

ÉVALUATION DES CONTRASTES COLORÉS EN CARTOGRAPHIE PAR EXPERTISE

par *Élodie Buard, Anne Ruas*

Laboratoire COGIT
Institut géographique national,
2-4 avenue Pasteur 94165 Saint-Mandé Cedex
elodie.buard, anne.ruas@ign.fr

Résumé

Cet article présente notre proposition de protocole de test destiné à des experts pour évaluer les contrastes colorés dans une carte. Les notes de contraste de teinte et de clarté attribuées sont analysées dans le but de recalculer les matrices de contraste utilisées pour les calculs automatiques de contrastes dans une carte.

Mots clés: analyse cartographique, cercle chromatique, contrastes, couleurs, teinte, clarté

Introduction

Une des actions de recherche du laboratoire COGIT de l'IGN concerne l'amélioration automatique des cartes sur Internet, dans un contexte de cartes à la demande. Or ces cartes créées par un utilisateur lambda doivent être efficaces, c'est-à-dire lisibles, ce qui soulève le problème du choix de l'utilisateur influencé, non pas par la pertinence cartographique, mais par ses propres goûts, sa volonté d'originalité ou l'harmonie colorée de la carte. Ainsi, pour s'assurer de son efficacité, la carte choisie par l'utilisateur doit être analysée a posteriori en termes cartographiques. La cible de l'analyse est la légende d'une carte qui indique la symbolisation des objets cartographiques. Si la carte est illisible, la symbolisation de certains objets est à changer.

Élisabeth Chesneau a étudié une manière d'entreprendre cette analyse dans sa thèse, effectuée au COGIT : *Modèle d'amélioration automatique des contrastes de couleur en cartographie* [Chesneau 2006]. L'objectif est d'améliorer les contrastes colorés entre les objets symbolisés. Son modèle est basé sur des calculs de contraste entre deux couleurs, représentant deux objets cartographiques distincts sur la carte, sous la forme de matrices contenant des notes de contrastes pour chaque combinaison de couleurs, choisies dans le cercle chromatique. Ainsi, les contrastes colorés sont calculés sur la carte en fonction des relations de voisinage entre objets graphiques.

L'objectif de notre travail est de valider et d'améliorer les calculs de contrastes colorés réalisés par Élisabeth Chesneau, en prenant en compte la connaissance des experts. La première partie de cet article va donc décrire le modèle existant, la seconde le protocole de test entrepris pour intégrer l'expertise dans les calculs et, enfin, la troisième partie donne les premiers résultats pour recalculer la matrice de notes et réarranger le cercle chromatique. Pour finir, nous donnerons quelques perspectives.

1 Description du modèle [Chesneau 2006]

1.1 Contexte

Les cartes de risques naturels représentent un certain nombre d'informations superposées mais néanmoins organisées à partir de données topographiques et relatives aux risques naturels. La couleur est une variable visuelle de la sémiologie graphique [Bertin 1967] très utilisée dans les cartes de risques, étant donné qu'elle facilite la lecture et l'organisation des données. Cependant, en raison du manque de contraste de certains objets par rapport à leurs objets voisins, certaines couleurs sont cachées ou imperceptible ou même faussées. C'est ainsi que l'information de la carte est en partie perdue.

Pour faciliter l'analyse des contrastes, une note de contraste a été attribuée à chaque couple de couleurs, de façon à obtenir une matrice de tous les couples colorés possibles.

La première étape est de réduire l'espace des couleurs possibles et de se baser sur un cercle chromatique. Notre cercle chromatique consiste en 12 teintes, auxquelles s'ajoutent l'ocre et le marron puisque ces couleurs sont fréquemment rencontrées dans notre application de cartes de risques naturels. Ces teintes ont été établies sur les travaux de Johannes Itten [Itten 1967]. Chaque teinte est dérivée en 7 intensités de clarté. La clarté est définie par les mêmes valeurs de contrastes clair obscur : comme le jaune est plus clair que le violet, on ajoute du noir au jaune pour avoir une clarté plus forte tout en gardant le violet pur. Donc la clarté combine luminosité et saturation, le rapport des deux variant suivant la couleur. De plus, pour conserver un espace à trois dimensions, des teintes grises ont été ajoutées pour l'ajout de gris. Ainsi chaque couleur peut être localisée dans un espace polaire (teinte, saturation, clarté). Sur la figure 1, la clarté est Z , la saturation φ et la teinte θ .

La seconde étape est de calculer des notes de contrastes en considérant les contrastes de teinte et de clarté de Johannes Itten. L'angle θ où la teinte est maximale pour 180° . Quant à la clarté, plus Z est élevé, plus les deux couleurs ont une différence de clarté, avec un maximum d'écart de 7 paliers. Grâce à ces considérations logiques, des équations théoriques sur θ et Z sont établies, ainsi que deux matrices de contrastes de teinte et de clarté [Grelaud 2005, Jolivet 2006].

1.2 Intégration des couleurs dans le modèle

Une couleur représente un thème dans la légende, autrement dit une famille cartographique dans la carte. Par conséquent, 2 couleurs représentent 2 familles (exemple : routes et rivières). Si ces 2 familles sont sémantiquement distinctes, les 2 couleurs doivent être également éloignées, c'est-à-dire que l'angle $\Delta\theta$ de différence de teinte doit être élevé. Ceci constitue la première étape de l'analyse des couleurs dans le modèle pour clarifier les relations des thèmes qu'elles représentent [Brewer 1997, Weger 1996].

Il existe 3 types de relations : 1) l'association (une rivière et un risque d'inondation) entre thèmes, représentés par des teintes proches ($\Delta\theta$ faible) ; 2) la différence entre thèmes, représentés par des teintes éloignées ($\Delta\theta$ élevé) ; et 3) l'ordre (un risque faible, moyen et élevé) où la clarté varie dans la même teinte.

1.3 Processus général

Le processus de changement de couleurs est réa-

lisé de façon progressive pour converger vers une légende plus adaptée. À partir de chaque objet cartographique, nous calculons ses objets voisins sur la carte et récupérons par les matrices leurs notes de contrastes de teinte et de clarté. Nous vérifions ensuite si les couleurs sont cohérentes avec les relations sémantiques existant entre les thèmes (association, différence ou ordre). Si elles ne le sont pas, une des couleurs doit être changée. La seconde étape est donc de savoir quelle couleur peut postuler pour le changement. Pour ce faire, une liste de propositions de changement de couleur est calculée en enregistrant les contrastes jugés mauvais, soit parce que les deux couleurs ont une mauvaise note dans les matrices i.e. les deux couleurs ne sont pas visibles, ou parce qu'elles ne respectent pas les relations entre données. De plus, la liste est ordonnée en donnant un poids aux couleurs, suivant les thèmes les plus importants et les plus grandes incohérences de la carte. La première couleur changée sera la première sur la liste. Une fois ce premier changement fait, une nouvelle analyse de contraste coloré sera effectuée. Si ce second état donne de meilleurs résultats globaux de choix de couleur, nous le validons, sinon nous revenons à l'état précédent et nous testons la deuxième couleur sur la liste. Le processus récursif continue jusqu'à ce que la carte soit satisfaisante.

2 Protocole de test

2.1 Objectif

Le modèle de Chesneau repose sur des calculs de contrastes entre des couleurs appartenant à un même cercle chromatique. Le but de notre test est d'améliorer par acquisition de connaissance d'experts 1) les calculs existants et 2) le cercle chromatique.

Tout d'abord, nous avons comparé les teintes voisines dans le cercle, par paire, pour répondre aux questions : 1) « Quel est le contraste de teinte entre 2 voisins dans le cercle ? » pour évaluer la distance entre voisins, sur θ (fig. 3) ; et 2) « Quel est le contraste de clarté entre 2 voisins dans le cercle ? » pour ajuster le cercle sur Z .

Les questions étaient posées pour 3 clartés : claire, moyenne et foncée, comme le montrent les flèches blanches sur la figure 2.

2.2 Protocole

Qui ? Puisqu'il s'agit de tester les contrastes colorés dans un contexte cartographique, seuls les carto-

graphes ont été interrogés. Parmi les 20 personnes interrogées, se trouvaient un peintre, un graphiste, un cartographe imprimeur, des professeurs à l'université, des chercheurs de l'IGN et un cartographe de Michelin. Une en-tête précisait leur activité actuelle et ils pouvaient commenter le test.

Comment ? Le vecteur de nos cartes finales étant Internet, le test a été conçu et présenté sur écran [Aumaitre 2004], ce qui évite la phase de calibration d'imprimante pour un test papier. Cependant, il faut prendre en compte d'autres contraintes comme la nécessité d'utiliser un système RGB pour des couleurs écran et de s'assurer que les conditions de test soient les mêmes. C'est pourquoi nous avons choisi d'interroger les experts séparément, individuellement, avec le même ordinateur, la même inclinaison de l'écran et la même période de la journée pour obtenir la même luminosité de la pièce.

Conception du test. De façon générale, un test doit être le plus court et le plus simple possible pour éviter la lassitude. Excel nous a semblé répondre aux spécifications [Dadou 2005]. Ainsi notre test est une feuille Excel avec des cases à remplir contenant 6 parties : 1) teinte et clarté pour l'association des thèmes ; 2) clarté pour l'ordre ; 3) placement du marron et de l'ocre dans le cercle chromatique ; 4) teintes pour la différence ; 5) teintes différentes pour l'ordre ; et 6) familles thématiques de couleurs. Ce papier ne présente que la première partie sur les teintes et clartés pour l'association.

3 Résultats

3.1 Clarté

L'objectif est de savoir si deux teintes voisines dans le cercle chromatique ont la même clarté ou si l'une est plus foncée que l'autre. Les notes données sont comprises entre 1 (la couleur du dessous est plus foncée) et 5, la note 3 étant la réponse théorique de « pas de différence de clarté entre les deux couleurs ». La figure 3 montre la moyenne des experts, triée par clarté. Les 12 paires pour la clarté 4 sont visibles sur l'axe horizontal. La droite ($Y=3$) correspond à une réponse d'égalité des clartés.

Voici un exemple de lecture de cette figure : sur la paire 1, la note obtenue est 1.40, sous la droite ($Y=3$), ce qui signifie que la couleur du dessous est plus foncée : bleu-violet plus foncé que bleu. La figure apporte d'importantes conclusions :

- Le bleu-violet est la couleur la plus foncée du cercle (paires 1 et 12) quelle que soit la clarté. Le rouge est aussi vu foncé (paires 8 et 9).

- Au contraire, le jaune est la couleur la plus claire (5 et 6). Le bleu-vert est aussi vu clair par rapport à ses voisins (2 et 3).

- Les couleurs pourpre violet sont équilibrées entre elles (10 à 12), proches de ($Y=3$).

L'écart type varie de 0.4 à 1.2. La figure 4 montre l'intervalle dans lequel on trouve 68% des réponses.

On remarque deux types de désaccords entre les réponses qualitative et quantitative. L'écart type le plus grand est atteint pour la paire jaune orange (7 et 8), les réponses étant toute au dessus de ($Y=3$), c'est-à-dire que les experts s'accordent pour dire que l'orange est plus foncé que le jaune. Cependant, l'intensité des réponses varie, ce qui montre une différence quantitative. D'un autre côté, pour la paire 11, l'écart type est faible mais les intervalles de réponses intersectent ($Y=3$) : les experts ne sont pas d'accord pour la couleur la plus foncée de la paire. C'est le désaccord qualitatif.

Nous avons vu dans la figure 3 que certaines couleurs apparaissaient plus foncées que d'autres. Un cercle chromatique équilibré en clarté, i.e. avec des voisins de même clarté, nécessite le déplacement de certaines teintes, en fonction de leur force. Après normalisation des notes obtenues sur une échelle de 0 à 1.6 (note maximale théorique entre voisins), les moyennes permettent de modéliser les forces entre couleurs, dans un premier temps sur un axe horizontal. Sur la figure 5, une flèche symbolise le rapport de force entre voisins: un note forte est une longue flèche, vers le haut si la couleur est foncée vers le bas si elle est claire. Cette flèche est aussi la distance de déplacement à effectuer pour obtenir des clartés équivalentes.

Si la même méthode est appliquée aux clartés 2 et 7 et en généralisant à toutes les clartés, ces déplacements peuvent, dans un deuxième temps, être visualisés sur un axe polaire, les couleurs s'éloignant du centre si elles sont foncées. Ainsi, le cercle chromatique est déformé comme sur la figure 6.

3.2 Teintes

L'objectif est de savoir si les teintes voisines dans le cercle chromatique sont séparées de la même façon en teintes, ce qui peut nous donner les écarts perçus entre teintes. Les notes de teinte sont com-

prises entre 1 ("teintes proches", les teintes étant différentes de toute façon puisque voisines) et 4 ("teintes éloignées"). L'écart type se situe entre 0.2 et 0.8, résultat très satisfaisant pour un test de visualisation. La figure 7 se lit ainsi : pour la paire 1, la note 1.3 signifie que les deux teintes sont proches, et même plus proches pour la clarté 7, que la 4 et que la 2.

Quelques teintes, bien que voisines, sont perçues comme lointaines (notes élevées). C'est le cas du vert et du jaune (paire 5), vert et bleu-vert de clarté 7 (paire 3) ou orange et rouge de clarté 7 (paire 8). Nous concluons que les écarts perçus dépendent de la clarté. En général, plus la clarté est élevée, plus la note est haute, mettant en évidence un ordre dans les clartés pour l'évaluation des teintes. En totalisant toutes les notes (c'est-à-dire les distance d'écart) par clarté, nous obtenons : distance totale de C7 > distance totale de C4 > distance totale de C2. Cette inégalité a pour origine le fait que plus nous ajoutons de foncé à la teinte, plus elle est visible, augmentant par la même occasion sa faculté d'être différenciable des autres. Néanmoins, nous voyons une exception dans la figure 7 : les teintes jaune à orange. Leurs notes en C7 sont faibles, comme si les teintes étaient atténuées. L'explication peut être l'impression d'addition de gris et non de couleur dans ces teintes, et par conséquent ces teintes au lieu de s'éloigner se rapprochent puis-

qu'elles contiennent toutes du gris. Ces notes d'écart de teinte sont modélisées horizontalement.

Pour visualiser ces modélisations sur notre référentiel polaire, il est nécessaire de créer une unité de distance. L'unité de séparation est une distance angulaire de 3°. Ainsi une note de 2 est interprétée comme une distance angulaire de 6°, et les deux voisins bougent de 3° chacun. Le cercle chromatique déformé par les teintes est représenté sur la figure 9.

Conclusion et perspectives

Ce test montre que les experts perçoivent effectivement des variations de teinte et de clarté entre couleurs voisines dans le cercle chromatique. Leurs évaluations ont permis de modéliser des distorsions sur le cercle, par clarté (une couleur est vue plus foncée que d'autres) ou par teinte (écarts hétérogènes). Le travail à court terme sera de recalculer les matrices de contrastes, sachant que ce papier ne présente que la première partie du test. D'autres parties sont très utiles pour compléter la matrice, comme l'évaluation des teintes non voisines.

Dans un deuxième temps, nous avons le projet de modifier le cercle chromatique pour les valeurs peuvent être arrangées en ajoutant ou modifiant

Bibliographie

- Aumaitre G., 2004**, *Evaluation d'un moteur de recherche géographique sur le Web* : Internship report ,COGIT, 65p.
- Bertin J., 1967**, *Sémiologie graphique : les diagrammes, les réseaux, les cartes*, 1ère édition 1967, puis 1973, 1988, Paris, Editions de l' E.H.E.S.S., 431 p.
- Brewer C., 1997**, « *Evaluation of a model for predicting simultaneous contrast on color maps* », *Professional Geographer*, 49 (3), p. 280-294.
- Chesneau E., 2005**, *Colour Contrasts Analysis for a Better Legibility of Graphic Signs on Risks Maps*, ICA, La Coruna, Spain, July 2005, 10 p.
- Chesneau E., 2006**, *Modèle d'amélioration automatique des contrastes de couleur en cartographie - Application aux cartes de risques*, thèse de doctorat, Marne-La-vallée, IGN, France, 372 p.
- Dadou M., 2005**, *Helping the capture and analysis of expert knowledge to support generalisation*, 8th ICA workshop on generalisation and multiple representation, La Coruna, 9 p.
- Grelaud B., 2005**, *Amélioration des cartes de risques : analyse des contrastes de couleur définis par Itten*, Internship report done at COGIT, 59 p.
- Itten J., 1967**, *Art de la couleur*. 1ère éd. 1961: *Kunst der Farbe*, trad. en français en 1967, puis en 2001, Ed. Dessain and Tolra, 155 p.
- Jolivet L., 2006**, *Analyse des contrastes de couleurs – Mise en place d'un test sous le logiciel Lamps2*, Internship report, COGIT, 35 p.
- Weger G., 1996**, *Cartographie: la couleur* : rapport interne, ENSG-IGN, 25 ENSG-IGN, 25 p

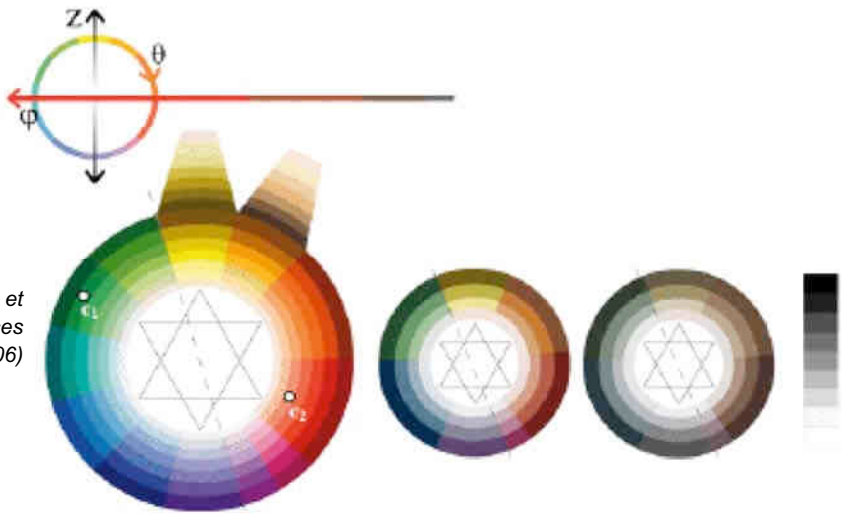


Figure 1 : Cercles chromatiques et coordonnées polaires dans ces cercles (Elisabeth Chesneau, 2006)

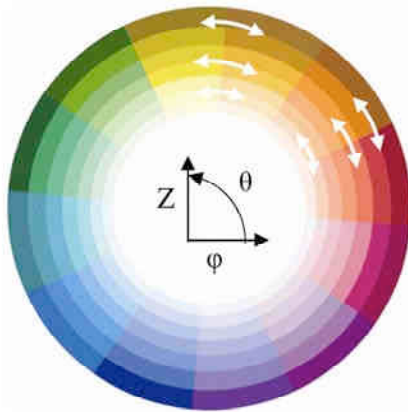


Figure 2 : Paires de couleurs comparées dans le test

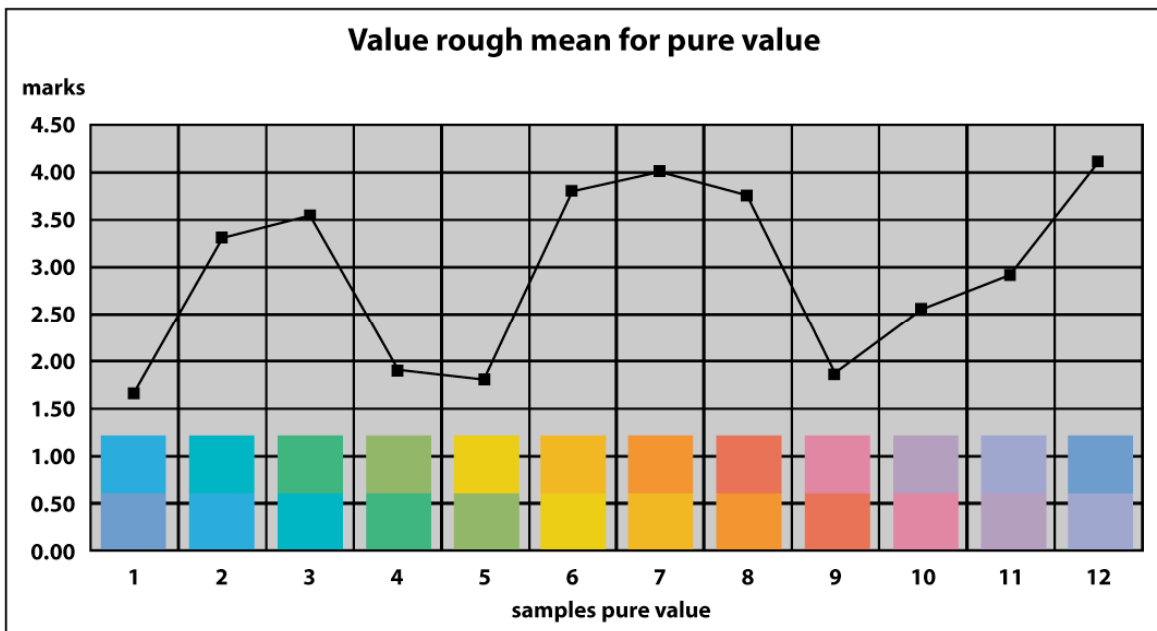


Figure 3: Notes de clarté entre couleurs voisines pour la clarté 4

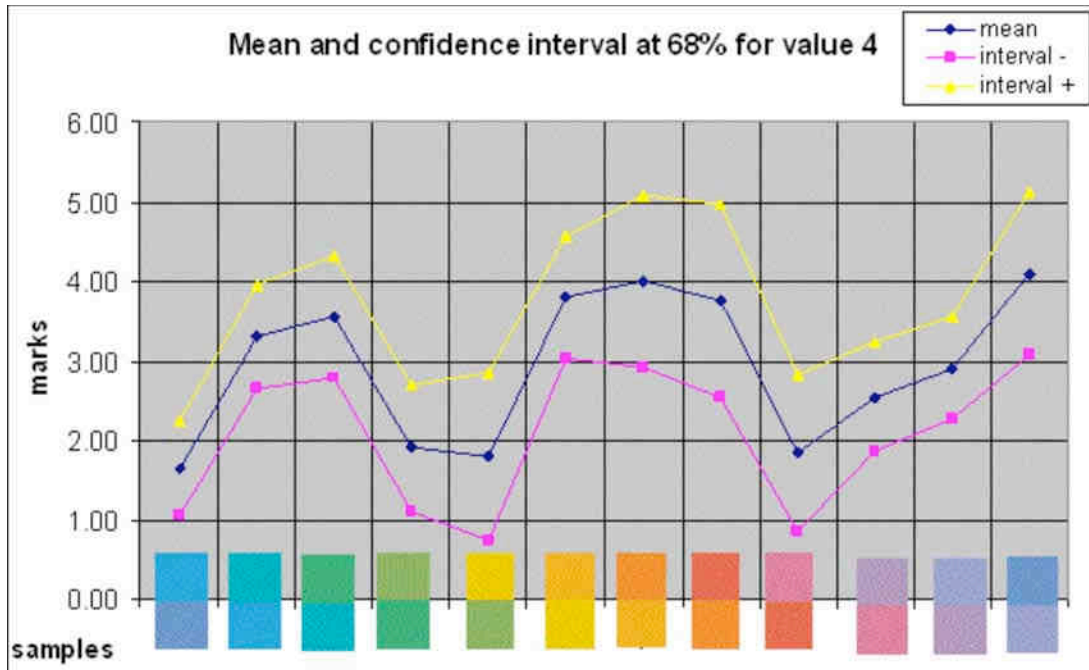


Figure 4 : Moyenne et intervalle de confiance pour la clarté 4

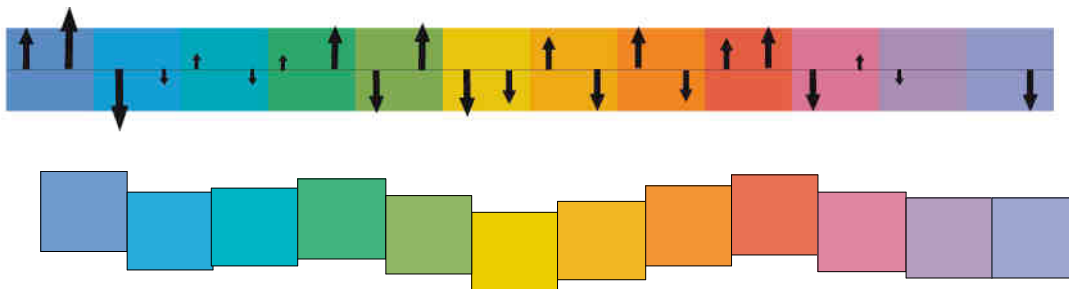


Figure 5 : Modélisation des forces pour la clarté 4



Figure 6 : Cercle chromatique déformé par une évaluation de clarté

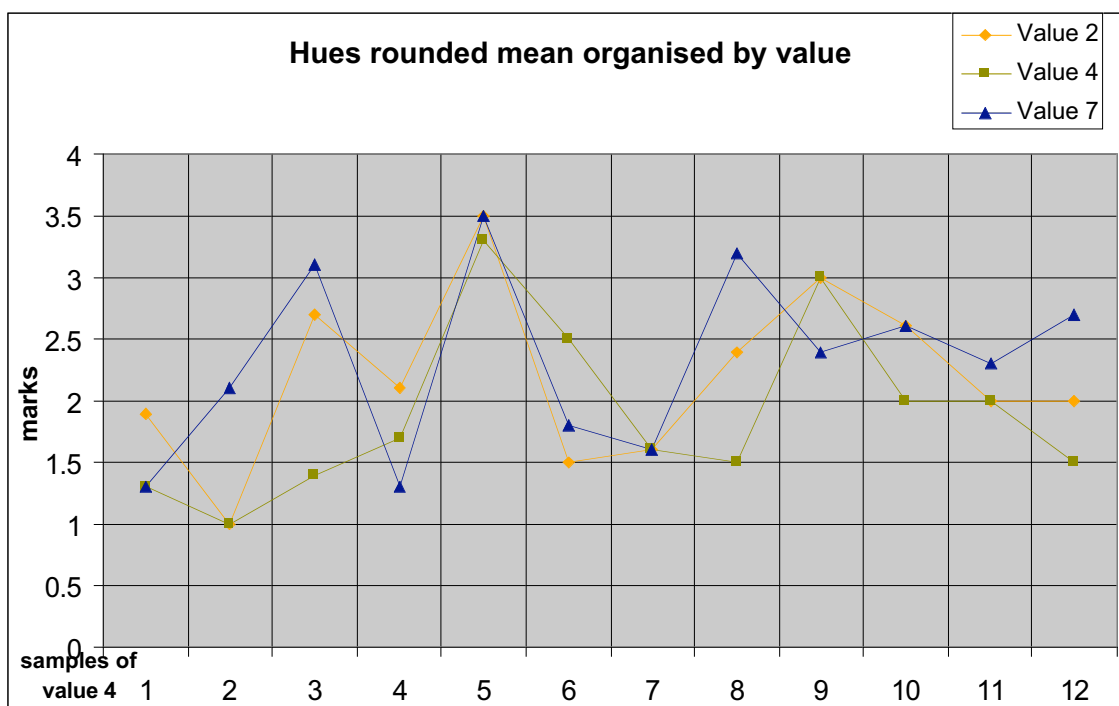


Figure 7 : Moyenne de teinte pour les clartés (2-4-7)

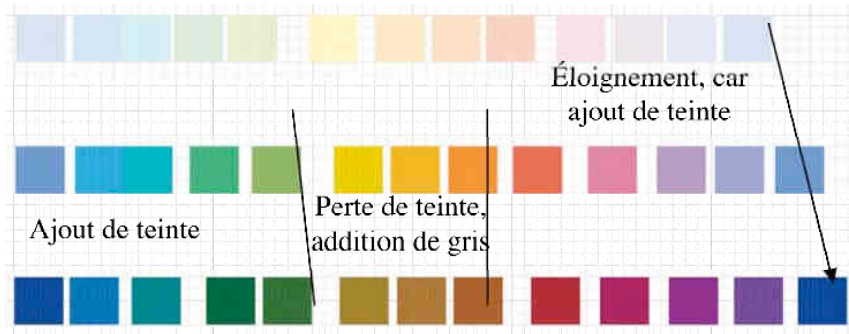


Figure 8 : Distance de teinte pour les clartés (2-4-7)



Figure 9 : Cercle chromatique déformé par l'évaluation des teintes