

INFO COM

licence
master
doctorat

TIFFANY ANDRY
SUZANNE KIEFFER
FRANÇOIS LAMBOTTE



Les fondamentaux de la visualisation de données

> Les bases expliquées

> Les meilleures pratiques

> Des exemples concrets

+ EN LIGNE



Exercices, QCM, schémas
interactifs à compléter

deboeck B
SUPÉRIEUR

Les fondamentaux de la visualisation de données



constitue la bibliothèque de référence de l'étudiant des 1^{er} et 2^e cycles en information-communication.

Elle est dirigée par **Benoît Grevisse**, **Marc Lits** et **Jacques Walter**. Benoît Grevisse est professeur à l'École de journalisme de Louvain et membre actif de l'Observatoire de recherche sur les médias et le journalisme (UCL, Belgique). Marc Lits est professeur émérite de la Faculté des sciences économiques, sociales, politiques et de communication (UCL, Belgique). Jacques Walter est professeur, directeur du Centre de recherche sur les médiations (Université de Lorraine, France) et codirecteur de la revue *Questions de communication*. Ils sont entourés d'un **comité scientifique international**, garantie supplémentaire de la qualité de la collection et de ses proximités avec les programmes des différentes écoles de journalisme et de communication.



TITRES PARUS

- Andry T., Kieffer S. et Lambotte Fr., *Les fondamentaux de la visualisation de données*
- Antoine F., *Analyser la radio*
- Damian-Gaillard B., Montañola S. et Saitta E., *Genre et journalisme*
- Degand A. et Grevisse B., *Journalisme en ligne*
- Derèze G., *Méthodes empiriques de recherche en information et communication*. 2^e édition
- Derèze G., Diana J.-Fr, Standaert O., *Journalisme sportif*
- Frère M.-S., *Journalismes d'Afrique*
- Grevisse B., *Écritures journalistiques*. 2^e édition
- Grevisse B., *Déontologie du journalisme*. 2^e édition
- Guillot C. et Benmoyal Bouzaglo S., *Les fondamentaux de la communication*
- Jaspers J.-J., *Journalisme de télévision*
- Koutroubas Th. et Lits M., *Communication politique et lobbying*
- Lallemand A., *Journalisme narratif en pratique*
- Lits M., Desterbecq J., *Du récit au récit médiatique*. 2^e édition
- Marthoz J.-P., *Journalisme international*. 3^e édition
- Marthoz J.-P., *Couvrir les migrations*
- Pasquier M., *Communication des organisations publiques*. 2^e édition
- Pignard-Cheynel N. et van Dievoet L., *Journalisme mobile*
- Sepulchre S., *Décoder les séries télévisées*. 2^e édition
- Verhaegen P., *Signe et communication*

INFO & COM

licence
master
doctorat

**TIFFANY ANDRY
SUZANNE KIEFFER
FRANÇOIS LAMBOTTE**



Les fondamentaux de la visualisation de données

Licences utilisées pour la présentation des images

Domaine Public

CC 0 : <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/deed.fr>

CC BY : <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/be/>

CC BY-SA : <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/be/>

Free Art License 1.3 : <https://artlibre.org/licence/lal/en/>

Ressources numériques

- Exercices interactifs
- Illustrations en couleur

Repérez les ressources numériques dans votre livre



lienmini.fr/ressourcesnum-dbs

Accédez directement à votre ressource :

Flashez le code avec votre
téléphone ou votre tablette



OU

Tapez l'URL
dans votre navigateur



Pour toute information sur notre fonds et les nouveautés
dans votre domaine de spécialisation, consultez notre site web :

www.deboecksuperieur.com

Couverture et maquette intérieure : cerise.be

Mise en page : PCA

© De Boeck Supérieur s.a., 2022

Rue du Bosquet, 7 – B-1348 Louvain-la-Neuve

Tous droits réservés pour tous pays.

Il est interdit, sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, de reproduire (notamment par photocopie) partiellement ou totalement le présent ouvrage, de le stocker dans une banque de données ou de le communiquer au public, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit.

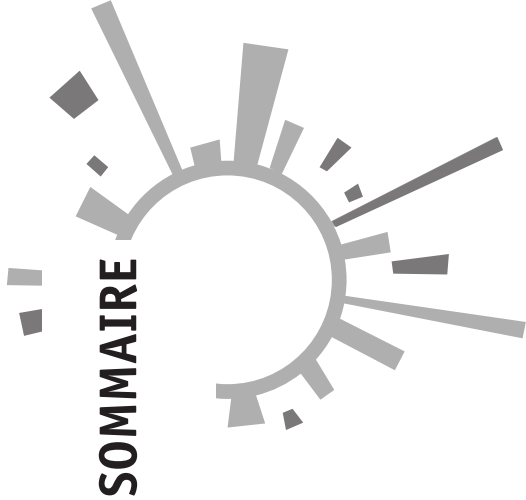
Dépôt légal :

Bibliothèque nationale, Paris : avril 2022

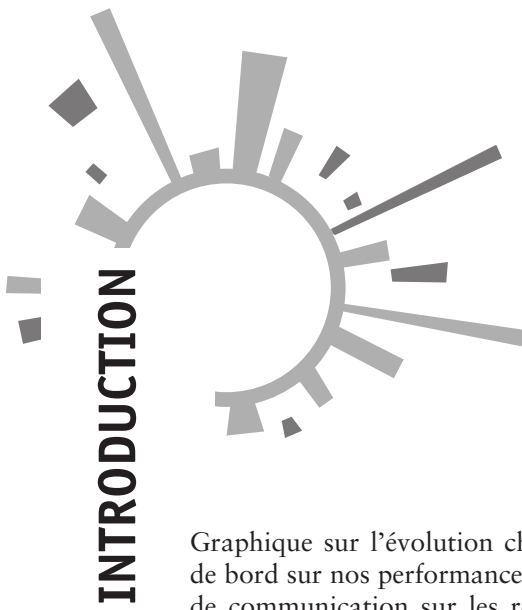
Bibliothèque royale de Belgique, Bruxelles : 2022/13647/064

ISSN 2030-8906

ISBN 978-2-8073-4157-9



INTRODUCTION	7
CHAPITRE 1. Les fondements de la visualisation d'information	13
CHAPITRE 2. La perception visuelle	35
CHAPITRE 3. La représentation des données	67
CHAPITRE 4. Principes de conception des visualisations de données.....	157
CONCLUSION.....	213
ENVIE DE TESTER VOS CONNAISSANCES?	217
BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE.....	219
TABLE DES MATIÈRES DÉTAILLÉE	233
TABLE DES FIGURES	223
INDEX	231



Graphique sur l'évolution chiffrée de la pandémie de COVID-19, tableau de bord sur nos performances sportives quotidiennes, suivi d'une campagne de communication sur les réseaux sociaux, les visualisations de données sont devenues incontournables dans notre quotidien. Comment expliquer l'essor de ce mode d'information et de communication ?

Depuis 2010, la digitalisation de notre société s'est fortement accélérée. La production de contenus sur le web a connu une croissance exponentielle, rendue possible par la conjonction de plusieurs facteurs que nous prenons le temps de rappeler ici.

L'infrastructure du web (fibre optique, réseau mobile 4G/5G) s'est grandement améliorée avec une bande passante qui a permis un doublement du nombre de personnes ayant une connexion à haut débit depuis 2010 (Roser *et al.*, 2015). Ainsi, l'entreprise CISCO¹ projette que nous passerons de 3,9 milliards en 2018 à 5,9 milliards de personnes ayant un accès à Internet d'ici 2023. En parallèle, le nombre d'appareils connectés passera de 8 milliards à plus de 12 milliards. Chacun de ces appareils ayant des performances décuplées, en particulier les smartphones, nous sommes devenus, au quotidien, en capacité de produire autant de contenus qu'en une année il y a près de 100 ans. Ainsi, en 2018, on estime à 3 milliards le nombre d'utilisateurs des réseaux sociaux². Des chiffres qui donnent le vertige.

Face à cette hyperconnectivité et cette production massive de contenus, l'un des plus grands défis est celui de l'économie de l'attention (Citton, 2013). Comment attirer le regard, l'intérêt du lecteur ou de la lectrice et l'inviter à consacrer de précieuses secondes à lire ou découvrir ce que vous lui proposez ? Dans cette bataille quotidienne, ce sont les images et les vidéos qui ont progressivement supplanté les contenus textuels sur le web. En 2021, ce sont les plateformes de contenus vidéos et images qui dominent le classement en matière de contenus les plus consommés sur plateforme³.

1. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>

2. Source: <https://cdn.statcdn.com/Infographic/images/normal/13175.jpeg>

3. Source: <https://fr.statista.com/infographie/17351/applications-generant-la-plus-grande-part-du-traffic-internet-mobile/>

Avec l'accélération des innovations numériques, nous délégons aux machines, outils de rétention tertiaire selon Stiegler (Rétention | Ars Industrialis, s. d.), le stockage et la rétention de tous nos échanges et productions numériques. On stocke, on trie, mais on ne jette rien (Van House & Churchill, 2008). Ce stockage massif de nos données a permis le développement de l'économie de la donnée. Du *big data* aux *data analytics* en passant par l'intelligence artificielle, l'exploitation des données est devenue le moteur des prises de décisions dans toutes les sphères de l'organisation : optimisation des performances de production, adaptation des capacités ou encore personnalisation de l'offre de contenus et de services passent aujourd'hui par l'analyse en temps réel de nos traces numériques.

Face à cette masse de données, il s'agit pour les producteurs de contenu qu'il ou elle soit journaliste, data analyste ou animatrice de communauté de produire de l'intelligibilité sur la base de données collectées et traitées grâce à un algorithme. En effet, l'exploitation des données, vu la quantité amassée, ne fait également plus depuis longtemps l'objet d'un monopole des humains (Lamb & Kling, 2003). Par la nature des traces et par l'évolution des modalités de capture, de nouvelles formes d'exploitation sont à l'œuvre : les algorithmes, que Cardon (2015) décrit comme des objets dénués d'intelligence. Malgré cela, leur utilisation n'est pas pour autant sans conséquence. En effet, une fois collectées et stockées, les traces de nos échanges font l'objet de calculs, de mise en association par ces algorithmes qui se chargent ensuite de traduire ces résultats sous forme de visualisations de données. C'est ce que nous définissons comme une mise en intelligibilité des données.

Pour Bachimont (1996), la production de nouvelles connaissances par les algorithmes repose sur une technique d'inscription computationnelle qui dépasse et diffère de l'inscription graphique : « L'hypothèse que nous formulons est que l'informatique, sous la forme des systèmes formels automatiques, fournit précisément un nouveau type de support, les supports dynamiques, auquel doit correspondre un type spécifique de synthèse, et par conséquent une rationalité spécifique, que nous proposons de baptiser "raison computationnelle" » (Bachimont, 1996 pp.14-15). Cependant, même si cette raison computationnelle produit de nouvelles connaissances, celles-ci restent très abstraites (des 1 et des 0) si elles ne sont pas traduites d'un écrit-calcul dans un écrit-graphique accessible aux utilisateurs finaux (Collomb, 2016). Dans cet exercice, la visualisation d'information et de données a pris une place prépondérante de par leur efficacité communicationnelle.

Bien que l'influence des algorithmes sur notre quotidien domine les discours médiatiques, nous souhaitons, à travers cet ouvrage, conscientiser le lecteur et la lectrice quant à l'importance des visualisations de données comme le médium privilégié dans nos interactions avec ces calculs. Que ce soit un graphique sur l'évolution de la pandémie de COVID-19, un tableau de

bord d'aide à la prise de décision ou encore dans le suivi de nos performances physiques quotidiennes sur notre smartphone, ces mises en forme influencent grandement nos manières d'interpréter ces informations et d'agir en conséquence.

Cet ouvrage est un des fruits du projet FEDER USERMEDIA/MEDIAFACTORY UCL Mons, portant sur la mise en intelligibilité des données produites sur les réseaux sociaux numériques. Dès le départ, en 2013, nous avons pris conscience de la nécessité de travailler sur la conception des visualisations de données et leur compréhension par un public de non-initiés.

Ce public est au cœur des réflexions que nous proposons dans cet ouvrage, il vise d'une part à conscientiser les concepteurs et conceptrices de visualisation de données aux origines et à l'évolution des grands principes de conception, aux familles de visualisations de données les plus appropriées en fonction de la construction de l'histoire et du message souhaité et, d'autre part, de permettre à ce public de non-initiés de poser un regard critique sur la visualisation d'information et de données à laquelle il ou elle est exposé quotidiennement en tant que citoyen.ne dans toutes les facettes de notre vie.

Enfin, alors que la visualisation de données prend une place prépondérante dans notre quotidien, l'inscription de cette matière aux programmes de formation en sciences de l'information et de la communication et plus largement en sciences humaines et sociales n'est que très récente. Nous espérons équiper celles et ceux qui, dans le monde francophone, souhaitent bénéficier d'une base théorique solide pour construire leurs compétences dans ce domaine. De nombreuses illustrations accompagnent également les lecteurs et lectrices dans leur découverte des principes et familles de visualisations de données. Cet ouvrage ne prétend pas se substituer à une formation plus technique visant la maîtrise d'un logiciel de conception de visualisation de données. Cependant, il représente un excellent guide pour celui ou celle qui, équipé d'un logiciel, devra poser des choix à chaque étape du processus de conception (types de données, types de croisement, type de message, type de public).

Pour vous permettre de saisir toutes les subtilités de la visualisation de données, cet ouvrage est organisé comme suit :

Le premier chapitre présente une perspective historique de la visualisation de données. Son objectif est de vous montrer que l'utilisation des graphiques de données est loin d'être un phénomène nouveau. Il initie également aux objectifs essentiels de la visualisation de données et à quelques éléments importants de terminologie.

Le second chapitre aborde la perception visuelle. Qu'est-ce que le sens de la vue ? Comment fonctionne l'œil ? D'où viennent les couleurs ? Ainsi,

le lecteur est amené à comprendre que le pouvoir de la visualisation de données repose sur des phénomènes physiques concrets: par exemple, en colorant de rouge un numéro dans une série de chiffres, il est plus facile de l'identifier. C'est le traitement préattentif qui est stimulé, essentiel en visualisation de données. Après l'avoir découvert, vous serez sensibilisé à diverses lois d'illusion d'optique qui entrent en jeu dans la conception de représentation graphique. Comprendre la vision, c'est comprendre comment fonctionne la visualisation de données.

Le troisième chapitre entre dans le vif du sujet en présentant les données et leur représentation au lecteur. Effectivement, il existe différents types de données et de variables qui, une fois identifiés, permettent de choisir la représentation idéale. Néanmoins, les visualisations de données se classent en différentes familles: les visualisations statistiques, les visualisations temporelles, les cartes et, pour terminer, les hiérarchies et réseaux. Après une présentation de celles-ci, le lecteur a accès à un catalogue qui ne recense pas moins de 43 visualisations différentes dans une fiche détaillée: à quelles données et à quels types de variables correspondent ces visualisations, quelles sont leurs forces et leurs faiblesses, etc. Son objectif est d'aider le concepteur de visualisation de données débutant à choisir la bonne technique ou, autrement dit, le bon graphique.

Le quatrième chapitre rassemble toutes les règles et principes de conception des visualisations de données qui aident à réaliser une visualisation correctement perceptible et adaptée à son audience. Découvrez ainsi les *do's and don'ts* de la visualisation à travers ce dernier chapitre: de véritables trucs et astuces à mettre en place pour éviter tout faux pas dans la conception de sa représentation graphique.

Cet ouvrage se termine tout naturellement sur une conclusion qui vise à vous rappeler les éléments essentiels parcourus au sein des chapitres.

Comment lire cet ouvrage ?

Pour les uns, ce livre permettra une initiation dans le domaine de la visualisation de données, en proposant un cadrage en termes de culture générale. Les deux premiers chapitres rempliront parfaitement cet objectif, tandis que les deux derniers apportent des connaissances plus concrètes.

Pour les autres, il peut s'agir d'un guide, à partir du chapitre 3. En effet, lorsque l'on conçoit une visualisation de données, il y a des éléments importants à prendre en compte. Le type de données et le type de variables, ainsi que le message à communiquer, permettent de faire un choix entre plusieurs techniques de visualisation. Le lecteur pourra s'il le souhaite s'aider du catalogue pour faire un choix entre 43 techniques de visualisation. Par la suite, il pourra s'aider du quatrième chapitre pour réaliser ses

choix de conception graphique: quels principes respecter, quelles couleurs utiliser, etc.

En somme, cet ouvrage peut être lu traditionnellement, du premier au dernier chapitre, pour les débutants et les curieux. Pour ceux qui souhaitent mettre la main à la pâte et réaliser leurs propres visualisations de données, il peut être utilisé de manière sélective, tel un guide, en choisissant sa technique de visualisation dans le catalogue ou encore en s'assurant grâce aux principes de conception recensés que leur design est correctement conçu.

Même si beaucoup de règles régissent la création d'une visualisation de données, n'oubliez jamais qu'elle est une conséquence de choix de conception: c'est une interprétation, un message créé par un auteur sur base d'un jeu de données concret. À travers cet ouvrage, nous espérons développer, d'une part, une perspective critique chez le lecteur de visualisations de données et, d'autre part, d'aider les créateurs de visualisations de données à adopter de bons réflexes de conception.

Bibliographie indicative

Bachimont, B. (1996). Intelligence artificielle et écriture dynamique: De la raison graphique à la raison computationnelle. *Au nom du sens*, 290 319.

Collomb, C. (2016). *Un concept technologique de trace numérique*. Compiègne. <http://www.theses.fr/2016COMP2286>

Cardon, Dominique. (2015). *À quoi rêvent les algorithmes: Nos vies à l'heure des big data*. Seuil.

Citton, Y. (2013). The Attention Economy and the New Forms of Digital Exploitation. *Multitudes*, 54(3), 163175.

Lamb, R., & Kling, R. (2003). Reconceptualizing Users as Social Actors in Information Systems Research. *Management Information Systems Quarterly*, 27(2). <http://aisel.aisnet.org/misq/vol27/iss2/4>

Rétention | *Ars Industrialis*. (s. d.). Consulté 4 janvier 2018, à l'adresse <http://arsindustrialis.org/r%C3%A9tention>

Roser, M., Ritchie, H., & Ortiz-Ospina, E. (2015). Internet. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/internet>

Van House, N., & Churchill, E. F. (2008). Technologies of memory: Key issues and critical perspectives. *Memory Studies*, 1(3), 295310.

1. L'œil	36
2. La couleur.....	40
3. Le traitement préattentif.....	48
4. Les lois d'illusion et de perception	53
5. Conclusion	64

La visualisation d'information repose sur les propriétés de la perception visuelle. C'est ce qui, d'ailleurs, en fait son succès, à travers l'adage « une image vaut mieux qu'un long discours ».

Mais lorsque l'on regarde une visualisation de données, que se passe-t-il? Grâce à l'œil, nous faisons fonctionner la **vue**, qui est tout naturellement le sens nous permettant de voir. La **vision** est l'interprétation cognitive du sens de la vue.

Que voyez-vous sur la figure 16? Deux visages? Un vase? Les deux?

Cette illusion d'optique, dite « ségrégation fond-forme », vous fait ainsi prendre conscience que la vue et la perception des formes ne sont pas les seules choses qui se produisent lorsque vous regardez une image. Votre cerveau produit une



Figure 16: Le vase de Rubin
(CC BY-SA)

interprétation et crée du sens en un rien de temps. Il s'agit de la **vision**, qui n'est donc pas seulement un processus physique, mais aussi cognitif.

Vous le comprendrez aisément, l'usage grandissant des visualisations d'information n'est pas à l'abri de biais induit par la conception ou l'interprétation. Dans la plupart des cas, ces biais amènent des incompréhensions ou servent parfois à de la manipulation délibérée menant à des prises de décisions pouvant être lourdes de conséquences.

Dans ce chapitre sur le pouvoir de la vision, notre objectif est de comprendre comment la perception visuelle fonctionne. Nous aborderons également la couleur, le traitement préattentif et différentes lois de perception, comme les lois de la *Gestalt Theory*. Comprendre ces éléments est un prérequis afin de réaliser de bons choix de conception de visualisations de données.

1. L'œil

1.1 Les sens humains

Selon Aristote (384-322 av. J.-C), philosophe grec de l'Antiquité, la perception sensorielle des humains comprend cinq sens : le goût, l'odorat, l'ouïe, le toucher et la vue. Bien qu'il n'y ait pas de consensus en neurophysiologie concernant le nombre exact de sens humains, il semble désormais admis que la perception sensorielle des humains est bien plus vaste et comporterait au moins neuf sens, soit au moins quatre de plus que les cinq sens d'Aristote : le sens de l'équilibre, le sens du mouvement et de position du corps, le sens de la douleur, et le sens du chaud et du froid. Dans les ressources externes, vous trouverez en guise d'exemple une vidéo abordant les sens humains⁴.

L'équilibriception est un sens physiologique qui existe grâce aux yeux et à la perception visuelle, aux oreilles et à leur système vestibulaire, ainsi qu'aux autres sens spatiaux (proprioception) (Benamran, 2015).

La proprioception est aussi appelée kinesthésie. C'est la perception de la position de son propre corps, consciente ou inconsciente. Elle est rendue possible par l'ensemble des informations nerveuses transmises au cerveau par les différents récepteurs présents sur nos muscles (Benamran, 2015).

La nociception est le sens de la douleur. Elle est un sous-sens du toucher, car notre peau est recouverte de nocicepteurs, tout comme d'autres parties de notre corps (exemple ; une rage de dents) (Benamran, 2015).

La thermoception est le sens de la chaleur. La plupart des mammifères ressentent cette chaleur externe à leur propre corps grâce à des capteurs de chaleur pour le chaud et de capteurs d'absence de chaleur pour le froid (Benamran, 2015).

4. <https://www.youtube.com/watch?v=6XQhUJ5fqMk>

1.2 Fonctionnement de l'œil et de la vue

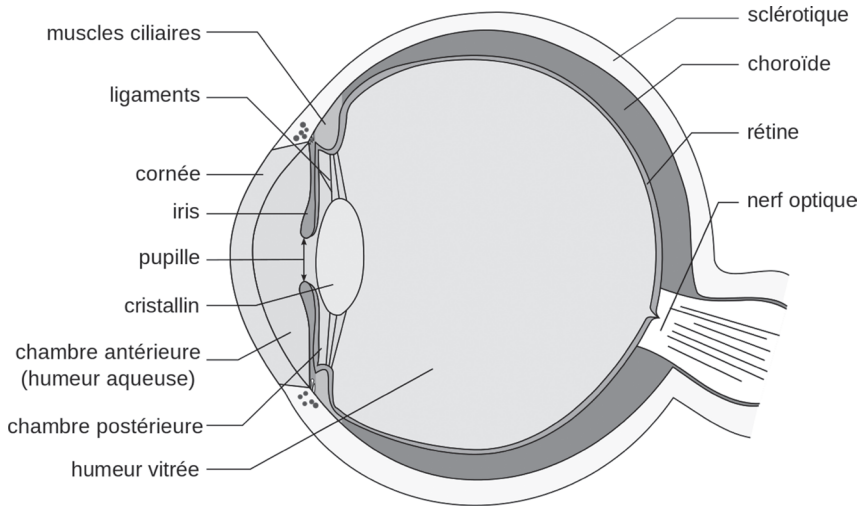


Figure 17 : Schéma d'une coupe longitudinale d'œil humain, par Talos, Jakov et Falcox, 2014, (CC BY-SA)

L'œil est l'organe récepteur de la vue, logé dans l'orbite, et dont les principales parties sont la pupille, le cristallin et la rétine. La vue est la capacité sensorielle (sens) qui nous permet de voir. La vision, ou perception visuelle, fait référence aux processus cognitifs et physiologiques par lesquels la lumière émise par l'environnement détermine les détails des représentations sensorielles (formes, couleurs, textures, mouvement, distance et relief). Ces processus permettent au cerveau d'interpréter le sens de la vue.

La cornée est le premier élément de l'œil rencontré par la lumière. L'iris, par mouvements de fermeture et d'ouverture, permet de réguler la quantité de lumière perçue. C'est par la pupille qu'entre la lumière dans l'œil, afin d'atteindre le cristallin. Le cristallin peut faire varier la focalisation de la lumière afin de faire converger les rayons lumineux sur la rétine, au fond de l'œil. Ce phénomène s'appelle l'accommodation. La rétine est pourvue de récepteurs de lumière : les bâtonnets (sensibles à la luminosité) et les cônes (sensibles aux couleurs). L'accommodation permet d'assurer la netteté de l'information visuelle qui est envoyée au cerveau grâce au nerf optique. L'information visuelle est donc un message de type nerveux.

La rétine comporte de nombreux récepteurs sensibles à la lumière. Ils sont appelés cellules photoréceptrices ou photorécepteurs. Les photorécepteurs sont les cellules qui réagissent aux radiations lumineuses. Les cônes sont les cellules photoréceptrices localisées au centre de la rétine qui permettent

la vision des couleurs. Les bâtonnets sont les cellules photoréceptrices localisées en périphérie de la rétine qui réagissent aux faibles intensités lumineuses. Les neurones (ganglionnaires et bipolaires) transfèrent les informations de la rétine au cerveau par l'intermédiaire du nerf optique.

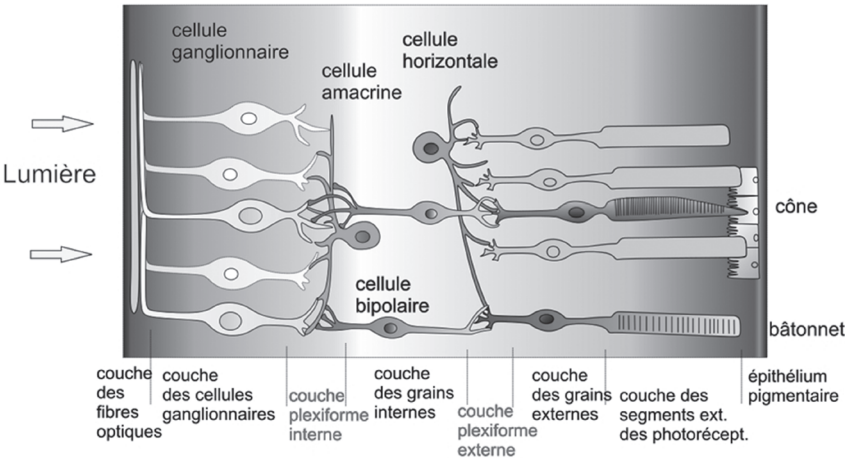


Figure 18 : Structure de la rétine, imitée de Purves *et als* Neurosciences, De Boeck, 2005, par Pancrat (CC BY-SA)

Les humains et quelques autres primates ont une vision trichromatique, c'est-à-dire impliquant trois types de cônes : les cônes S (pour « *short* » en anglais, longueur d'onde courte) associés aux couleurs bleuâtres avec un maximum dans les violet-bleus ; les cônes M (pour « *medium* » en anglais, longueur d'onde moyenne) associés aux couleurs vertes ; et les cônes L (pour « *long* » en anglais, longueur d'onde longue) associés aux couleurs vertes à rouges avec un maximum vert-jaune. Le daltonisme résulte d'une déficience d'un ou plusieurs des trois types de cônes de la rétine oculaire qui affecte la perception des couleurs (exemple : vert et rouge identiques). Les oiseaux et les poissons ont une vision quadrichromatique, c'est-à-dire impliquant quatre types de cônes. Cette caractéristique leur permet de distinguer des surfaces que les humains perçoivent comme identiques.

1.3 La vision et l'intensité lumineuse : vision diurne, nocturne et crépusculaire

Trois réseaux peuvent être mobilisés en fonction de l'intensité lumineuse : les cônes pour la vision diurne (forte intensité lumineuse), les bâtonnets pour la vision nocturne (faible intensité lumineuse), et les bâtonnets périphériques et les cônes centraux pour la vision crépusculaire.

La vision **photopique** est la forme que prend la vision de jour, lorsqu'il y a beaucoup de lumière (ou, de manière plus générale, lorsque l'éclairage est important). En raison de la forte intensité lumineuse, ce sont les cônes qui jouent un rôle important.

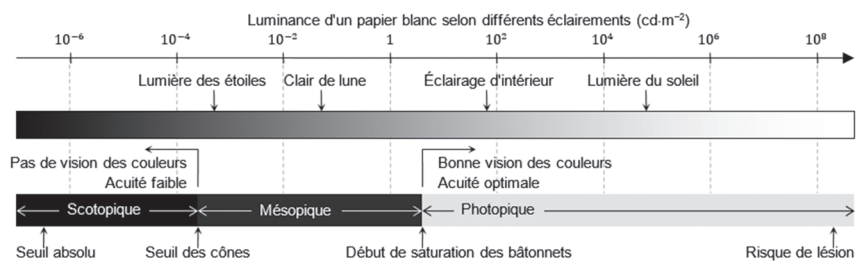


Figure 19: Domaines de vision d'après Robert Sève, Science de la couleur, 2009, (ISBN 2-9519607-5-1) (CC BY-SA)

La vision **scotopique** est la forme que prend la vision de nuit, lorsqu'il y a peu de lumière (ou, de manière plus générale, lorsque les conditions d'éclairage sont basses). Les bâtonnets y jouent un rôle important en raison de la faible intensité lumineuse.

La vision **mésotopique** est la forme que prend la vision au crépuscule (ou, plus généralement, lorsque les conditions d'éclairage sont moyennes). Les bâtonnets périphériques et les cônes centraux sont mobilisés dans ce cas.

Découvrez l'aperçu de la vision de jour et de nuit sur la Figure 20 (QR code).



www.lienmini.fr/41579-fig020

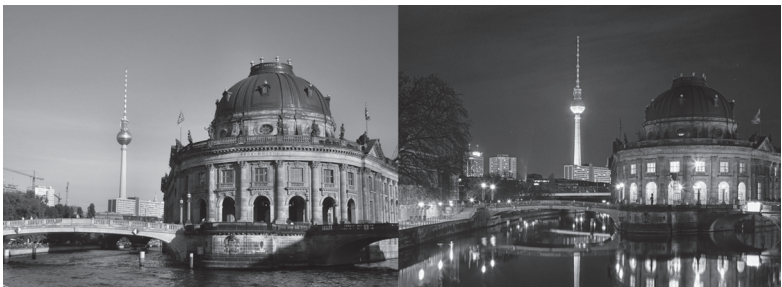


Figure 20: Le Bode Museum et la Tour de Télévision à Berlin, vue de jour et de nuit, Pixabay.com (CC0)

2. La couleur

Pour la bonne compréhension de ce chapitre, il est impératif de scanner le QR code suivant. Sur votre smartphone, il vous permettra de voir les images 23 à 29 en couleur, illustrant les exemples mentionnés.



www.lienmini.fr/41579-chap2a

2.1 D'où viennent les couleurs ?

La visibilité d'un objet est rendue possible par la lumière. En réalité, les couleurs n'ont pas d'existence propre: l'image perçue par l'œil constitue un message nerveux qui est envoyé au cerveau via le nerf optique. Grâce au cerveau, nous percevons ces images colorées: il « construit » les couleurs grâce aux messages électriques en provenance de la rétine (Valeur, 2016). Souvenez-vous du paysage berlinois présenté précédemment (figure 20). Ce qui diffère sur ces photographies d'un paysage semblable, c'est l'intensité de l'éclairage au moment où les photos ont été capturées. L'éclairage de jour est élevé et stimule les cônes à travers la vision photopique tandis que l'éclairage de nuit est faible à modéré, ce qui stimule davantage les bâtonnets et la vision scotopique. Ainsi, le ciel n'est pas bleu en soi et les arbres ne sont pas verts en soi non plus. C'est le cerveau qui, à travers le niveau de lumière disponible, fait percevoir ces éléments comme tels (Valeur, 2016). En somme, l'œil voit très distinctement les couleurs de jour uniquement grâce aux cônes qui sont sensibles aux fortes intensités lumineuses. La couleur est visible grâce à la lumière; si elle n'est pas présente ou en faible intensité, il est tout simplement impossible de voir la couleur.

2.2 Les conditions de visibilité d'un objet

Tout est donc une question de lumière. Il y a trois conditions à satisfaire afin de voir un objet:

1. L'objet est éclairé par une source lumineuse (solaire, lunaire ou artificielle).
2. L'objet diffuse des rayons lumineux. Il réfléchit la lumière extérieure ou diffuse sa propre lumière.
3. Les rayons lumineux diffusés par l'objet entrent directement dans l'œil.

La diffusion est le phénomène qui se produit lorsque la lumière frappe un corps qui la renvoie alors dans toutes les directions. Sur la figure 21, la

lumière du Soleil réfléchi par l'arbre entre directement et en ligne droite dans l'œil. Évidemment, sur ce schéma, le mur empêche la lumière d'entrer dans l'œil du bas, ce qui ne permet pas de voir l'arbre. L'interaction de l'œil avec la lumière permet la perception des couleurs.

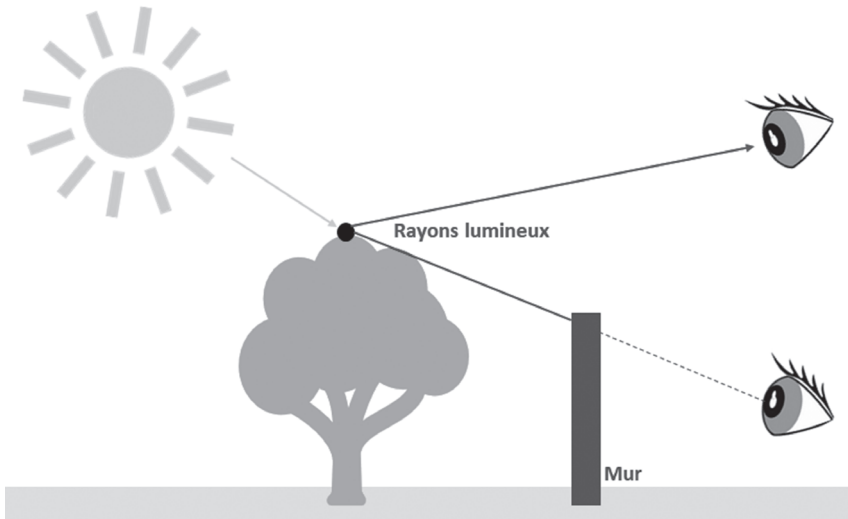


Figure 21 : Diffusion de la lumière, par les auteurs

2.3 La longueur d'onde

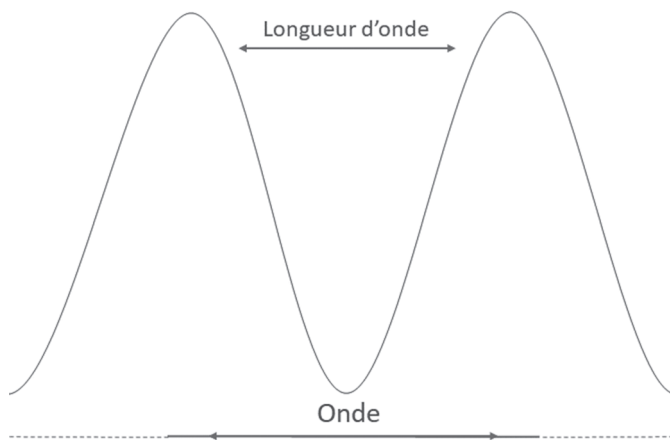


Figure 22 : La longueur d'onde, par les auteurs (CC0)

La lumière est composée d'ondes électromagnétiques. Ces ondes sont caractérisées par leur longueur. La longueur d'onde s'apparente à la distance entre deux phases ondulatoires, comme dans la figure 22. On dit alors que l'onde est courte lorsqu'il y a une faible distance entre deux crêtes successives. Si cette distance est grande, on parle « d'onde longue ». La lumière se présente à nous comme un ensemble d'ondes électromagnétiques de longueur différente. Les ondes frappent différents objets. Certaines d'entre elles sont absorbées, d'autres sont réfléchies par les objets. En réfléchissant ces ondes, et donc cette lumière, les objets font parvenir la lumière jusqu'à l'œil. Cela se rapporte d'ailleurs aux trois conditions de visibilité d'un objet abordées sur la page précédente (Sève, 2009).

2.4 L'interprétation des ondes par le cerveau

L'œil perçoit les couleurs en journée, lorsque la vision photopique fonctionne, stimulant ainsi les cônes présents sur la rétine. Il y a trois types de cônes, correspondant à des longueurs d'ondes différentes :

- Les cônes « S » (*short*), qui correspondent aux longueurs d'ondes courtes, jusqu'à 437 nanomètres. Ils correspondent ainsi aux nuances de bleu.
- Les cônes « M » (*medium*), qui correspondent aux longueurs d'ondes moyennes, jusqu'à 533 nanomètres. Ils correspondent ainsi aux nuances de vert.
- Les cônes « L » (*long*), qui correspondent aux longueurs d'ondes longues, jusqu'à 564 nanomètres. Ils correspondent ainsi aux nuances de rouge.

En vision nocturne (ou scotopique), les bâtonnets sont sensibles à une longueur d'onde allant jusqu'à 498 nanomètres. La figure 23 (QR code) permet de voir à quoi correspondent les différents cônes et les bâtonnets.

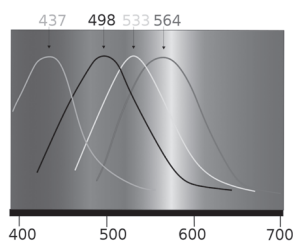


Figure 23: Spectre visible d'absorption des cônes.

La courbe noire représente les bâtonnets. Par Pancrat, 2011 (CC BY-SA)

Toute une gamme d'ondes entre simultanément dans l'œil qui voit plusieurs couleurs en même temps. Plusieurs cônes réagissent à différents degrés.

Le cerveau interprète alors une information en mélangeant les sensations colorées : l'association du bleu et du rouge forment ainsi la sensation colorée « magenta », par exemple. Les différentes longueurs d'ondes interprétées par notre cerveau font donc ressentir différentes sensations colorées.

L'étendue des longueurs d'ondes perceptibles par l'œil humain forme ce que l'on appelle « le spectre visible ». Cela signifie qu'il existe d'autres longueurs d'ondes que nous ne percevons pas, comme les micro-ondes. Le spectre visible fait partie du spectre électromagnétique, rassemblant toutes les ondes électromagnétiques qui existent. Les longueurs d'onde décrites en nanomètres expriment les caractéristiques physiques des couleurs. Les teintes produites par le cerveau grâce aux messages nerveux encodés par les différents cônes et transmis par le nerf optique sont les caractéristiques psychologiques de la couleur.

Le bleu, le vert et le rouge sont des teintes. Il est possible de caractériser la couleur autrement encore. Deux autres éléments influencent la façon dont la couleur est perçue. Ce sont aussi des interprétations psychologiques de la couleur provenant d'un phénomène physique. Il s'agit de la saturation et de la luminosité.

Teinte, saturation et luminosité

Ainsi, la couleur est l'association de la teinte, de la saturation et de la luminosité qui permettent au cerveau de transformer les caractéristiques physiques des ondes en une sensation psychologique, qui nous permet donc d'interpréter ce qui nous entoure :

- La teinte : plusieurs longueurs d'onde sont présentes et réfléchies simultanément. Il y a une longueur d'onde dominante.
- La saturation : plus il y a de longueurs d'onde différentes de la dominante, plus la saturation est faible. Moins il y a de longueurs d'onde différentes de la dominante, plus la saturation est élevée. Si toutes les ondes sont présentes en une même quantité, nous voyons une tonalité de gris.
- La luminosité : plus la quantité de longueurs d'onde augmente, plus la luminosité est forte. Plus la quantité diminue, plus la luminosité est faible. Si toutes les longueurs d'ondes sont présentes en quantité maximale, nous percevons du blanc. À l'inverse, si elles sont absentes, nous percevons du noir.

La couleur n'est donc pas seulement une question de teinte. Dans les logiciels de conception d'image par exemple, la notion de RGB (Red Green Blue) et de HSL (Hue Saturation Luminance) est souvent utilisée pour permettre à l'utilisateur de définir la couleur la plus précise possible. Dans les ressources externes, vous pourrez faire varier ces éléments sur une roue colorimétrique afin de les comprendre plus aisément.

2.5 La synthèse additive et la synthèse soustractive

Il est possible de faire apparaître la couleur en utilisant deux procédés : la synthèse additive ou la synthèse soustractive. La figure 24 (QR code) en montre un exemple.

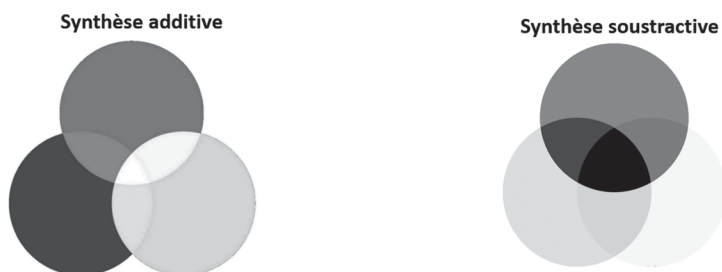


Figure 24 : Synthèse additive et soustractive, par les auteurs

Les couleurs primaires de la synthèse additive sont le rouge, le vert et le bleu. En synthèse additive, la somme de trois lumières de couleurs primaires de même intensité donne du blanc. En faisant varier la proportion de chacune des lumières, on peut obtenir la couleur de son choix. En synthèse additive, on parle de superposition de lumières colorées et non de couleurs. Le blanc est la somme de toutes les couleurs uniquement lorsque l'on additionne plusieurs sources lumineuses (Lejeune *et al.*, 2006). C'est le procédé utilisé par les écrans.

La synthèse soustractive consiste à supprimer une partie du spectre de la lumière blanche pour obtenir une couleur différente. Cela consiste à combiner les propriétés d'absorption de plusieurs corps pour obtenir une nouvelle couleur. Cela peut impliquer la superposition de filtres ou encore le mélange de plusieurs couleurs. La synthèse soustractive joue sur la capacité d'un pigment à ne diffuser que certaines teintes (Lejeune *et al.*, 2006). Lorsque l'on mélange toutes les couleurs d'une boîte de peinture, on obtiendra du marron ou du noir. De la même façon, en synthèse soustractive, lorsque l'on dit que les couleurs primaires sont le cyan, le magenta et le jaune, ce n'est vrai que lorsque l'on parle de pigmentation. C'est le procédé utilisé par les imprimantes.

2.6 La couleur en contexte : contrastes et illusions

Une fois contextualisée, une couleur peut être perçue différemment en fonction de son environnement. Michel Eugène Chevreul s'en rend compte en 1824, lorsqu'il est nommé directeur des teintures à la Manufacture des Gobelins. Il était difficile à l'époque de reproduire à l'identique certaines couleurs sur le tissu. Chevreul s'est alors rendu compte que le problème ne

venait pas de la chimie, mais de notre perception visuelle : des couleurs sont perçues différemment si elles sont juxtaposées, disposées les unes à côté des autres ou regardées seules (Valeur, 2016).

Les différents contrastes peuvent donc nous faire percevoir les couleurs différemment.

Pour voir ces exemples en couleur, scannez le QR code (p. 40). Vous découvrirez ainsi :

- **Le contraste de luminosité** (Figure 25, QR code) : une même couleur est perçue plus foncée sur un fond clair que sur un fond sombre (Parsons, 1924). Sur la figure 31, le carré de couleur moutarde semble plus foncé lorsqu'il est contextualisé dans le carré gris plutôt que dans le carré noir. Autrement dit, le carré noir rend cette couleur plus saillante. L'œil s'adapte à l'intensité lumineuse moyenne d'une scène. D'ailleurs, de manière générale, on préconise en visualisation de données d'employer un fond blanc ou gris afin d'éviter les effets de contraste et de problèmes de visibilité.



Figure 25 : Contraste de luminosité, par les auteurs (CC0)

- **Le contraste de saturation** (Figure 26, QR code) : pour l'œil, la vivacité d'une couleur dépend de la scène environnante. Ainsi, une couleur semblera plus pâle lorsqu'elle sera contextualisée dans un ensemble plus soutenu. Elle semblera donc plus vive si elle est entourée d'une couleur fade (Parsons, 1924). Sur la figure 26, le plus petit carré, de couleur identique dans les deux contextes, semble plus vif dans un environnement gris, qui est fade.



Figure 26 : Contraste de saturation, par les auteurs (CC0)

- **Le contraste simultané** (Figure 27, QR code) : l'éclat de deux couleurs complémentaires est plus intense lorsqu'on les juxtapose. Lorsqu'il perçoit une couleur, l'œil suscite naturellement la perception de la couleur qui lui est complémentaire. Deux couleurs complémentaires mises l'une sur l'autre se renforcent donc mutuellement (Valeur, 2016).

Par exemple, le cyan est complémentaire au rouge. C’est la raison pour laquelle les carrés rouges ressortent davantage sur le carré cyan de la figure 27. Vous en doutez ? C’est peut-être à cause de la proximité des carrés bleus et jaunes. Cachez simultanément le carré jaune puis bleu pour mieux constater la saillance des carrés rouges !



Figure 27 : Contraste simultané, par les auteurs (CC0)

- **Le contraste successif** (Figure 28, QR code) : il s’agit d’une illusion qui peut faire voir une couleur qui n’apparaît pas. Pour comprendre cela, une petite expérience est possible : sur la figure 28, fixez les cercles bleus pendant environ 20 secondes. Ensuite, maintenez votre regard sur le cercle à droite. Voyez-vous cette tache jaune qui apparaît ? La raison est physiologique et psychologique : lorsque l’on regarde une tache bleue, les neurones stimulés par les cônes « S » (cônes sensibles au bleu) saturent, d’une certaine façon, laissant ainsi la place aux cônes « M » et « L », qui concernent les couleurs complémentaires et les longueurs d’ondes plus grandes. Le temps que la situation des cônes « S » se rétablisse, une sensation de jaune apparaît, grâce aux deux autres types de cônes (Valeur, 2016).



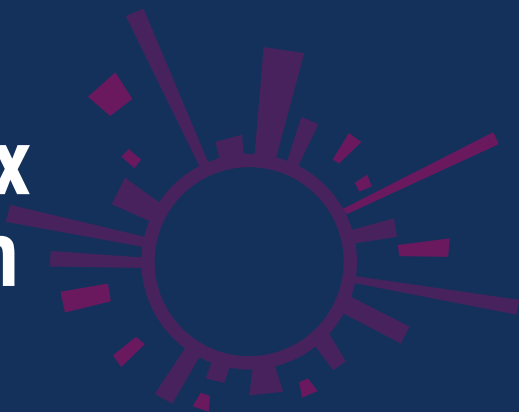
Figure 28 : Contraste successif, par les auteurs (CC0)

2.7 Le daltonisme

Le daltonisme est une anomalie visuelle. Les personnes qui sont concernées par cette infirmité légère (daltoniens) sont atteintes d’une défaillance au niveau des cônes. Un ou plusieurs des trois cônes de la rétine dysfonctionnent. L’anomalie est génétique et est détectée chez l’enfant avant l’âge de 3 ans (Lanthony, 2001). Différentes déficiences existent.

Le dysfonctionnement le plus courant est la confusion du vert et du rouge. Cette déficience atteint principalement les hommes, car les gènes

Les fondamentaux de la visualisation de données



Graphiques dans les médias (presse, télévision, réseaux sociaux, plateformes web, etc.), outils d'aide à la décision en entreprise ou encore balises de suivi de nos activités physiques sur smartphone : la visualisation de données est aujourd'hui omniprésente.

Avec l'explosion du numérique, présenter de grands ensembles de données de manière intelligible est devenu un enjeu sociétal. Cet ouvrage montre le rôle joué par la visualisation en tant que médium privilégié dans nos interactions avec les données.

Il propose, d'une part, une perspective historique de la discipline et met en évidence l'importance de la perception visuelle dans l'interaction avec les données. Il offre, d'autre part, un guide à la conception de visualisations de données composé d'un catalogue répertoriant les grands classiques de la visualisation et d'une série de principes à respecter pour concevoir des visualisations claires, efficaces et fidèles aux données.

Cet ouvrage s'adresse aux étudiant·es et enseignant·es en sciences humaines.



Tiffany Andry est docteure en sciences de l'information et de la communication. Ses travaux de recherche s'intéressent à l'appropriation des visualisations de données.

Suzanne Kieffer

est docteure en informatique, professeure à l'école de communication de l'UCLouvain et membre du groupe de recherche en médiation des savoirs (GReMS).



François Lambotte est docteur en sciences de gestion et professeur en communication organisationnelle et numérique à l'UCLouvain. Il coordonne un programme de recherche dédié aux enjeux d'intelligibilité des données : production, extraction, traitement, visualisation et appropriation (www.socialmedialab.be).

978-2-8073-4157-9



deboeck
SUPÉRIEUR

www.deboecksuperieur.com

Dans le cadre du nouveau Système Européen de Transfert de Crédits (E.C.T.S.), ce manuel couvre en France les niveaux : Licence 1-2-3, Master 1-2. En Belgique : Bachelier 1-2-3, Master 1-2. En Suisse : Bachelor, Master. Au Canada : Baccalauréat, Maîtrise

L 1-2-3

M 1-2

D