Urban Institute, 2022, pp. 48–58. Do Not Harm Guide, no. 3.
26. MIKE YI. *How to Choose the Right Data Visualization*. Chartio, 2020. Available also from: <https://res.cloudinary.com/dun3slcfg/image/upload/v1711993110/cloud-files/How-to-Choose-the-right-data-visualization.pdf>.
27. STEPHEN FEW. *Show Me the Numbers - Designing Tables and Graphs to Enlighten*. Seconde Edition. Burlingame, California: Analytics Press, 2012. ISBN 978-0-9706019-7-1.
28. *Ergonomie de l'interaction Homme-Système - Partie 125 : Recommandations Relatives à La Présentation Visuelle d'informations*. AFNOR, 2017. Version de 2018-03-P. No. NF EN ISO 9241-125.
29. *Date et Heure - Représentations Pour l'échange d'information - Partie 1: Règles de Base*. 2019. No. ISO 8601-1.
30. The Graphics. In: SOSULSKI, Kristen. *Data Visualization Made Simple: Insights into Becoming Visual*. New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2019, pp. 43–70. ISBN 978-1-138-50387-8 978-1-138-50391-5.
31. Distribution. In: JONATHAN SCHWABISH. *Better Data Visualizations: A Guide for Scholars, Researchers, and Wonks* [online]. New York: Columbia University Press, 2021, pp. 179–216 [visited on 2025-01-09]. ISBN 978-0-231-55015-4. Available from: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.7312/schw19310/html>.
32. Comparing Categories. In: JONATHAN SCHWABISH. *Better Data Visualizations: A Guide for Scholars, Researchers, and Wonks* [online]. New York: Columbia University Press, 2021, pp. 68–132 [visited on 2025-01-09]. ISBN 978-0-231-55015-4. Available from: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.7312/schw19310/html>.
33. Part-to-Whole. In: JONATHAN SCHWABISH. *Better Data Visualizations: A Guide for Scholars, Researchers, and Wonks* [online]. New York: Columbia University Press, 2021, pp. 289–310 [visited on 2025-01-09]. ISBN 978-0-231-55015-4. Available from: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.7312/schw19310/html>.

34. Directory of Visualizations. In: WILKE, Claus O. *Fundamentals of Data Visualization* [online]. 1st ed. O'Reilly Media, 2019, pp. 37–44 [visited on 2024-12-30]. ISBN 978-1-4920-3108-6. Available from: <https://clauswilke.com/dataviz/>.
35. Visualizing Amounts. In: WILKE, Claus O. *Fundamentals of Data Visualization* [online]. 1st ed. O'Reilly Media, 2019, pp. 45–58 [visited on 2024-12-30]. ISBN 978-1-4920-3108-6. Available from: <https://clauswilke.com/dataviz/>.
36. Time. In: JONATHAN SCHWABISH. *Better Data Visualizations: A Guide for Scholars, Researchers, and Wonks* [online]. New York: Columbia University Press, 2021, pp. 133–178 [visited on 2025-01-09]. ISBN 978-0-231-55015-4. Available from: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.7312/schw19310/html>.
37. Relationship. In: JONATHAN SCHWABISH. *Better Data Visualizations: A Guide for Scholars, Researchers, and Wonks* [online]. New York: Columbia University Press, 2021, pp. 249–288 [visited on 2025-01-09]. ISBN 978-0-231-55015-4. Available from: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.7312/schw19310/html>.
38. Visualizing Many Distributions at Once. In: WILKE, Claus O. *Fundamentals of Data Visualization* [online]. 1st ed. O'Reilly Media, 2019, pp. 81–92 [visited on 2024-12-30]. ISBN 978-1-4920-3108-6. Available from: <https://clauswilke.com/dataviz/>.
39. Visualizing Uncertainty. In: WILKE, Claus O. *Fundamentals of Data Visualization* [online]. 1st ed. O'Reilly Media, 2019, pp. 181–206 [visited on 2024-12-30]. ISBN 978-1-4920-3108-6. Available from: <https://clauswilke.com/dataviz/>.
40. Visualizing Distributions: Histograms and Density Plots. In: WILKE, Claus O. *Fundamentals of Data Visualization* [online]. 1st ed. O'Reilly Media, 2019, pp. 59–70 [visited on 2024-12-30]. ISBN 978-1-4920-3108-6. Available from: <https://clauswilke.com/dataviz/>.
41. WEISSGERBER, Tracey L.; MILIC, Natasa M.; WINHAM, Stacey J.; GAROVIC, Vesna D. Beyond Bar and Line Graphs: Time for a New Data Presentation Paradigm. *PLOS Biology* [online]. 2015, vol. 13, no. 4, pp. 1–10 [visited on 2025-01-22]. ISSN 1545-7885. Available from DOI: 10.1371/journal.pbio.1002128.
42. HOFMANN, Heike; WICKHAM, Hadley; KAFADAR, Karen. Letter-Value Plots: Boxplots for Large Data. *Journal of Computational and Graphical Statistics* [online]. 2017, vol. 26, no. 3, pp. 469–477 [visited on 2025-02-04]. ISSN 1061-8600, ISSN 1537-2715. Available from DOI: 10.1080/10618600.2017.1305277.
43. Becoming Visual. In: SOSULSKI, Kristen. *Data Visualization Made Simple: Insights into Becoming Visual*. New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2019, pp. 1–24. ISBN 978-1-138-50387-8 978-1-138-50391-5.
44. WONG, Dona M. *The Wall Street Journal Guide to Information Graphics: The Dos and Don'ts of Presenting Data, Facts, and Figures*. 1. ed. New York: W.W. Norton & Co, 2010. ISBN 978-0-393-07295-2.
45. MIKE CISNEROS. *What Is a Line Graph?* [online]. Storytelling with data, 2024-03. [visited on 2025-02-18]. Available from: <https://www.storytellingwithdata.com/blog/2020/3/24/what-is-a-line-graph>.
46. Visualizing Nested Proportions. In: WILKE, Claus O. *Fundamentals of Data Visualization* [online]. 1st ed. O'Reilly Media, 2019, pp. 105–116 [visited on 2024-12-30]. ISBN 978-1-4920-3108-6. Available from: <https://clauswilke.com/dataviz/>.

47. Visualizing Time Series and Other Functions of an Independent Variable. In: WILKE, Claus O. *Fundamentals of Data Visualization* [online]. 1st ed. O'Reilly Media, 2019, pp. 131–144 [visited on 2024-12-30]. ISBN 978-1-4920-3108-6. Available from: <https://clauswilke.com/dataviz/>.
48. General Graph Design. In: STEPHEN FEW. *Show Me the Numbers - Designing Tables and Graphs to Enlighten*. Seconde Edition. Burlingame, California: Analytics Press, 2012, pp. 191–204. ISBN 978-0-9706019-7-1.
49. *Neurodiversity Design System* [online]. Neurodiversity Design System. [visited on 2025-01-02]. Available from: <https://www.neurodiversity.design/>.