

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL & ARCHITECTURE



THESE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE DOCTORAT ÈS SCIENCES

TITRE

**La couleur en architecture : une dimension
distinctive et intégrative.**

Cas du patrimoine vernaculaire de la vallée du M'zab.

Présentée par
Mr. Yacine GOUAICH

Directeur de thèse
Pr. Abdelkader MEBROUKI

Co-directeur de thèse
Dr. Juan SERRA LLUCH

Soutenue le : devant le jury composé de :

Présidente	Pr. Nadia BELAS	Professeur	UMAB
Examineur	Pr. Abdelmadjid HAMOUINE	Professeur	UTMB
Examineur	Dr. Walid HAMMA	MCA	UABT
Examineur	Dr. Kada AYED	MCA	ENPO-MA
Directeur de thèse	Pr. Abdelkader MEBROUKI	Professeur	UMAB
Co-Directeur de thèse	Dr. Juan SERRA LLUCH	MCA	UPV(ES)

Année Universitaire 2019/2020

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL & ARCHITECTURE



THESE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE DOCTORAT ÈS SCIENCES

TITRE

**La couleur en architecture : une dimension
distinctive et intégrative.**

Cas du patrimoine vernaculaire de la vallée du M'zab.

Présentée par
Mr. Yacine GOUAICH

Directeur de thèse
Pr. Abdelkader MEBROUKI

Co-directeur de thèse
Dr. Juan SERRA LLUCH

Soutenue le : devant le jury composé de :

Présidente	Pr. Nadia BELAS	Professeur	UMAB
Examineur	Pr. Abdelmadjid HAMOUINE	Professeur	UTMB
Examineur	Dr. Walid HAMMA	MCA	UABT
Examineur	Dr. Kada AYED	MCA	ENPO-MA
Directeur de thèse	Pr. Abdelkader MEBROUKI	Professeur	UMAB
Co-Directeur de thèse	Dr. Juan SERRA LLUCH	MCA	UPV(ES)

Année Universitaire 2019/2020

Remerciements

Au terme de cette thèse, je tiens à exprimer ma sincère gratitude envers les personnes qui n'ont cessé de nous prodiguer leurs appréciables encouragements et contribué par leurs recommandations à la réalisation de ce travail de recherche. Je les invite cordialement à découvrir dans ces pages la vive sympathie et la grande estime qu'elles méritent certainement.

Je remercie les membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce travail, à savoir, Pr. Nadia BELAS, Pr. Abdelmadjid HAMOUINE, Dr. Walid HAMMA, et Dr. Kada AYED. Mes remerciements s'adressent particulièrement aussi à mon directeur de thèse ; Professeur Abdelkader MEBROUKI, et à mon co-directeur de thèse Dr. Juan SERRA LLUCH, qui ont aimablement voulu diriger cette thèse. Je suis reconnaissant pour leur appui intellectuel et moral qu'il me manifeste inlassablement, et surtout pour leur compétence dont ils n'ont pas été avare pour m'en faire bénéficier. Très sensible à leur compréhension et leur disponibilité, Je leur demande, une fois encore, de trouver à travers cette thèse l'expression de mon profond respect.

Je lui suis reconnaissante de l'accueil qu'ils m'ont fait les responsables de *l'Instituto de Restauracion del Patrimonio* à l'Université Polytechnique de Valence en Espagne et de mon intégration dans de stimulants projets de recherche. Je salue leur amabilité, leur patience, leur disponibilité, leur souplesse d'esprit et son savoir. C'est certes avec joie et fierté que je dépose aujourd'hui cette thèse, mais aussi avec un brin de nostalgie que je termine ce programme d'études et je conclus mon travail de doctorat

À la fin, je saisis cette occasion pour éprouver ma gratitude envers toute personne ayant collaboré, de près ou de loin, à l'élaboration de ce travail.

Yacine Gouaich

Résumé :

La couleur est une particularité physique qui constitue une composante incontournable de l'architecture. Elle permet d'enrichir la qualité du paysage et de le rendre plus lisible, elle l'anime et lui donne rythme et perspectives grâce à ses propriétés spatiales. Ce travail sert à étudier la couleur dans le paysage urbain et naturel en tant qu'un outil intégratif et distinctif. Notre cas d'étude s'est fait sur le patrimoine vernaculaire de la vallée du M'zab, qui est classé au patrimoine mondial de l'UNESCO. Il est constitué de plusieurs villages fortifiés appelés *Ksour*, qui constituent un paysage *Ksourien* original parfaitement adapté à l'environnement.

Notre méthode consiste à analyser l'intégration chromatique des établissements humains des cinq (5) Ksour Mozabites (Ghardaia, Beni Isguen, El Atteuf, Melika et Bounoura) dans leur paysage naturel à travers le *Système Naturel des Couleurs* (NCS). Nous travaillons sur la théorie des « *similitudes des couleurs* » développée par Anders Hård et Lars Sivik, qui vise à identifier les similitudes perceptives des attribues chromatiques NCS. Nous élaborons une palette naturelle (PN) composée de douze couleurs représentatives du paysage naturel du M'zab, ainsi qu'une deuxième palette (PEH) du paysage urbain, composée de seize couleurs provenant des façades extérieurs des établissements humains Mozabites. L'identification des similitudes entre les deux palettes est faite par la comparaison, d'une part, des identités nominales NCS : la teneur en noir (s), la teneur en blanc (w), et l'intensité chromatique (c), et d'autre part, des identités relationnelles NCS : la saturation (m), l'identité Delta (δ) et l'identité Beta (β). Nous concevons trois modèles graphiques permettant l'analyse des différentes similitudes : le cercle NCS, le triangle NCS et l'espace virtuel tridimensionnel (3D) NCS.

Nos résultats démontrent l'intégration chromatique des cinq Ksour de la Vallée du M'zab dans leur paysage naturel, nous soulignons dans notre étude l'importance du facteur de la couleur et sa contribution dans l'originalité du patrimoine vernaculaire du M'zab. Notre travail peut ouvrir une nouvelle perspective de recherche sur le nouveau concept que nous développons pour la première fois et que nous intitulons « *la polychromie Ksourienne* », lequel est relatif à la valorisation de la couleur en architecture en tant qu'élément majeur dans l'originalité des Ksour sahariens.

Mots clés: Architecture, Patrimoine, Couleur, NCS, Vallée du M'zab, Algérie.

Abstract

Color is a physical peculiarity that is an essential component of architecture. It aims to enrich the quality of the landscape and to make it more readable; it animates it and gives it rhythm and perspectives thanks to its spatial properties. This work aims to study the color factor in the urban and natural landscape as an integrative and distinctive tool. Our case study is made up of the vernacular heritage of the M'zab Valley, which is listed in UNESCO World Heritage Site. It is composed of several fortified villages called *Ksour*, which constitute an original *Ksourian landscape* perfectly adapted to the environment.

Our method consists in analyzing the chromatic integration of the human settlements of the five (5) Mozabite *Ksour* (Ghardaia, Beni Isguen, El Atteuf, Melika and Bounoura) in their natural landscape through the Natural Color System (NCS). We have worked on the theory of "*color relations*" developed by Anders Hård and Lars Sivik, which serves to identify the perceptual similarities of the NCS chromatic attributes. We have developed a natural palette (PN) encapsulating 12 representative colors from the natural landscape of the site in congruence with a second palette (PEH) of the urban landscape, which includes around 16 colors from the external facades of Mozabite human settlements. The identification of the similarities between the two palettes is made by comparing, on the one hand, the NCS nominal identities: Blackness (s), Whiteness (w), and Chromaticness (c), and on the other hand, NCS relational identities: Saturation (m), Delta identity (δ) and Beta identity (β). We have designed three graphical models to analyze the different similarities: the NCS circle, the NCS triangle and the virtual NCS three-dimensional color space (3D).

Our results demonstrate the chromatic integration of the five Mozabite *Ksour* in their natural landscape; highlighting therefore, the importance of the color factor and its contribution to the originality of the Mozabite vernacular heritage. Our work may open a new perspective of research on a new concept that we have developed and named it "*Ksourian polychromy*", which is related to the development of color in architecture as a major element in originality of the Saharan *Ksour*.

Keywords: Architecture, Heritage, Color, NCS, M'zab Valley, Algeria

ملخص

"اللون" هو ظاهرة فيزيائية تمثل عنصرا أساسيا في الهندسة المعمارية. إنها تهدف إلى إثراء خصائص المظاهر الحضرية و الطبيعية وجعلها أكثر قابلية للقراءة؛ كما أنها تحييها وتعطيها إقاعات ومنظورات خاصة بفضل خصائصها المكانية. تهدف هاته الدراسة إلى دراسة عامل اللون في المشهد الحضري والطبيعي كأداة تكاملية ومميزة. تتكون حالة الدراسة من التراث التاريخي العام لوادي مزاب، الذي هو مدرج في موقع اليونسكو للتراث العالمي. يتألف هذا التراث من عدة قرى محصنة تسمى قصور، والتي تشكل مظاهر قصورية فريدة من نوعها و متكيفة تماما مع البيئة.

الطريقة المتبعة في تحليل الاندماج اللوني للمستوطنات في القصور الخمس المزابية (غرداية، بني يزقن، العطف، مليكة وبونورة) من خلال النظام الطبيعي للألوان (NCS). لقد تم الاعتماد على نظرية "تشابه الألوان" التي طورها الباحثين أندرس هارد ولارس سيفيك، والتي تهدف إلى تحديد أوجه التشابه بين الخصائص اللونية في نظام NCS. قمنا بإعداد لوحة طبيعية (PN) تضم 12 لون من المحيط الطبيعي للمنطقة بالإضافة إلى لوحة ثانية (PEH) والتي تضم 16 لون من المحيط العمراني لواجهات القصور المزابية الخمسة. تحديد أوجه التشابه بين اللوحات الاثنتين تم من خلال مقارنة الهويات الاسمية للنظام NCS: درجة السواد (s)، درجة البياض (w)، الشدة اللونية (c)؛ ومن خلال مقارنة الهويات الترابطية: التشبع (m)، درجة دلنا (δ) و درجة بيتا (β). من أجل تحليل أوجه تشابه هاته الخصائص اللونية، تم تصميم ثلاثة نماذج بيانية : المتالث اللوني NCS، الدائرة اللونية NCS و الفضاء الثلاثي الأبعاد NCS.

أثبتت النتائج الاندماج اللوني للقصور المزابية في محيطها الطبيعي. وبالتالي قامت بتسليط الضوء على أهمية عامل اللون ومساهمته في أصالة التراث المزابي العامي. هاته الدراسة مكنتنا من فتح منظور بحث مهم سميناه "الطابع اللوني القصور" و الذي يهدف إلى تطوير عنصر اللون كعاما رئيسي في الهندسة المعمارية للقصور الصحراوية.

الكلمات المفتاحية: هندسة معمارية، تراث، لون، NCS، وادي مزاب، الجزائر

Tables des matières

Remerciements	IV
Résumé	V
Abstract	VI
ملخص	VII
Tables des matières	VIII
Tables des figures	XII
Liste des tableaux.....	XVI

Introduction Générale

1. Introduction	18
2. Problématique.....	21
3. Hypothèses	23
4. Méthodologie.....	23
5. Présentation du cas d'étude.....	24
6. Méthode	25
7. Système de couleur	26
8. Références scientifiques.....	27

Chapitre I : La couleur, une composante du paysage

1. Introduction.....	34
2. La couleur entre définitions et concepts.....	34
3. La nature de la couleur	35
3.1 La nature physiologique.....	35
3.2 La nature psychologique.....	36
4. Systèmes de classification des couleurs	36

4.1 Le système Munsell	38
4.2. Le système Ostwald	41
4.3 Les avantages des systèmes de classification de couleur	42
5. La couleur dans l'architecture.....	43
6. Les influences de la couleur sur le paysage architectural.....	44
7. Les contrastes des couleurs.....	50
7.1 Contraste de la couleur en soi	51
7.2 Le contraste clair-obscur	52
7.3 Le contraste chaud-froid	53
7.4 Le contraste des complémentaires	54
7.5 Le contraste simultané	55
7.6 Le contraste de qualité	56
7.7 Le contraste de quantité	57
8. L'exemple du centre historique de Valence, Espagne	58
9. La couleur, une composante incontournable	62
10. Conclusion	63

Chapitre II : Le système NCS, entre recherche et application

Introduction	67
1. La naissance du NCS.....	67
2. Définitions et principes.....	69
3. L'espace NCS	72
4. Le cercle NCS	74
5. Le triangle NCS	75
5.1 L'intensité chromatique (c).....	77
5.2 La teneur en blanc et la teneur en noire	77

6.	Caractéristiques du système NCS	78
7.	Le modèle combinatoire de Hård et Sivik.....	86
	7.1 Intervalle de couleur	88
	7.1.1 La ligne de démarcation (GT)	88
	7.1.2 Le type d'intervalle (IK)	92
	7.1.3 La taille d'intervalle (IS)	94
	7.2 L'accord des couleurs	98
	7.2.1 La complexité	99
	7.2.3 La catégorie	103
	7.2.4 Le type	106
	7.5 Le réglage de couleur.....	107
	7.5.1 Corrélation de zones	107
8.	Estimation colorimétrique NCS	108
9.	Le principe de notation NCS	110
10.	Conclusion	111

Chapitre III : Etude de cas ; la vallée du M'zab

1.	Introduction.....	114
2.	Présentation du cas d'étude.....	114
3.	Méthode.....	114
	3.1 Système de couleur	116
	3.2 Références scientifiques.....	116
	3.3 Caractérisation chromatique.....	118
4.	Résultats et discussion.....	122
	4.1 Les palettes chromatiques PN et PEH	122
	4.2 Le modèle combinatoire de Hård et Sivik	126

4.3 Les identités nominales.....	129
4.3.1 Teneur en noir (s) et teneur en blanc (w).....	129
4.3.2 L'intensité chromatique (c).....	133
4.4 Les identités relationnelles.....	140
4.5 Récapitulatif des corrélations.....	142
5. Conclusion.....	144
Conclusion Général	148
Bibliographie	152
Annexes.....	164

Table des figures

Fig. 1.1	Le système colorimétrique de Munsell.....	40
Fig. 1.2	Le système colorimétrique d'Ostwald.....	42
Fig. 1.3	Le système colorimétrique d'Ostwald.....	42
Fig. 1.4	Toulouse, la ville rose, France.....	45
Fig. 1.5	La couleur et la distance dans un bâtiment.....	46
Fig. 1.6	La lisibilité des éléments architecturaux grâce à la couleur	47
Fig. 1.7	les éléments de sécurité et de repérage.....	48
Fig. 1.8	Le CHU de Bordeaux, France.	50
Fig. 1.9	Contraste de la couleur en soi (Kenmare, Irlande).	52
Fig. 1.10	Contraste de la couleur en soi.....	52
Fig. 1.11	Le contraste clair-obscur.	53
Fig. 1.12	Le contraste chaud-froid.....	54
Fig. 1.13	Le contraste des complémentaires.....	55
Fig. 1.14	Le contraste simultané.....	56
Fig. 1.15	Contraste de qualité.	57
Fig. 1.16	Contraste de quantité.	57

Fig. 1.17	Echelle numérique des couleurs établie par Goethe.....	58
Fig. 1.18	La dégradation urbaine et architecturale du centre historique de Valence, Espagne. .	60
Fig. 1.19	Extraction et analyse d'échantillons.	61
Fig. 2.1	Anders Hård et Lars Sivik.....	68
Fig. 2.2	Hexagone de couleur NCS.	71
Fig. 2.3	le principe colorimétrique du NCS.....	72
Fig. 2.4	L'espace NCS.....	73
Fig. 2.5	L'espace colorimétrique NCS.	73
Fig. 2.6	le cercle colorimétrique NCS	74
Fig. 2.7	Le triangle colorimétrique NCS.	76
Fig. 2.8	La teneur en noire et la teneur en blanc dans le triangle.	78
Fig. 2.9	L'hexagone NCS développé par Hård et Sivik.	79
Fig. 2.10	Relation entre la teneur en noir et la teneur en blanc.	80
Fig. 2.11	La répartition de l'espace NCS selon les attributs principaux (AP).....	82
Fig. 2.12	La répartition de l'espace NCS selon les attributs principaux (AP).....	85
Fig. 2.13	Les dimensions du modèle combinatoire de Hård et Sivik.	87
Fig. 2.14	l'agencement de la combinaison de 4 couleurs de Hård et Sivik..	90
Fig. 2.15	la relation entre l'effet de contraste (EC) et la force des combinaisons de couleur. ...	91

Fig. 2.16	L'hexagone NCS des 10 couleurs.	93
Fig. 2.17	Le type d'intervalle des paires de couleur.....	93
Fig. 2.18	Les valeurs des différents attributs des couleurs.....	94
Fig. 2.19	Quelques exemples des 3 intervalles de couleurs IK, IS et GT.....	97
Fig. 2.20	Les 6 grades de complexité avec les 63 cas de constellations différents.	100
Fig. 2.21	Exemples des grades de complexité et du facteur de complexité.....	102
Fig. 2.22	Catégorisation des accords de couleurs.....	105
Fig. 2.23	Catégorisation des accords de couleurs.....	106
Fig. 2.24	Gestalts de couleur avec le même accord de couleur.....	108
Fig. 2.25	Exemple d'une estimation de teinte.....	109
Fig. 2.26	Exemple d'une estimation de l'intensité chromatique et de la teneur en blanc.....	110
Fig. 3.1	Situation de la vallée du M'zab.....	114
Fig. 3.2	Classification du triangle NCS en 9 différentes régions.....	121
Fig. 3.3	Classification du triangle NCS en 9 différentes régions.....	122
Fig. 3.4	La pellette naturelle (PN).....	123
Fig. 3.5	La pellette des établissements humains (PEH).....	124
Fig. 3.6	Les pellettes PN et PEH dans le modèle (3D) de l'espace NCS.....	125
Fig. 3.7	Le modèle combinatoire de couleurs de Hård et Sivik.....	127

Fig. 3.8	Les similitudes identifiables dans le modèle combinatoire de Hard & Sivik.....	128
Fig. 3.9	La teneur en noir (s) et la teneur en blanc (w) des deux palettes Mozabites.....	130
Fig. 3.10	Le ratio NCS beta (β) des deux palettes Mozabites	131
Fig. 3.11	Les corrélations chromatiques de la teneur en noir (s) et la teneur en blanc (w).....	132
Fig. 3.12	l'intensité chromatique (c) des deux palettes PN et PEH.....	134
Fig. 3.13	Les corrélations chromatiques de l'intensité chromatique (c).....	135
Fig. 3.14	La teneur en jaune (y) et la teneur en rouge (r) des deux palettes PN et PEH	136
Fig. 3.15	l'utilisation du bleu et du vers dans les terrasses Mozabites, Ksar de Beni Isguen...	138
Fig. 3.16	Les corrélations chromatiques (m), (δ) et (β) des deux palettes PN et PEH.	141
Fig. 3.17	Récapitulatif des corrélations chromatiques des deux palettes PN et PEH.....	143

Liste des tableaux

Tab. 1.1	Les degrés de teintes pour les secteurs du système Munsell	39
Tab. 2.1	Caractéristiques des zones de nuance de l'espace NCS	83
Tab. 2.2	caractéristiques des zones de teintes de l'espace NCS	83
Tab. 2.3	Le type d'intervalle (IK), la taille d'intervalle (IS) et la ligne de démarcation (GT)..	95
Tab. 2.4	Le facteur de complexité (FC) pour différentes classes de complexité.....	103
Tab. 3.1	Echantillonnage des teintes à partir du paysage naturel et du paysage urbain.....	120
Tab. 3.2	: les pourcentages du (y) et du (r) et ses descriptions chromatiques	137

Introduction Générale

“ La Polychromie, aussi puissant moyen de l’architecture que le plan et la coupe. Mieux que cela : la polychromie, élément même du plan et de la coupe. ”

Le Corbusier

1. Introduction

La couleur n’est pas seulement un phénomène physique et scientifique, mais aussi un champ d’études en architecture et urbanisme. Le sujet de couleur était une partie intégrante de mon cursus académique et scientifique. Après l’obtention de mon diplôme d’architecte, j’ai intégré la formation post-graduée de Magister intitulée « Habitat, Patrimoine et Matériaux Innovants », chapeauté par le Professeur Abdelkader Mebrouki à l’université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. Au sein de cette formation, j’ai acquis beaucoup de connaissances relatives au domaine de la couleur, qui m’ont permis de développer une recherche académique de Magister intitulée : « *l’expression de la couleur en architecture à travers les matériaux de construction. Cas du patrimoine architectural de la ville de Mostaganem* ». Ce travail a été dirigé par le Professeur Abdelkader Mebrouki, qui m’a aidé à approfondir mes connaissances scientifiques et méthodiques dans les études de la couleur, de la polychromie urbain, du patrimoine, du paysage... etc.

D’autre part, j’ai eu l’opportunité de collaborer Mme Racha Ghariri, architecte coloriste, qui étudie la polychromie urbain et ses caractéristiques dans les Ksour vernaculaires de la ville Bechar, au sud de l’Algérie. Cette collaboration m’a permis de tourner mon axe vers les Ksour sahariens, afin d’étudier leurs structures urbaines et leur logique chromatique. A cet effet, nous avons créé sous la direction du Professeur Mebrouki une entité scientifique de recherche qui travaille sur plusieurs perspectives scientifiques dans l’axe de la couleur en l’architecture. Ceci a fait l’objet de la naissance de cette thèse de doctorat, à travers laquelle j’ai étudié le facteur de la couleur dans le paysage urbain et architectural dans la vallée du M’zab, à Ghardaia.

Par la suit, j’ai eu m’opportunité de faire un stage de longue durée financée par le MESRS à l’Université polytechnique de Valence (UPV) en Espagne, pour tenter de d’étudier

l'exemple international du M'zab, je me suis appuyé sur l'expérience du groupe de recherche espagnole créé par la Professeur Ángela García Codoñer, qui a effectué depuis 1995 plusieurs publications et ouvrages concernant la couleur en architecture et/ou en patrimoine. (Codoñer, de Oliveira, Barchino, Lluch, & Verdú, 2016; Garcia-Codoñer, Verdú, Barchino, Guillén, & Lluch, 2009; Llopis, Torres, Serra, & García, 2015; Lluch, Barchino, de la Torre Fornés, & Codoñer, 2016; Massia, García Codoñer, Torres Barchino, Llopis Verdú, & Villaplana, 1995; Serra, 2010; Serra, 2013b, 2013c; Serra & Codoñer, 2014; Serra, Llopis, Torres, & Gimenez, 2016) Ce groupe a toujours travaillé dans le laboratoire de l'institut de la restauration du Patrimoine (IRP)¹, ce qui nous a permis de développer le sujet de cette thèse à travers une collaboration entre l'université de Mostaganem et l'université Polytechnique de Valence.

Notre collaboration a développé dans cette thèse un sujet autour du phénomène de la couleur, qu'on considère depuis toujours comme un des éléments majeurs pour l'étude du paysage, elle joue un rôle essentiel dans sa construction, son expression et sa définition. Chaque région, tout comme chaque ville hérite une sous-identité / sous-culture / coutumes de sa propre construction idéologique à la fois influencée par son histoire, sa géographie, sa géologie et ses matériaux de construction - tous ces aspects jouent un rôle dans l'expression chromatique identité à travers les couleurs; l'existence, la sélection et l'intégration dans le paysage concerné reflète le patrimoine historique des habitants. Le facteur de couleur a, par la suite, une influence majeure sur le patrimoine architectural. Il joue un grand rôle dans la préservation et la conservation de l'identité architecturale urbaine, tout comme il contribue à préserver les valeurs culturelles et les traditions de chaque site patrimonial et historique. (Lenclos & Lenclos, 1999)

En Afrique du Nord, principalement en Algérie, au Maroc et en Tunisie, on trouve des villages fortifiés typiques appelés "*Ksour*". Le terme Ksar (singulier de Ksour) est un mot arabe du Maghreb qui signifie château, qui est dérivé, dans les deux sens, du latin *castrum* et de l'espagnol *Alcázar*. (Elbl, 2008; Munzi, Schirru, & Tantillo, 2014) Les Ksour sont

¹ L'Institut de la Restauration du Patrimoine (IRP), en espagnole : *Instituto de Restauración del Patrimonio*, est une institution publique espagnole créé en 2000 à l'Université polytechnique de Valence. Elle dédiée à la promotion de la recherche et de la pratique en matière de conservation du patrimoine. Plus d'informations sont disponible sur son site web: <http://www.irp.webs.upv.es/>

composés de maisons bâties attachées, formant un environnement urbain compact, entouré d'un mur extérieur et délimité par des tours de guet, ils dépendent de deux critères importants qui sont; la disponibilité des ressources en eau avec les sites défensifs. Ces derniers constituent la raison de la fondation de *Ksour*; qui sont généralement érigé sur des terres rocheuses à des fins d'autodéfense, ainsi que pour la préservation des ressources en eau rares et des terres fertiles déjà existantes. **(Mazouz & Zerouala, 1999; Moussaoui, 2002)** Les Ksour forment un groupe qui constitue un atout patrimonial pour la région sub-saharienne et sont considérés comme un symbole de l'identité de toute la région. **(Dluzewska & Dluzewski, 2017).**

Les *Ksour* sont perçus comme une «configuration urbaine vernaculaire» qui, par sa typologie architecturale, crée un paysage vernaculaire original. Ce concept est inventé par le géographe culturel J.B. Jackson comme un moyen de le distinguer du paysage prédominant préconçu, planifié, construit et codifié. Un paysage vernaculaire est façonné, construit et identifié en accord avec la coutume locale, les adaptations pragmatiques aux circonstances et les mobilités imprévisibles des habitants de la région. **(Jackson, 1984; Roth & Eckert, 2011)** Considérant le Ksour comme un modèle original du paysage vernaculaire dans le monde, nous avons créé dans cette étude un concept spécifique lié à leur paysage appelé «Paysage Ksourien». Il concerne les caractéristiques et traits visibles des composantes urbaines et naturelles propres à ces villages historiques.

Dans le paysage naturel et urbain, nous trouvons une très grande variété de couleurs. **(Bell, 2004)** Cependant, dans le cas d'un paysage Ksourien, il existe un caractère chromatique particulier qui peut être lié dans les deux paysages. Il existe également des particularités chromatiques régionales importantes dues aux combinaisons de types de roches, de sols, de végétation et de matériaux de construction locaux.

Dans le continent Africain, nous trouvons plusieurs sites de paysages *Ksourien* tels que; ancien Ksour de Ouadane, Chinguetti, Tichitt et Oualata en Mauritanie; le Ksar d'Ait Ben-Haddou et les 7 Ksour de Figuig au Maroc; les Ksour de Douiret Ouled Soltane, Hadada et Chenini en Tunisie; et les Ksour de Gourara, Tiout, Boussemgoun, M'zab en Algérie. Parmi les plus intéressants de ces paysages Ksouriens, nous avons sélectionné la vallée du M'zab; une région historique significative située dans le nord de l'Afrique, sa position

géographique précise est dans la province de Ghardaïa dans le Sahara algérien. Il est à 600 km au sud d'Alger; la capitale de l'Algérie, à 450 m d'altitude. Sa superficie est de 4000 hectares et compte 420 000 habitants. Le M'zab est un site historique célèbre de l'Algérie, divisé en plusieurs unités administratives ou districts, qui par leur emplacement géographique situé le long de la vallée forment un site cohérent. **(Ammar Bouchair, 2004)**

En 1982, il a été inscrit sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO comme un exemple intact d'habitat humain traditionnel, la structure et la construction de ce qui reflète l'adaptation à l'environnement. L'originalité de la vallée du M'zab démontre la mise en œuvre originale de Ksour dans le paysage naturel saharien. Ce type d'habitat a exercé une influence considérable sur de nombreux architectes célèbres et sur des urbanistes urbains structurés du XXe siècle, comme Le Corbusier, Ricardo Bofill, Fernand Pouillon et André Ravereau. **(Ravereau & Roche, 1981)**

2. Problématique

Le M'zab a été classé au liste du patrimoine mondial de l'UNESCO pour sa valeur universelle exceptionnelle basé sur les critères (ii), (iii) et (v) **(UNESCO, 2009)**, mentionnées en tant que :

- La rigueur de l'organisation des ensembles anthropique de la vallée du M'zab et l'originalité de leur modèle exceptionnel d'implantation, qui a exercé une influence considérable pendant près d'un millénaire sur l'architecture et l'urbanisme du XXe siècle.
- Les relations originelles entre les trois éléments (Ksar, cimetière, palmeraie) dérivée du principe égalitaire de la culture Ibadite
- L'intégration parfaite des établissements humains dans l'environnement saharien, par les éléments architecturaux de l'architecture vernaculaire islamique représentant la culture ibadite qui a réussi à réaliser une interaction hautement efficace de l'homme avec un environnement semi-désertique.

La structure urbaine du paysage Ksourien de la vallée du M'zab a attiré l'attention, voire la fascination et l'attrait de nombreux érudits, architectes et chercheurs européens et

non européens qui ont fait de cette fascination plusieurs études scientifiques. Manuelle Roche a analysé l'art islamique de l'architecture ibadite des cinq Ksour mozabites classé par l'UNESCO. **(Roche, 1970; Roche & Mammeri, 2003)** André Ravereau a étudié l'originalité de l'architecture mozabite ainsi que son adaptation à l'environnement. **(Ravereau, Baudouï, & Potié, 2003; Ravereau & Roche, 1981)** Les chercheurs français Didillon & Donnadiou ont étudié l'architecture traditionnelle mozabite et ses typologies. **(Didillon & Donnadiou, 1977)** Le chercheur Algérien Brahim Benyoucef a étudié le développement urbain de l'agglomération mozabite. **(Benyoucef, 1986, 1992, 2010)** Et Amar Bouchair; un autre chercheur algérien contemporain, a traité les qualités et les avantages de la conception traditionnelle de l'établissement mozabite en plus de leurs pratiques traditionnelles et leur adaptation à l'environnement de la région. **(Ammar Bouchair, 2004; A. Bouchair, 2015; Ammar Bouchair & Dupagne, 2003)**. Cependant, le sujet de la couleur n'a pas été suffisamment pris en compte dans leurs études en tant qu'élément important du paysage Mozabite. Ceci a donc évoqué la problématique du caractère chromatique du paysage Ksourien dans la vallée du M'zab qu'on va développer dans cette thèse.

Les autorités algériennes interdisent toute intervention dans le tissu urbain du Ksour mozabite, puisqu'il s'agit d'une région du patrimoine mondial. En ce qui concerne la couleur extérieure des façades, l'office de protection et de promotion de la vallée du M'zab (OPVM) a établi des recommandations techniques pour l'identité chromatique du M'zab. Il recommande de peindre toutes les constructions neuves et / ou anciennes avec une couleur sablonneuse, ou des couleurs dans un spectre qui englobe approximativement les couleurs du paysage naturel environnant. Néanmoins, les recommandations imposées ne sont pas basées sur aucune étude chromatique. Elles servent seulement à garder le caractère ancestral du Ksour en utilisant des couleurs chaudes, issues de la culture populaire des habitants. Aussi, cette problématique vise à établir des palettes universelles représentatives des établissements humains et du paysage naturel du M'zab, afin de les utiliser dans la planification urbaine et la restauration du patrimoine.

De cette problématique découlent les interrogations suivantes :

- 1- Quel aspect chromatique caractérise le paysage Ksourien de la vallée du M'zab ?

- 2- Comment évaluer le concept l'intégration chromatique dans le paysage Ksourien Mozabite ? et quelles interactions y a-t-il entre le paysage urbain et le paysage naturel ?
- 3- Y a-t-il un lien entre la polychromie urbaine des Ksour et la culture vernaculaire Mozabite ?

3. Hypothèses

Les hypothèses de recherche proposent des éléments de réponse aux interrogations liées à la problématique évoquée.

Le paysage Ksourien de la vallée di M'zab est caractérisé par un aspect chromatique ancestral issue des couleurs de terre. Cette polychromie est fortement liée à la culture vernaculaire Mozabite, et à l'utilisation des matériaux locaux issus de la terre et disponibles dans la région. Quant à la notion de l'intégration chromatique, elle peut être évaluée par l'analyse quantitative des similitudes chromatiques existante entre le paysage naturel et le paysage urbain. Ces similitudes créent beaucoup d'interactions dans les deux paysages, ce qui démontre l'adaptation des établissements humains à l'environnement à travers la polychromie vernaculaire du M'zab.

4. Méthodologie

La méthodologie proposée pour étudier l'intégration chromatique du paysage architectural des Ksour dans le paysage naturel, j'ai travaillé sur l'approche de Jean-Philippe Lenclos, fondée sur le concept de la géographie de la couleur, qui sert à découvrir un témoin entre paysage, mode de vie et couleur traditionnelle de l'habitat. **(Lenclos & Lenclos, 1982, 1995, 1999)** Cette approche est constituée des étapes suivantes : prises de photographie, dessin des croquis, prélèvement des échantillons sur la base d'un nuancier, analyse personnelles des échantillons chromatiques, utilisation d'échantillons de matières, classification selon le système TSL (teinte, saturation, et luminance), et finalement conclure l'ensemble des résultats par ce qu'il appelle «*géographie de la couleur*». **(Azzouz, 2013; Lenclos & Lenclos, 1999)** Lenclos a présenté dans son livre «*Couleurs du monde* » une

étude chromatique sur la chromatique le caractère de la vallée de M'zab Toutefois, sont étude n'est pas basée sur une Ceci était le point de départ de notre recherche et de notre méthodologie.

De nombreux auteurs ont conclu qu'il est à la fois nécessaire l'existence d'une continuité de couleur visuelle entre l'architecture et l'environnement. **(García, Hernández, & Ayuga, 2006; Serra, 2013a; Spillmann, 1985)** Selon les théories du chercheur espagnol Juan Serra, la couleur interfère avec la perception des propriétés visuelles dans de nombreux facteurs comme la géométrie, les dimensions, le poids visuel et la texture. Dans une relation entre l'élément et l'entourage, différentes composantes élémentaires de la forme peuvent être perçues comme une unité par la couleur (intégration) ou inversement, exprimer ou renforcer leur autonomie (désintégration). **(Serra, 2013b)** Par ailleurs, dans cette étude, je vais utiliser cette théorie d'intégration chromatique pour désigner le degré de ressemblance chromatique et d'adaptation entre le bâti et l'environnement. Cette relation a été soulevée comme hypothèse pour l'étude de cas de M'zab. Ensuite, une méthode expérimentale sera menée pour évaluer cette intégration chromatique entre les établissements humains et le paysage naturel du M'zab.

5. Présentation du cas d'étude

La vallée du M'Zab est située en Algérie, dans la wilaya de Ghardaïa à 600 Km au sud de la capitale Alger, sur une altitude moyenne de 450 m par rapport au niveau de la mer. C'est est un plateau rocheux de la Hamada dont l'altitude varie entre 300 et 800 mètres. Cette région se classe parmi les régions les plus chaudes de cette frange septentrionale à cause de son climat saharien particulier. **(Adad & Mazouz, 2013; Bekkouche et al., 2013)**



Figure 1: Situation de la vallée du M'zab
Source : Auteur de la thèse

6. Méthode

La méthode développée vise à évaluer *l'intégration chromatique* du paysage architectural des *Ksour* dans le paysage naturel. Dans ce travail, le terme *intégration chromatique* désigne le degré de ressemblance chromatique et d'adaptation entre le bâti et l'environnement. J'ai développé ce concept sur la base des études scientifique établie par Juan Serra, qui pense que la couleur interfère avec la perception des propriétés visuelles dans de nombreux facteurs comme la géométrie, les dimensions, le poids visuel et la texture. Dans une relation entre l'élément et l'entourage, différentes composantes élémentaires de la forme peuvent être perçues comme une unité par la couleur (intégration) ou inversement, exprimer ou renforcer leur autonomie (désintégration).**(Serra, 2013b)**

D'autre part, je me suis basé sur l'approche de Jean-Philippe Lenclos, fondée sur le concept de la géographie de la couleur, qui sert à découvrir un témoin entre paysage, mode de vie et couleur traditionnelle de l'habitat.**(Lenclos & Lenclos, 1982, 1995, 1999)** Cette approche est constituée des étapes suivantes : prises de photographie, dessin des croquis, prélèvement des échantillons sur la base d'un nuancier, analyse personnelles des échantillons chromatiques, utilisation d'échantillons de matières, classification selon le système TSL (teinte, saturation, et luminance), et finalement conclure l'ensemble des résultats par ce qu'il appelle «*géographie de la couleur*».**(Azzouz, 2013; Lenclos & Lenclos, 1999)** Lenclos a présenté dans son livre «*Couleurs du monde* » une étude chromatique sur la chromatique le caractère de la vallée de M'zab Toutefois, son étude n'est pas basée sur une Ceci était le point de départ de notre recherche et de notre méthodologie.

La méthode développée est constituée des étapes suivantes:

1. Percevoir la région du M'Zab dans tous ses aspects : historique, géographique et architectural, climatique... etc.
2. Effectuer une collecte des données de l'ensemble des éléments chromatiques du paysage naturel du M'zab en créant une palette que je vais l'intituler *Palette Naturelle* (PN).
3. Échantillonnage des couleurs dominantes et représentatives dans les établissements humains dans les cinq Ksour. Notre échantillonnage concerne uniquement l'aspect

chromatique externe des constructions. La palette créé est dénommée *Palette des Etablissements Humains (PEH)*.

4. Prélèvement des échantillons des matériaux de construction et les analyser au laboratoire pour déterminer leurs compositions et leurs caractéristiques chromatiques.
5. Enregistrement et catégorisation des différents couleurs sous le Système NCS, en effectuant une synthèse différents constats chromatiques.
6. Faire une synthèse des résultats de l'analyse, qui constituent des constats historiques et géographiques de l'état chromatique du patrimoine architecturale mozabite.

7. Système de couleur

J'ai utilisé le Système Natural des Couleurs (NCS), qui est le modèle de couleur perceptuelle établi par l'institut Scandinave de la Couleur (*Skandinaviska Färginstitutet AB*) de Stockholm, en Suède. Il est basé sur les six perceptions élémentaires de la couleur de la vision humaine telles que décrites par la théorie des couleurs opposées d'Ewald Hering de 1878. **(Biggam, Hough, Kay, & Simmons, 2011)** En 1972, Hård, Sivik et Tonnquist ont développé le système NCS adoptée comme un système national suédoise en 1979. **(Nemcsics & Caivano, 2014)** Ils ont confirmé que : *avec la forme finale du système NCS, nous avons la possibilité identifier les similitudes caractéristiques et les corrélations entre les couleurs.* **(Hård & Sivik, 2001)**

Selon le chercheur argentin Pr. José louis Caivano, le NCS est le système des couleurs le plus utilisé dans l'architecture et le design. **(Caivano, 2006)** En outre, il a été utilisé par des spécialistes dans beaucoup d'études dans le monde *grâce à ses propriétés et de ses qualités, qui constituent un moyen efficace pour tous ceux qui ont une vision de couleur normale pour effectuer des évaluations de couleur sans utiliser d'instruments de mesure de couleur ou d'échantillons chromatiques pour comparer les couleurs.* **(Agoston, 1987)**

8. Références scientifiques

Pour bien valider la méthode de cette thèse, j'ai effectué un stage scientifique au Département de l'expression graphique architecturale (en Espagnole : *Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica*) à l'Université Polytechnique de Valence (UPV) en Espagne. Durant ce stage j'ai étudié le projet interdisciplinaire de « *la récupération des espaces urbains du centre historique de Valence* » concernant l'intervention dans l'architecture patrimoniale. Il est réalisé, entre 1995 et 2013, par le groupe de recherche en couleurs dirigée par Pr. Ángela García Codoñer à l'institut de Restauration du Patrimoine (en espagnole : *Instituto de Restauración del Patrimonio*) de l'Université Polytechnique de Valence. Ce projet a fait l'objet de plusieurs publications, (**Garcia-Codoñer et al., 2009; Llopis et al., 2015**) il met l'accent sur l'intégration chromatique et le lien entre le paysage naturel et le paysage urbain. Llopis *et al.* Pensent que « *Cette solution est habituelle dans les traditions matérielles de toutes les cultures de l'arc méditerranéen, se caractérise par une grande adaptabilité à l'environnement, et ce qui nous intéresse le plus ici, par le lien étroit avec le territoire proposant une technologie de traitement des couleurs basée sur l'utilisation de les oxydes comme mécanisme d'encrage naturel pour les mortiers. Le mortier de chaux coloré utilisait des pigments naturels, des sols et des oxydes, extraits de l'arrière-pays près de la ville, créant ainsi un lien entre les images de la ville et le territoire* »². (**Llopis et al., 2015**) Cette relation entre paysage naturel et urbain a été démontrée dans ce projet à travers le patrimoine architectural méditerranéen de la ville de Valence

L'étude du caractère chromatique local d'un environnement a reçu beaucoup d'attention de la part de l'architecte paysagiste Dr. Simon Bell, qui a déclaré que : « *dans certains endroits, le type de roche et les sols dérivés sont particulièrement importants pour la palette de couleurs globale d'une zone. [...] L'harmonisation des bâtiments dans le paysage, en particulier les plus grands, peut être abordée de plusieurs façons. Pour ceux dont la taille est plus conforme aux bâtiments locaux, le choix judicieux des matériaux ou de la couleur appliquée peut être effectué en échantillonnant les matériaux locaux et en*

² Dans cet article publié dans la revue française « Journal of Cultural Heritage », Llopis *et al.* utilisent le terme territoire (en anglais: territory) pour se référer à la notion de « paysage naturel ».

préparant une palette de couleurs afin que le nouveau s'adapte à l'ancien »(Bell, 2004) Il a toujours insisté sur l'importance de l'adaptation chromatique et son rapport avec les paysage naturel. Ses théories ont beaucoup contribué dans l'élaboration de notre étude.

Je me suis basé aussi sur une étude similaire sur le caractère chromatique du paysage *Ksourian*, qui a été établie dans le Sahara tunisien, à 700 km à l'est de la vallée de M'zab. Karima Azzouz a présenté dans sa thèse intitulée : « *esthétique et poïétique de la coloration dans l'architecture traditionnelle et contemporaine dans les villes du sud tunisien* » une étude scientifique sur l'intérêt de la couleur dans le paysage naturel et architectural. Elle a mentionné que « *La couleur de l'architecture des villages berbères perchés de Matmata, de Toujane et de Chenini Tataouin montre une adaptation à l'environnement naturel par son homogénéité et son uniformité avec le relief naturel.[...] Palette de polychromie de l'architecture vernaculaire des villages berbères perchés des montagnes El dhaher est proche de la palette de l'environnement naturel. La couleur de la pierre est assimilée, acceptée. La couleur appartient au milieu et participe à ce milieu. La couleur se manifeste et surgit dans et du matériau. Ces teintes naturelles, discrètes permettent au bâti de s'inscrire parfaitement dans le paysage sans créer de dissonance par des contrastes trop francs entre l'environnement naturel et les constructions architecturales*». (Azzouz, 2013)

Ces exemples sont des paysages vernaculaires pertinents pour l'étude de la couleur dans les sites patrimoniaux. Ils ont servi comme références pertinentes pour la méthode scientifique développée dans le cadre de cette thèse.

Références bibliographiques

Adad, M. C., & Mazouz, M. T. (2013). Les anciens et nouveaux ksour: étude comparative. Cas du M'zab. *Courrier du Savoir*, 22, 77-87.

Agoston, G. A. (1987). *Color Systems Color Theory and Its Application in Art and Design* (pp. 105-141). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Azzouz, K. (2013). *Esthétique et poïétique de la coloration dans l'architecture traditionnelle et contemporaine dans les villes du sud tunisien*. (PhD Thesis), Université Toulouse 2, France. Retrieved from <http://www.theses.fr/2013TOU20094/document> Available from <http://www.theses.fr/2013TOU20094>

Bekkouche, S., Benouaz, T., Cherier, M. K., Hamdani, M., Yaiche, R. M., & Khanniche, R. (2013). Influence of building orientation on internal temperature in Saharan climates, building located in Ghardaïa region (Algeria). *Thermal Science*, 17(2), 349-364.

Bell, S. (2004). *Elements of Visual Design in the Landscape*. London: Spon Press.

Benyoucef, B. (1986). *Le M'zab: les pratiques de l'espace*. Alger: Editions Entreprise Nationale du Livre.

Benyoucef, B. (1992). *Le M'zab: espace et société*. Alger: éditions IBD.

Benyoucef, B. (2010). *Le m'zab parcours millenaire*. Alger: Edition Alpha.

Biggam, C. P., Hough, C. A., Kay, C. J., & Simmons, D. R. (2011). *New Directions in Colour Studies*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.

Billger, M. (1999). *Colour in Enclosed Space Observation of Colour Phenomena and Development of Methods for Identification of Colour Appearance in Rooms*. Gothenburg: Chalmers University of Technology.

Bouchair, A. (2004). Decline of urban ecosystem of Mzab valley. *Building and Environment*, 39(6), 719-732. doi: 10.1016/j.buildenv.2003.12.001

Bouchair, A. (2015). *Sustainability features of vernacular architecture in Southern Algeria*. Paper presented at the VerSus 2014 / 2nd Mediterra / 2nd ResTapia - International Conference on Vernacular Heritage, Sustainability and Earthen Architecture, Valencia.

Bouchair, A., & Dupagne, A. (2003). Building traditions of Mzab facing the challenges of re-shaping of its built form and society. *Building and Environment*, 38(11), 1345-1364. doi: 10.1016/S0360-1323(03)00065-9

Caivano, J. L. (2006). Research on color in architecture and environmental design: Brief history, current developments, and possible future. *Color Research & Application*, 31(4), 350-363. doi: 10.1002/col.20224

- Codoñer, Á. G., de Oliveira, I. B., Barchino, A. T., Lluch, J. S., & Verdú, J. L. (2016). *Putting the Colour Back into the Rua Junqueira in Lisbon*. Paper presented at the Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica.
- Didillon, H., & Donnadiou, C. (1977). *Habiter le désert: les maisons mozabites : recherches sur un type d'architecture traditionnelle pré-saharienne*. Liège: Éditions Mardaga.
- Dluzewska, A., & Dluzewski, M. (2017). Tourism versus the transformation of ksours-Southern Morocco case study. *Bulletin of Geography*, 36(36), 77-86. doi: 10.1515/bog-2017-0015
- Elbl, M. M. (2008). Qasba in the Maghrib. In H. Selin (Ed.), *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures* (pp. 1-15). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Fridell Anter, K., & Billger, M. (2010). Colour research with architectural relevance: How can different approaches gain from each other? *Color Research & Application*, 35(2), 145-152. doi: 10.1002/col.20565
- García-Codoñer, A., Verdú, J. L., Barchino, A. T., Guillén, R. V., & Lluch, J. S. (2009). Colour as a structural variable of historical urban form. *Color Research & Application*, 34(3), 253-265. doi: 10.1002/col.20491
- García, L., Hernández, J., & Ayuga, F. (2006). Analysis of the materials and exterior texture of agro-industrial buildings: a photo-analytical approach to landscape integration. *Landscape and Urban Planning*, 74(2), 110-124. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.10.007>
- Hård, A., & Sivik, L. (2001). A theory of colors in combination—A descriptive model related to the NCS color-order system. *Color Research & Application*, 26(1), 4-28. doi: 10.1002/1520-6378(200102)26:1<4::AID-COL3>3.0.CO;2-T
- Hårleman, M. (2007). *Daylight influence on colour design: empirical study on perceived colour and colour experience indoors*. Stockholm: Axl Books.
- Jackson, J. B. (1984). *Discovering the Vernacular Landscape*. New Haven: Yale University Press.
- Lenclos, J. P., & Lenclos, D. (1982). *Les couleurs de la France: maisons et paysages*. Paris: Editions du Moniteur.
- Lenclos, J. P., & Lenclos, D. (1995). *Les couleurs de l'Europe: géographie de la couleur*. Paris: Editions du Moniteur.
- Lenclos, J. P., & Lenclos, D. (1999). *Couleurs du monde: géographie de la couleur*. Paris: Editions du Moniteur.
- Llopis, J., Torres, A., Serra, J., & García, Á. (2015). The preservation of the chromatic image of historical cities as a cultural value. The old city of Valencia (Spain). *Journal of Cultural Heritage*, 16(5), 611-622. doi: 10.1016/j.culher.2015.01.005

Lluch, J. S., Barchino, A. T., de la Torre Fornés, I., & Codoñer, Á. G. (2016). *Experimentation with Colour in Architectural Spaces*. Paper presented at the Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica.

Massia, J. V., García Codoñer, Á., Torres Barchino, A., Llopis Verdú, J., & Villaplana, R. (1995). El color del centro histórico. *Arquitectura histórica y color en el Barrio del Carmen de Valencia*.

Mazouz, S., & Zerouala, M. S. (1999). The Derivation and Re-Use of Vernacular Urban Space Concepts. *Architectural Science Review*, 42(1), 3-13. doi: 10.1080/00038628.1999.9696843

Moussaoui, A. (2002). *Espace et sacré au Sahara: ksour et oasis du sud-ouest algérien*. Paris: CNRS Éditions.

Munzi, M., Schirru, G., & Tantillo, I. (2014). Centenarium. *Libyan Studies*, 45, 49-64.

Nemcsics, A., & Caivano, J. L. (2014). Color Order Systems. In R. Luo (Ed.), *Encyclopedia of Color Science and Technology* (pp. 1-16). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Nguyen, L., & Teller, J. (2013). La couleur dans l'environnement urbain. Validation d'un protocole de caractérisation chromatique. *Ambiances. Environnement sensible, architecture et espace urbain*. doi: 10.4000/ambiances.365

Nguyen, L., & Teller, J. (2016). Color in the urban environment: A user-oriented protocol for chromatic characterization and the development of a parametric typology. *Color Research & Application*, n/a-n/a. doi: 10.1002/col.22022

Ravéreau, A., Baudouï, R., & Potié, P. (2003). *André Ravéreau: l'atelier du désert*. Marseille: Editions Parenthèses.

Ravéreau, A., & Roche, M. (1981). *Le M'Zab, une leçon d'architecture*. Paris: Sindbad.

Roche, M. (1970). *Le M'zâb: architecture ibadite en Algérie*. Paris: Editions Arthaud.

Roche, M., & Mammeri, M. (2003). *Le M'Zab: cités millénaires du Sahara*. France: Etudes & Communications éditions.

Roth, E. G., & Eckert, J. K. (2011). The Vernacular Landscape of Assisted Living. *J Aging Stud*, 25(3), 215-224. doi: 10.1016/j.jaging.2011.03.005

Serra, J. (2010). CONTEMPORARY ARCHITECTURE AND COLOR OF THE LANDSCAPE: BETWEEN MIMICRY AND UNIQUENESS. *Ega-Revista De Expresion Grafica Arquitectonica*(16), 106-+.

Serra, J. (2013a). *How to evaluate the chromatic integration of architectures with visual impact on the landscape by using objective and subjective indicators: state of the art*. Paper presented at the AIC Colour 2013, Newcastle, UK.

Serra, J. (2013b). Three color strategies in architectural composition. *Color Research & Application*, 38(4), 238-250. doi: 10.1002/col.21717

Serra, J. (2013c). The versatility of color in contemporary architecture. *Color Research & Application*, 38(5), 344-355. doi: 10.1002/col.21734

Serra, J., & Codoñer, Á. G. (2014). Color composition in postmodern western architecture. *Color Research & Application*, 39(4), 399-412. doi: 10.1002/col.21814

Serra, J., Llopis, J., Torres, A., & Gimenez, M. (2016). Color combination criteria in Le Corbusier's Purist architecture based on Salubra claviers from 1931. *Color Research and Application*, 41(1), 85-100. doi: 10.1002/col.21940

Servantie, M. P. (2007). *Chromo-architecture: l'art de construire en couleur*. Paris: Editions Alternatives.

Spillmann, W. (1985). Color order systems and architectural color design. *Color Research & Application*, 10(1), 5-11. doi: 10.1002/col.5080100104

UNESCO. (2009, 2009). La vallée du M'zab. from <http://whc.unesco.org/fr/list/188>

Chapitre I

La couleur, une composante du paysage

1. Introduction

Dans ce chapitre, on va traiter la couleur en tant qu'une composante importante du paysage urbain et naturel, à travers son rôle, ses influences, et ses méthodes d'application. Nous allons aussi essayer d'apporter plus de clarté à la place de la couleur dans la ville et de la conception architecturale, et comment les architectes et les urbanistes considèrent la couleur comme outil de planification architecturale et urbaine.

2. La couleur entre définitions et concepts

Selon le dictionnaire de la langue française Larousse, la couleur est définie en tant que : « *une sensation résultant de l'impression produite sur l'œil par une lumière émise par une source et reçue directement (couleur d'une source : flammes, etc.) ou après avoir interagi avec un corps non lumineux (couleur d'un corps)* ». (Larousse, 2015)

Il est important de définir la couleur et ses dimensions pour comprendre la raison de son efficacité. Les définitions de couleur dans la littérature ont des approches différentes. Scientifiquement, et selon (Meerwein, Rodeck, & Mahnke, 2007), la couleur est définie comme « *une sensation visuelle spécifique produite par le rayonnement visible, ou stimulus de couleur qui se produit lorsque la lumière d'une source naturelle ou artificielle est interrompue par un objet ou une particule de poussière* ». Une autre définition plus large qui définit la couleur en tant que « *propriété inhérente de tous les matériaux et surfaces, y compris de la lumière et de la peinture à l'art, de l'esthétique à la fonctionnalité et comme élément inséparable du design* ». (Wyszecki & Stiles, 1982)

L'une des choses les plus curieuses à propos de la couleur est sa nature intangible. C'est un sens humain qui est très difficile à reproduire dans un logiciel mathématique ou un matériel robotique et la recherche sur sa fonctionnalité compliquée est aussi active aujourd'hui qu'elle ne l'a jamais été. La couleur que nous voyons est dans une certaine mesure moyennée dans le temps: les différentes rémanences de divers luminophores dans l'éclairage fluorescent signifient que la couleur de leur illumination change imperceptiblement cycliquement 100 fois par seconde. Si nous regardons une scène statique pendant environ 20 secondes, nous voyons des images rémanentes. En vieillissant, la lentille

dans notre œil, notre fenêtre sur le monde, jaunit et (bien que nous ayons tendance à ne pas le remarquer) blues terne. Spatialement, les couleurs s'influencent mutuellement à travers le processus appelé contraste simultané. L'artiste impressionniste Van Gogh l'a apprécié dans ses peintures vibrantes, juxtaposant souvent des couleurs complémentaires (comme le bleu contre le jaune et le vert contre le rouge) pour un effet accru. Pour diverses raisons, même des tests de couleurs simples vont générer de larges plages de réponses du même observateur à différents moments et entre différents observateurs. Nous voyons la couleur différemment selon le type d'éclairage et le niveau. Il n'est pas inhabituel pour les yeux gauche et droit d'une personne de voir la couleur légèrement différemment. En prenant ces facteurs en compte, on commence à réaliser que tout modèle de vision des couleurs humaines va être très compliqué. Au mieux, nous pouvons en créer un qui fonctionnera dans un ensemble très limité de conditions. Concevoir une machine pour prédire quand une photographie imprimée correspond à la scène originale est un très grand ordre. En fait, les fabricants de pellicules photographiques savent depuis longtemps qu'au-delà de la fidélité des couleurs, leurs clients ont une préférence de couleur plus digne de vente. Par exemple, il existe des manières distinctes selon lesquelles le stock de pellicules photographiques japonais et européen, respectivement, représente la couleur de l'herbe. **(Chevreul & Martel, 1981)**

3. La nature de la couleur

La couleur est l'un des éléments les plus dominants qui affectent chaque partie de notre vie. Il sert de guide pour donner un sens à notre environnement et affecte notre comportement par son rôle informatif et culturel. De plus, comme c'est un phénomène d'une longueur d'onde de la lumière qui est transmise à travers nos yeux, cela a aussi une influence sur la qualité de nos vies. Ainsi, la couleur nous influence psychologiquement et physiologiquement. **(Jin, Yu, Kim, Kim, & Chung, 2009; Martinson & Bukoski, 2005)**

3.1 La nature physiologique

Chaque combinaison de couleurs et de couleurs a sa propre sensation. Ils sont individuellement ou en relation les uns avec les autres ont le potentiel de devenir des irritants pour les yeux et de causer des maux de tête. Leur utilisation appropriée peut maximiser la productivité et détendre tout le corps. Elle pourrait affecter non seulement les émotions des

gens, mais aussi leurs ondes cérébrales, leurs fréquences cardiaques, leurs pressions sanguines et leurs fréquences respiratoires, les sécrétions hormonales, les réactions aux stress, le système nerveux autonome et le cortex cérébral où les émotions sont localisées. **(Jin et al., 2009; Kaiser, 1984)**

Dans l'étude établie par **(Jin et al., 2009)**, ils ont indiqué que la couleur rouge semblait avoir le plus d'effet sur les changements émotionnels et affecter directement l'activité du système nerveux parasympathique des sujets, ce qui ajustait la tension artérielle, la fréquence cardiaque et les fréquences respiratoires au-dessous du niveau normal. L'effet des couleurs sur les fonctions physiologiques du corps a été efficacement utilisé comme thérapie de couleur dans divers domaines médicaux tels que la dépression et le cancer.

3.2 La nature psychologique

Les influences physiques de la couleur sur les êtres humains provoquent des réactions psychologiques et les manières psychologiques envers la couleur impressionnent les réponses corporelles. Cela signifie que la couleur imprègne tous les aspects de l'homme, son corps, son esprit, son esprit et son émotion. **(Birren, 1988)**

De nombreux psychiatres et psychologues ont noté que les réactions à la couleur sont plus impulsives et émotionnelles **(Birren, 1988)**. Par conséquent, la couleur peut avoir de fortes influences sur les humeurs et les émotions des gens. **(Helen, 1983)** a expliqué les réactions émotionnelles à la couleur comme: « *La lumière de différentes couleurs entrant dans l'œil peut affecter indirectement le centre des émotions dans l'hypothalamus, qui à son tour affecte la glande pituitaire. Cette glande «maîtresse» contrôle l'ensemble du système endocrinien, y compris la glande thyroïde et les glandes sexuelles, et contrôle ainsi les niveaux hormonaux de ce système et les humeurs qui en découlent* ». **(Helen, 1983)**

4. Systèmes de classification des couleurs

L'œil humain peut différencier dix millions de couleurs. Pour différencier les couleurs les unes des autres avec assez de précision, des systèmes de commande de couleurs ont été développés. Différents systèmes systématisent la couleur de différentes manières, chacun étant convaincant de sa propre justesse. Cependant, un système de commande de couleur

unique ne peut pas être vraiment inclusif car la couleur est un sujet énorme. Les systèmes de couleurs Munsell, NCS, CIELAB et RVB sont les systèmes de commande de couleurs les plus utilisés dans différents domaines de recherche. Les principaux objectifs des systèmes de commande de couleurs sont de donner de l'ordre aux dimensions de la couleur. **(Fehrman & Fehrman, 1999; Holtzschue, 2012)**

Un système de classification de couleur est une méthode systématique et rationnelle d'arrangement de toutes les couleurs ou sous-ensembles possibles au moyen d'échantillons de matériaux. Une fois les couleurs disposées systématiquement, elles sont nommées selon des termes descriptifs et/ou sont numérotées. Un comité technique de l'Organisation internationale de normalisation, ISO / TC187 (Notations de couleur), a défini un système de classification de couleurs comme un ensemble de principes pour l'ordonnement et la dénotation des couleurs, généralement selon des échelles définies. **(Kuehni, 1986)**

Un système de commande de couleur est généralement illustré par un ensemble d'échantillons physiques, parfois connus sous le nom d'atlas de couleur. Cela facilite la communication de la couleur, mais n'est pas une condition préalable pour définir un système de commande de couleur. Le système d'ordre des couleurs détermine le nombre d'attributs à prendre en compte, chaque attribut définissant une dimension du système. Par exemple, un système unidimensionnel peut être adéquat dans la conception de systèmes d'éclairage, où il suffit parfois de prendre en compte uniquement le facteur de luminance CIE (Y), qui est fonction de la réflectance totale de chaque surface dans le volume à éclairer. **(Kuehni, 1986)**

Un système de classification de couleur est principalement défini par un ensemble de normes de couleurs de matériaux, alors qu'un espace de couleurs est essentiellement un arrangement conceptuel. Au fil des années, plus de 400 systèmes de commande de couleurs ont été compilés. Sur le disque, le premier ordre de couleur a été conçu par Aristote environ 350 av. J.-C. Il était vaguement tridimensionnel, et le blanc était placé en face du noir; le rouge, cependant, était placé entre le noir et le blanc, le rouge étant la couleur du ciel entre les états de nuit et de jour. On dit que Léonard de Vinci (1452-1519) a peint des séquences dans lesquelles des couleurs étroitement liées ont été placées près l'un de l'autre. Newton (1642-1727), dont la découverte de la nature de la lumière blanche peut être considérée comme ayant commencé la science de la physique des couleurs, disposait toutes les nuances

dans un cercle, avec des teintes complémentaires opposées et blanches en son centre. Ces arrangements étaient bidimensionnels, cependant, et ne pouvaient donc inclure toutes les couleurs. **(Fairchild, 2013)**

4.1 Le système Munsell

Le professeur Albert Henry Munsell (1858-1918) est un peintre et professeur d'art américain qui voulait créer une méthode rationnelle pour décrire la couleur qui utiliserait la notation décimale plutôt que les noms de couleurs et développait le système de couleurs le plus ancien et de loin le plus populaire. L'atlas de Munsell a été publié en 1915 et commercialisé en 1929. Le système a fait l'objet d'études approfondies. Le groupe d'étude de l'Association Internationale de la Couleur (AIC) sur les systèmes de commande de couleurs a préparé une Bibliographie Annotée informatisée contenant environ 400 entrées, dont 115 références sur le système Munsell. **(Billmeyer, 1987; Billmeyer & Bencuya, 1987)**

Avant 1943, le système de Munsell était défini par les échantillons physiques composant les puces de couleur MBC de 1929, et donc la spécification de base du système de Munsell était la fonction de référence spectrale de chaque puce de couleur. L'espacement des puces a été intensivement étudié par le Comité de colorimétrie de la Société d'optique d'Amérique et en 1943 les valeurs tri stimulus CIE de puces idéalement espacées ont été publiées comme le système Munsell. De toute évidence, il existe de nombreuses différences physiques et psychophysiques importantes entre le système à base de réflectance antérieur et le système tri stimulus actuel. **(Billmeyer, 1987; Billmeyer & Bencuya, 1987)**

Le système se compose des trois attributs indépendants suivants représentés cylindriques en trois dimensions sous la forme d'un solide de couleur irrégulière : **(Figure 5)**

1. **Teinte (H)** : mesurée le long de la circonférence des cercles horizontaux
2. **Chroma (C)** : ou chromaticité de couleur, mesurée radialement vers l'extérieur à partir de l'axe horizontale.
3. **Valeur (V)** : mesurée verticalement de 0 (noir) à 10 (blanc).

Munsell a déterminé l'espacement des couleurs le long de ces dimensions en prenant des mesures de réponses visuelles humaines. Dans chaque dimension, les couleurs de Munsell sont aussi proches de l'uniformité perceptive qu'il pourrait les faire, ce qui rend la forme

résultante assez irrégulière. L'uniformité perceptive du système n'est valable que sous l'illuminant C, un fond gris moyen uniforme (N5) avec un niveau d'éclairement suffisamment élevé (supérieur à 500 lux). **(Billmeyer, 1987; Billmeyer & Bencuya, 1987)**

Le système Munsell divise chaque cercle de teintes horizontales en cinq teintes uniques ou principales: Rouge (5R), Jaune (5Y), Vert (5G), Bleu (5B) et Violet (5P), avec cinq teintes intermédiaires (5YR, 5GY, 5BG, 5PB, 5RP) à mi-chemin entre les teintes principales adjacentes. Dans le livre original de Munsell, chaque secteur de teinte (H) est divisé en quatre catégories plus fines, à savoir 2,5H, 5H, 7,5H et 10H (0 pour le H suivant) (Munsell a initialement échantillonné seulement 20 teintes, plus tard 40). Chacune des dix étapes peut également être divisée en dix sous-étapes supplémentaires, de sorte que 100 teintes sont obtenues avec des valeurs entières. **(Kuehni, 2004)**

Kuehni a observé que l'échelle de nuance de Munsell n'est pas visuellement uniforme. Munsell hue étapes entre quatre teintes moyennes uniques sont irrégulières. Pour l'uniformité visuelle, le nombre de pas de teinte de Munsell entre les nuances uniques proposées par Kuehni est indiqué dans le tableau 1.1 :

N°	Secteurs des teintes	Degrés de la teinte
1	Rouge - jaune	20
2	Jaune - verte	23
3	Verte – bleu	26
4	Bleu – rouge	31
	Totale	100

Tableau 1.1 : les degrés de teintes pour les secteurs du système Munsell

Source : (Kuehni, 2004)

4.2. Le système Ostwald

Le chimiste allemand Wilhelm Ostwald (1853-1932) a tenté de construire un système de couleur perceptuelle en utilisant des méthodes non empiriques. À la place des trois paramètres de couleur de Munsell, il choisit un groupe de variables alternatif: le contenu en couleur, le contenu en blanc et le contenu en noir. Il a également introduit le terme spécial «pleine couleur», par lequel il signifiait une couleur qui permettait la sensation d'un seul ton de couleur (la teinte de Munsell) et n'était pas tempérée par le blanc ou le noir. Pour être plus précis, on pourrait dire qu'une couleur est une couleur parfaitement pure - en d'autres termes, de saturation maximale et, en même temps, brillante. Les couleurs pleines sont, bien sûr, des couleurs idéales qui ne peuvent pas être reproduites par des pigments réels. Ostwald a décrit un solide de couleur à double cône de couleurs connexes basé sur un mélange de disques additifs. Ostwald (1915, 1916) a mis au point ce système d'ordre des couleurs, et les divers catalogues physiques, y compris le *Color Harmony Manual* (1942-72), une fois développés, ne sont plus disponibles. Le système a été favorisé par les artistes et les concepteurs en raison de la similitude de la construction et de la méthode de préparation des mélanges de couleurs de l'artiste, et a un immense intérêt historique. **(Fairchild, 2013; Kuehni, 2003)**

Comme le NCS, le système d'Ostwald est également basé sur la théorie des couleurs de l'adversaire de Hering. Le cercle de teinte a été mis en place avec les quatre teintes uniques de Hering (rouge, jaune, vert et bleu). Cependant, au lieu de teintes perceptuellement opposées, les teintes complémentaires colorimétriques (c'est-à-dire les teintes situées sur les côtés opposés du point blanc dans le diagramme de chromaticité) sont placées à l'opposé l'une de l'autre. Les teintes, en particulier les deux dernières, sont différentes des teintes uniques NCS. Les teintes opposées, combinées dans des proportions appropriées dans un disque tournant rotatif, doivent apparaître en gris neutre. D'autres teintes sont sélectionnées par un espacement visuel égal dans chaque quadrant et sont représentées par des longueurs d'onde dominantes constantes. **(Figure 11)** Le cercle de la teinte d'Ostwald commence par le jaune à la position 12 heures et continue dans le sens des aiguilles d'une montre vers le rouge, le bleu et le vert, contrairement au système Munsell où il passe du rouge au jaune, vert, bleu, etc. et donne une couleur achromatique lorsqu'il est mélangé optiquement. Le cercle de couleurs d'Ostwald se compose d'une séquence de 24 teintes réparties en huit groupes de trois, nommés jaune, orange, rouge, violet, bleu, turquoise, vert-vert et vert-feuille.

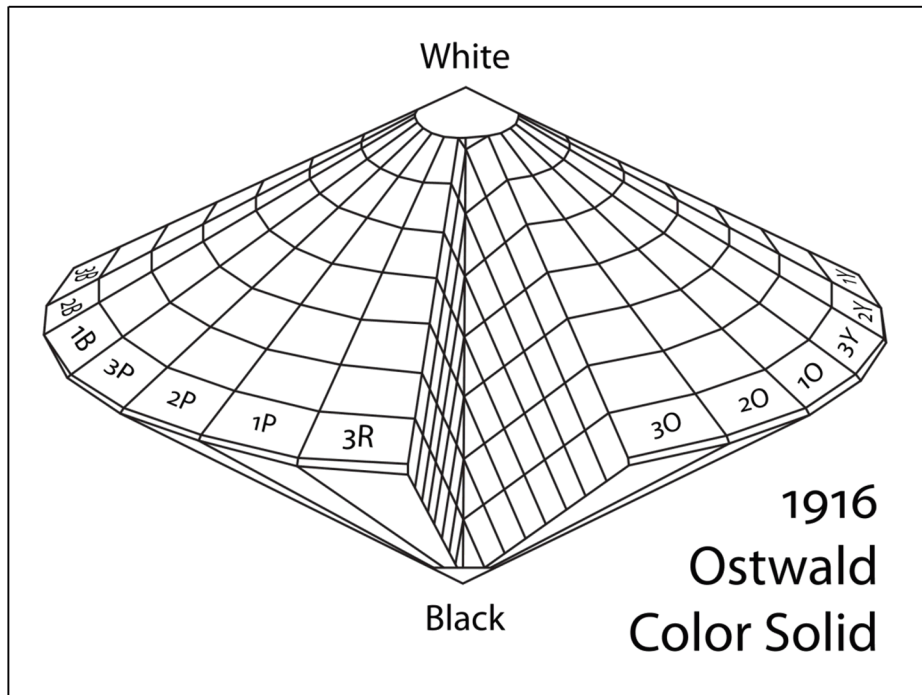


Figure 1.2: Le système colorimétrique d'Ostwald

Source : www.wikipedia.org



Figure 1.3: Le système colorimétrique d'Ostwald

Source : www.wikipedia.org

4.3 Les avantages des systèmes de classification de couleur

Les systèmes de classification de couleur ont plusieurs avantages pratiques tels qu'ils sont décrit ci-dessous par **(Robert 1991)** :

1. Comme représenté par des échantillons physiques, les systèmes de couleur sont réalistes et faciles à comprendre. Il est facile pour l'œil de spécifier les couleurs de l'objet par comparaison avec des échantillons physiques de référence, plutôt que de faire correspondre les couleurs dans la mémoire.
2. Les atlas de couleur sont faciles à utiliser. Dans la plupart des cas, les comparaisons côte à côte sont faites dans des conditions d'observation sans utiliser aucun instrument.
3. Les systèmes basés sur la mise à l'échelle perceptive, tels que Munsell et NCS, peuvent être utilisés pour évaluer des modèles d'apparence de couleur mathématique.
4. Actuellement, la plupart des systèmes de classification de couleurs sont étalonnés en termes de valeurs trichromatiques; par conséquent, on peut se référer aux systèmes colorimétriques pour le contrôle de la couleur ou pour les formulations de colorant par ordinateur, même en l'absence d'échantillons de référence.
5. Les espaces de couleur visuellement uniformes, tels que Munsell et OSA, peuvent s'avérer un moyen utile d'organiser les couleurs d'un moniteur de télévision couleur à commande numérique. Les futurs espaces colorimétriques uniformes seront probablement définis à l'aide de moniteurs de télévision en couleur à commande numérique, qui présentent une plus grande souplesse et une gamme de couleurs plus étendue que la technologie des pigments complexes actuellement utilisée.
6. Les systèmes de classification de couleur peuvent être utilisés comme sources pour des cibles de test pour des systèmes d'imagerie ou d'autres dispositifs de mesure. Le graphique *Macbeth Color Checker* couramment utilisé comme cible de test pour les systèmes d'imagerie est partiellement basé sur le système Munsell.

5. La couleur dans l'architecture

L'architecture est une profession qui réunit l'art et la technique. Elle est transversale à de nombreux domaines de la connaissance, incarnant ce que l'on pourrait appeler une

«discipline humaniste» de la Renaissance. Elle répond à son objectif de matérialiser les idéaux humains culturels, sociaux et esthétiques de chaque époque. Ce rôle complexe dans la société rend les objectifs et les résultats de l'architecture complètement différents à travers les époques et les cultures. De nos jours, dans la plupart des écoles d'architecture, l'esthétique et l'harmonie sont considérées comme des sujets suspects tandis que la rationalité, la technologie et les choses qui peuvent être prouvées sont favorisées. La couleur, parmi les architectes, est souvent considérée comme quelque chose qui est ajouté à la fin du processus architectural, souvent déjà sur le site de travail, et, en cas de doute, en utilisant toujours le blanc. Selon cette idée, Werner Spillmann a observé que les décisions de couleur viennent habituellement quand tout est déjà déterminé; c'est-à-dire que la couleur était le plus souvent considérée au tout dernier moment, dans un laps de temps extrêmement court, sans tenir compte de la structure, de la fonction et de l'environnement du bâtiment. **(Schindler, 2005)**

Pour utiliser la couleur dans l'environnement architectural, et pour répondre aux attentes de ses utilisateurs, nous devons également enseigner les significations psychologiques et connotatives de la couleur, certaines transculturelles et enracinées dans les données archétypales de chaque être humain - comme l'analogie de rouge, orange et jaune avec chaud (feu), bleu avec froid (eau), vert avec nature et vie (plantes, arbres) - et d'autres significations culturelles et symboliques plus spécifiques liées à certaines cultures, sociétés, religions et groupes (de l'héraldique aux équipes de football). Il faut connaître l'alphabet psychologique des couleurs, sachant que les termes et les concepts de couleur sont très proches de la société, de sa culture et de la mode plus ou moins éphémère et des tendances de l'art. **(Gage, 1999; Mahnke, 1996)**

6. Les influences de la couleur sur le paysage architectural

La couleur dispose d'un rôle considérable pour l'architecture et le paysage architectural, elle a une forte puissance expressive, et un fort potentiel identitaire. Elle exerce des influences importantes sur les paysages architectural et naturel. Marie Pierre Servantie a défini, selon ses théories, les 5 influences majeures de la couleur sur les entités architecturales extérieures ou intérieurs :

Concevoir l'identité architecturale

La couleur peut affirmer l'identité d'un bâtiment ou d'un édifice, elle peut le faire sortir de sa grisaille, être le reflet de sa personnalité en harmonie avec ceux qui y vivent et les activités qui s'y déroulent. Ici, une façade d'hôpital, là, un collège, une médiathèque ou encore un bâtiment industriel où la couleur devient expression d'une image de firme. Avec les teintes neutres, on ne prend pas de risque; avec l'usage de la couleur, il faut choisir et cela engage. La couleur nécessite de l'audace, du dynamisme, du changement, et surtout elle apporte une dimension en termes de communication pour sortir de l'anonymat ou de la morosité. **(Servantie, 2007)**

La couleur sert à ajouter des particularités et des spécificités aux sites, les matériaux locaux exercent une influence identitaire sur leurs régions. On prend à titre d'exemple Toulouse, ville du Sud-ouest de la France, est surnommée « La ville rose » en raison de la couleur du matériau de construction traditionnel local, la brique de terre cuite qui caractérise son architecture. **(Ghariri, 2009)**



Figure 1.4 : Toulouse, la ville rose, France

Source : www.static.panoramio.com

Créer l'unité architecturale

Dans le cas de la ville d'Arcachon, toute création, réfection ou transformation d'une façade est soumise à la délivrance d'une autorisation de travaux allant dans le sens de la préservation et de la mise en valeur du patrimoine, prenant en compte la qualité des

matériaux et leur coloration. Une charte architecturale, paysagère et chromatique a été élaborée. Le schéma directeur de coloration présente une palette de cent vingt-sept coloris sélectionnés et recommandés d'après un repérage précis réalisé dans la ville d'Hivers, le quartier de l'aiguillon et du Moulleau. La forte unité dans les typologies, qui favorise la cohérence et participe à la réputation touristique de la ville, impose par là même une grande rigueur dans la qualité des couleurs. **(Servantie 2006)**

Changer l'échelle d'un bâtiment

L'évolution urbanistique d'un quartier peut imposer des axes de vues perspectifs différents de ceux dictés par le plan masse d'origine. Un travail de requalification de l'image devient nécessaire. Ce bâtiment de 195 logements sur 13 niveaux se repositionne dans un autre contexte urbain, la façade arrière devient façade principale. L'étude de rythme révèle la simplicité graphique de l'édifice : une façade plate sans relief. Le rajout de couleurs devient alors un acte volontaire destiné à redonner vie à la façade, à l'identifier, à obtenir un travail homogène sans être monotone, à causer l'effet de masse, à retrouver l'aspect abstrait des années 50 sans négliger l'interaction chromatique par rapport aux autres corps de bâtiments de la cité déjà rénovés. **(Servantie, 2007)**

Ce travail de requalification se définit comme de l'urbanisme chromatique ou du paysagisme. La façade présente une certaine régularité en même temps qu'une symétrie absolue. Les pleins et les vides s'équilibrent. Les caractères chromatiques vont respecter aussi bien l'échelle que la proportion du bâti. Un rythme vertical et tramé donne le relief attendu pour donner un ensemble cohérent, allégé, structuré. **(Servantie, 2007)**

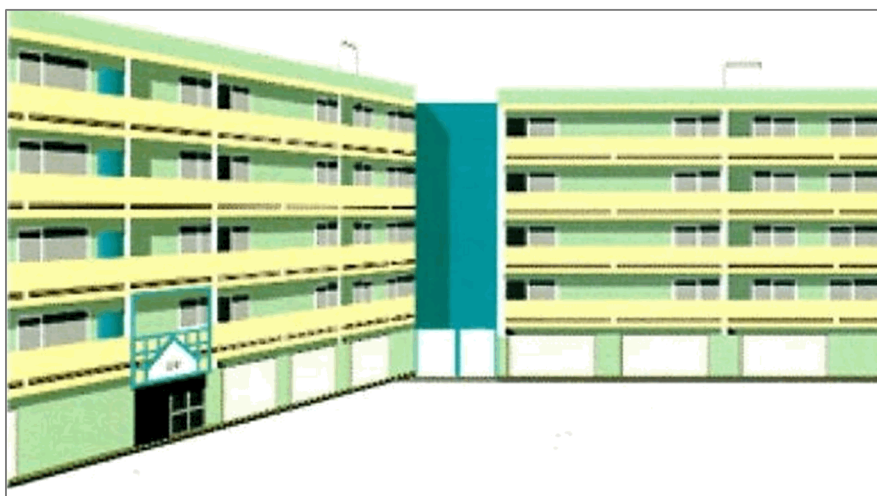


Figure 1.5: La couleur et la distance dans un bâtiment

Source : **(Servantie 2006)**

Améliorer la lisibilité architecturale

En architecture, la couleur renforce et rend lisible le parti architectural. Elle est utilisée pour affirmer ou adoucir la découpe d'une construction. Elle allège ou assoit, elle casse des panneaux muraux, brise l'uniformité, et joue entre les différents éléments de la façade: dimension, volume, structure, percements, modénature, texture. Elle possède des caractéristiques spatiales. Les tons clairs avancent, les tons foncés donnent de la profondeur. On peut ainsi par illusion d'optique :

- Agrandir ou rétrécir un volume,
- Étirer une perspective,
- Délimiter un espace,
- Accentuer un rythme (composition verticale horizontale, diagonale, circulaire en combinaison complexe).



Figure 1.6: La lisibilité des éléments architecturaux grâce à la couleur.

Source : **(Servantie 2006)**

Répondre à des informations de repérage et de sécurité

La seule couleur exposée en aplat est la pelouse du Stadium de Toulouse. L'architecte P. Ferret a voulu un « parti pris couleur » s'opposant au lieu résolument contemporain par

l'usage de matériaux comme le verre, l'acier, le béton, la toile, qui induisent une palette chromatique du blanc au noir sur des structures à texture tantôt lisse et brillante, tantôt rugueuse et mate, parfois réfléchissantes. Mais comment traduire la sensation du blanc dans un contexte où les matériaux utilisés sont tous différents et comment traduire l'unité vibratoire qui saisit l'ensemble des spectateurs en ce lieu où les volumes sont en position circulaire suivant quatre axes d'orientation et où les regards et les pensées concourent en un même point central, en l'occurrence la pelouse ?

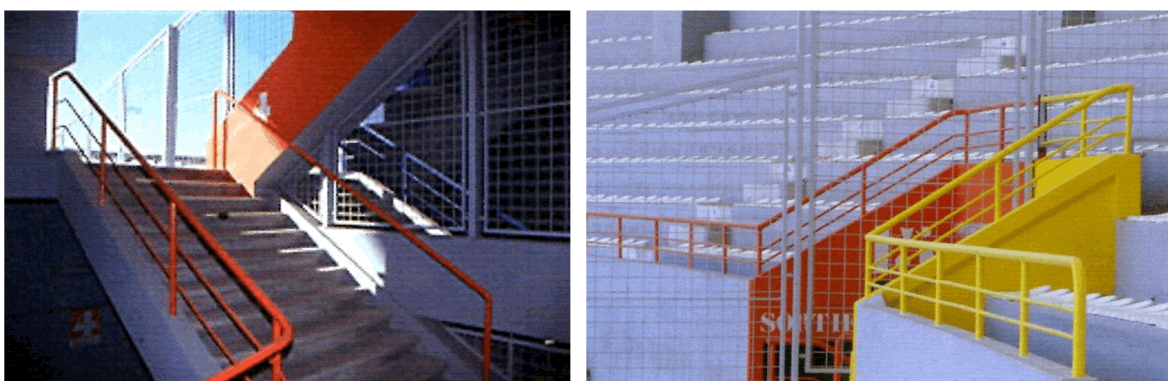


Figure 1.7: les éléments de sécurité et de repérage

Source : **(Servantie 2006)**

En réponse, le blanc qui va dominer ici est la lumière qui contient toutes les couleurs. La lumière blanche est ondulatoire, le prisme la décompose pour donner le spectre des couleurs organisables en cercle chromatique. Les oppositions blanc-polychrome et clair-obscur - lumière et ombre vont fabriquer l'effet vibratoire par le jeu du regard.

Le blanc des structures, le blanc grisé de la bâche et de son ombre propre, le gris réfléchissant des vitrages et de la maille galvanisée, le gris du béton des gradins définissent une palette sur l'échelle des gris. Ces gris ont été analysés, adaptés pour se trouver en équidistance visuelle et appliqués en dégradé depuis le niveau de la pelouse jusqu'au mur d'enceinte périphérique des gradins. Les premières rangées de sièges disposés en cercles concentriques sont colorisés en gris moyen uni, sur les cercles concentriques suivant alternent sièges blancs et gris, les derniers cercles sont traités en blanc. Ainsi, la lumière venant de l'extérieur et ayant tendance à s'affaiblir sous l'emprise de la couverture, garde-t-elle une sensation constante par le pouvoir de réflexion des 36 500 coques d'assise. Le tout

sera contrasté par des accents polychromes judicieusement placés sur les « vomitoires » d'évacuation du public : bleu indigo pour les loges d'honneur, pourpre côté supporters - emblème de la ville de Toulouse - et de son club de football Téfécé, rouge orangé corbuséen, jaune d'or orienté au nord, générateur de lumière solaire. Le tout est unifié par le vert puissant de la pelouse qui referme le cercle chromatique en spirale, ce qui permet à l'œil de percevoir inconsciemment une énergie elliptique. **(Servantie 2006)**

Améliorer le confort visuel de l'architecture

L'homme peut évoluer, se déplacer dans tous les sens de l'espace, il a besoin d'espaces d'évolution qui conviennent à ses activités, à ses déplacements, à son repos, à la contemplation. Pour aller d'un point à un autre, il faut des espaces de relation pour communiquer entre extérieur et intérieur, des lieux de transition. D'où la nécessité de créer des ambiances chromatiques adaptées aux activités qui s'y déroulent, choisies dans la bonne gamme et la bonne intensité. Le rôle fonctionnel de la couleur est le confort visuel : tout ce qui constitue le bien-être lié à la vision. L'homme est un visuel, la plupart de ses activités sont guidées par la vue. La qualité de l'éclairage est indispensable ; toutefois, la couleur judicieusement répartie corrige les lacunes de l'éclairage en estompant les contrastes trop forts, en calmant les espaces trop brillants, en réfléchissant ou en éblouissant. Un bon indice de réflexion des parois et des supports, le bon rendu des couleurs participent à la qualité du confort visuel. **(Servantie, 2007)**

« Le tripode - hall d'entrée du CHU de Bordeaux - est un bon géant qui enveloppe et qui protège. Il nous faut donc un espace tonique mais non violent, chaleureux, moderne et accueillant, et... que ça dépote », (Figure 1.12) tel était l'objectif recherché par le maître d'ouvrage dans son cahier des charges. Une mise en valeur chromatique appropriée était nécessaire et ceci n'était pas anodin. Si la couleur joue en règle générale un rôle prépondérant sur les facteurs d'ambiance, le confort visuel, le conditionnement psychologique, c'est encore plus vrai dans le cadre d'établissements hospitaliers où :

1. le patient doit se sentir bien ;
2. le visiteur doit avoir envie de revenir ;
3. les praticiens et le personnel d'y travailler.

Pour répondre à ce challenge, il fallait apporter la lumière, la vie, la mobilité, l'effet de surprise, tout en inculquant une identité propre au lieu, c'est-à-dire sortir de l'anonymat.

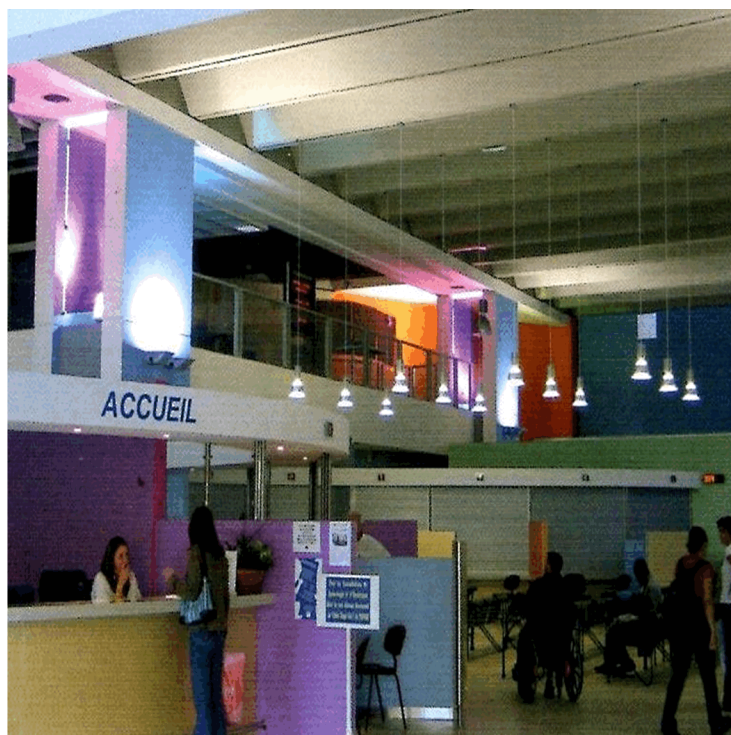


Figure 1.8: Le CHU de Bordeaux, France

Source : **(Servantie 2006)**

7. Les contrastes des couleurs

Selon Johannes Itten « *Une couleur ne peut prendre de valeur que par rapport à une absence de couleur, telle que le noir, le blanc ou le gris, ou une seconde couleur ou même plusieurs couleurs* ». **(Itten, 2004)**

Ce qui est important dans le monde des couleurs, c'est la relation des couleurs entre elles : contrastes, consonances, dissonances, actions de l'une sur l'autre. S'étant particulièrement consacré à l'étude des contrastes de couleurs et de leurs effets, Johannes Itten distingue sept contrastes :

- 1- le contraste de la couleur en soi
- 2- le contraste clair-obscur
- 3- le contraste chaud-froid

4- le contraste des complémentaires

5- le contraste simultané

6- le contraste de qualité

7- le contraste de quantité.

On constate qu'il y a un contraste de couleur lorsqu'on trouve entre deux effets de couleurs qu'il faut comparer, des différences ou des intervalles sensibles. Lorsque ces différences atteignent un maximum, on parle de contrastes d'opposition ou de contrastes polaires. Ainsi, les oppositions chaud-froid, blanc- noir, petit-grand, poussées à l'extrême, sont des contrastes polaires. Tout ce que nous pouvons percevoir par nos sens s'effectue par des comparaisons. Une ligne nous paraît longue parce qu'une ligne plus petite se trouve à côté d'elle ; mais la même ligne nous paraît courte si c'est une ligne plus longue qui l'accompagne. De même les effets de couleurs peuvent s'intensifier ou s'affaiblir par des contrastes colorés. **(Itten, 2004)**

7.1 Contraste de la couleur en soi

Le contraste de la couleur en soi est le plus simple des sept contrastes de couleurs, il est le plus significatif lorsqu'il fait intervenir des couleurs qui n'ont rien à voir entre elles et qui sont pures, lumineuses, dans leur intensité la plus forte. Il n'exige pas de grands efforts de la vision, car, pour le représenter, il est possible d'employer n'importe quelle couleur pure et lumineuse. **(Itten 2004) (Ghariri 2009)**



Figure 1.9: Contraste de la couleur en soi (Kenmare, Irlande)

Source : **(Lenclos 1995)**

Le plus fort contraste de couleur en soi que l'on puisse obtenir est donc celui des trois couleurs primaires Jaune, Bleu et Rouge. Pour obtenir le plus faible, on utilise une juxtaposition des trois couleurs secondaires, on obtient donc le même type de contraste mais avec une intensité moindre. **(Ghariri 2009)**



Figure 1.10 : Contraste de la couleur en soi

Source : **(Itten 2004)**

7.2 Le contraste clair-obscur

On obtient le contraste clair-obscur par la modification des différentes clartés et valeurs de lumière. Le blanc et le noir sont les plus forts moyens d'expression pour le clair et l'obscur.

Chaque couleur possède une luminosité entre le sombre et le clair. Le noir est la valeur sombre absolue alors que le blanc possède la plus grande luminosité. Le plus fort contraste clair-obscur est donc obtenu en juxtaposant du noir à côté du blanc. **(Ghariri 2009)**

Les figures placées ci-dessous montrent une composition en clair-obscur disposée sur une surface en damier. On peut rendre cette composition plus claire ou plus foncée, l'essentiel est qu'elle provoque la sensibilité des degrés de clair-obscur et de leurs contrastes.

Aussitôt que l'on a compris le problème des valeurs de tons des couleurs grise, blanche et noire, on peut aborder l'étude des contrastes de quantité et de proportions.

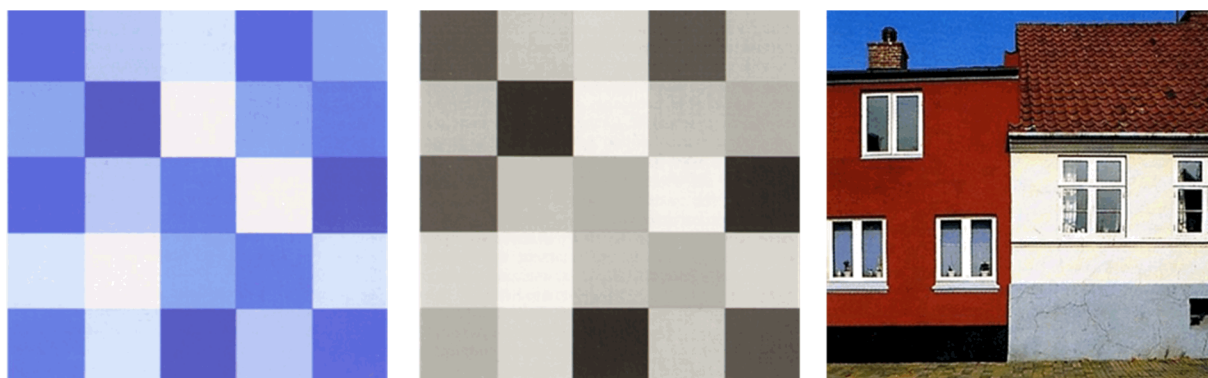


Figure 1.11 : Le contraste clair-obscur

Source : **(Itten 2004)**

7.3 Le contraste chaud-froid

Les couleurs dites « chaudes » sont le rouge, le jaune, l'orangé et leurs dérivées. Les couleurs dites « froides » sont le bleu, le vert, le violet et leurs dérivées. Cette classification est parfois très relative. On obtient le contraste chaud-froid une couleur chaude à une couleur froide.

Nous pouvons définir le caractère des couleurs froides et chaudes selon d'autres critères tels que: le chaud-froid, ombragé-enseulé, transparent-opaque, apaisant-excitant, fin-épais, aérien-terreux lointain-proche, léger-lourd, humide-sec. Ces différentes façons de produire un effet montrent les innombrables possibilités d'expression du contraste chaud-froid. Il permet des effets très pittoresques et crée une atmosphère de caractère musical, irréel. **(Itten 2004)**



Figure 1.12 : Le contraste chaud-froid

Source : **(Itten 2004)**

7.4 Le contraste des complémentaires

Nous désignons par le nom de complémentaires deux couleurs pigmentaires dont le mélange donne un gris-noir de ton neutre. Ou point de vue physique, deux lumières colorées dont le mélange donne une lumière blanche sont également complémentaires. Deux couleurs complémentaires forment un mélange curieux. Elles sont opposées, mais exigent leur présence réciproque. Leur rapprochement avive leur luminosité, mais leur mélange les détruit et produit du gris comme l'eau et le feu. Il n'y a jamais qu'une seule couleur qui soit la complémentaire de l'autre. **(Itten 2004)**

Le jeu des complémentaires semble une règle de base de toute création artistique, car son utilisation bien dosée crée pour l'œil une harmonie parfaite. Le contraste avive la luminosité de ces couleurs, leur mélange la détruit et produit un gris coloré tirant soit d'un côté soit de l'autre. L'utilisation des complémentaires en publicité, dans la décoration, en peinture, ne répond pas aux mêmes règles.

Le cercle chromatique montre les couleurs complémentaires diamétralement opposées. Exemples de paires de couleurs complémentaires : Jaune & violet, orange & bleu, rouge & vert...etc. les figures placées ci-dessous montrent des exemples de contrastes des complémentaires.

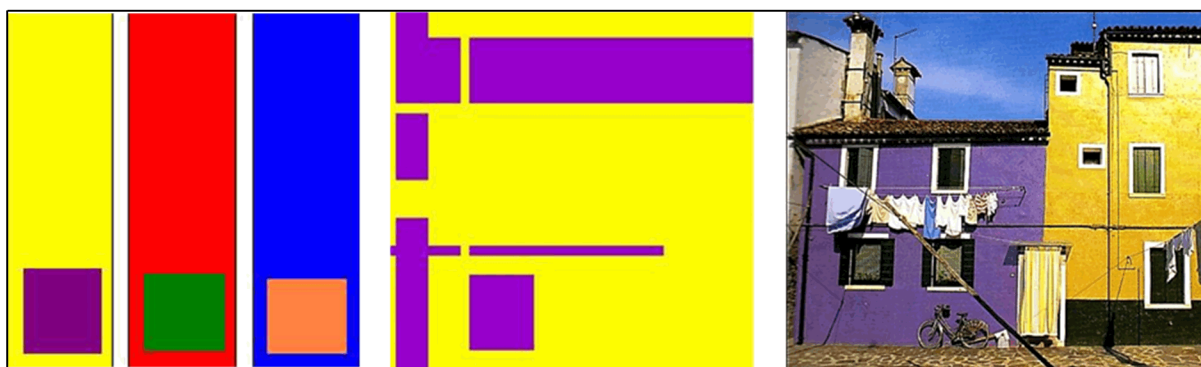


Figure 1.13 : Le contraste des complémentaires

Source: (Lenclos, 1995)

7.5 Le contraste simultané

Le contraste simultané est le phénomène qui fait que notre œil, pour une couleur donnée, exige en même temps, c'est-à-dire simultanément, la couleur complémentaire et la produit lui-même si elle ne lui est pas donnée. **(Itten 2004)**

Le contraste simultané est le résultat d'un phénomène purement optique. Si, après avoir fixé un carré vert pendant plusieurs secondes, nous portons notre regard sur une surface blanche, nous voyons apparaître un carré rouge. C'est « l'image résiduaire » **(Itten 2004)** ou « image rémanente » **(Josef 1974)** qui est toujours de la couleur complémentaire. Devant n'importe quelle couleur considérée, l'œil appelle la couleur complémentaire, et la produit si elle est absente.

Cette modification de l'effet coloré se produit plus facilement avec tous les tons de gris : « *Du fait de l'image rémanente, un gris clair, par exemple, peut avoir l'air sombre à un moment donné et presque blanc à un autre ; à divers moments, il peut même être perçu comme une teinte ou une nuance de n'importe quelle couleur, tout comme le vert peut paraître rougeâtre* » **(Josef 1974)**

La loi du contraste simultané des couleurs a été énoncée en 1839 par Michel-Eugène Chevreul¹ dans un ouvrage intitulé *De la loi du contraste simultané des couleurs et de l'assortiment des objets colorés*, où il analyse la lumière et la couleur. À l'usage du peintre, on retiendra le ton local : la couleur propre d'un objet. Ce ton local, selon Chevreul, n'existe pas en soi, mais il est dépendant de la couleur des objets environnants. Ainsi toute couleur

¹ Michel-Eugène Chevreul, (31 août 1786 - 9 avril 1889), célèbre chimiste français

perçue appelle sa complémentaire pour exister. L'œil a tendance à appeler la couleur manquante, la complémentaire pour former un équilibre neutre dans notre cerveau.

(Chevreul 1839)

Les figures placées ci-dessous montrent cette expérience réalisée d'une autre façon. Six carrés de couleur pure renferment chacun un petit carré gris dont le degré de clarté correspond à celui de la couleur pure sur laquelle il est placé. Chacun des petits carrés brille d'une couleur qui est en fait la couleur complémentaire de la couleur de base. Il est conseillé, lorsque l'on fixe une couleur, de couvrir toutes les autres couleurs et d'approcher l'œil le plus possible de ce que l'on regarde.

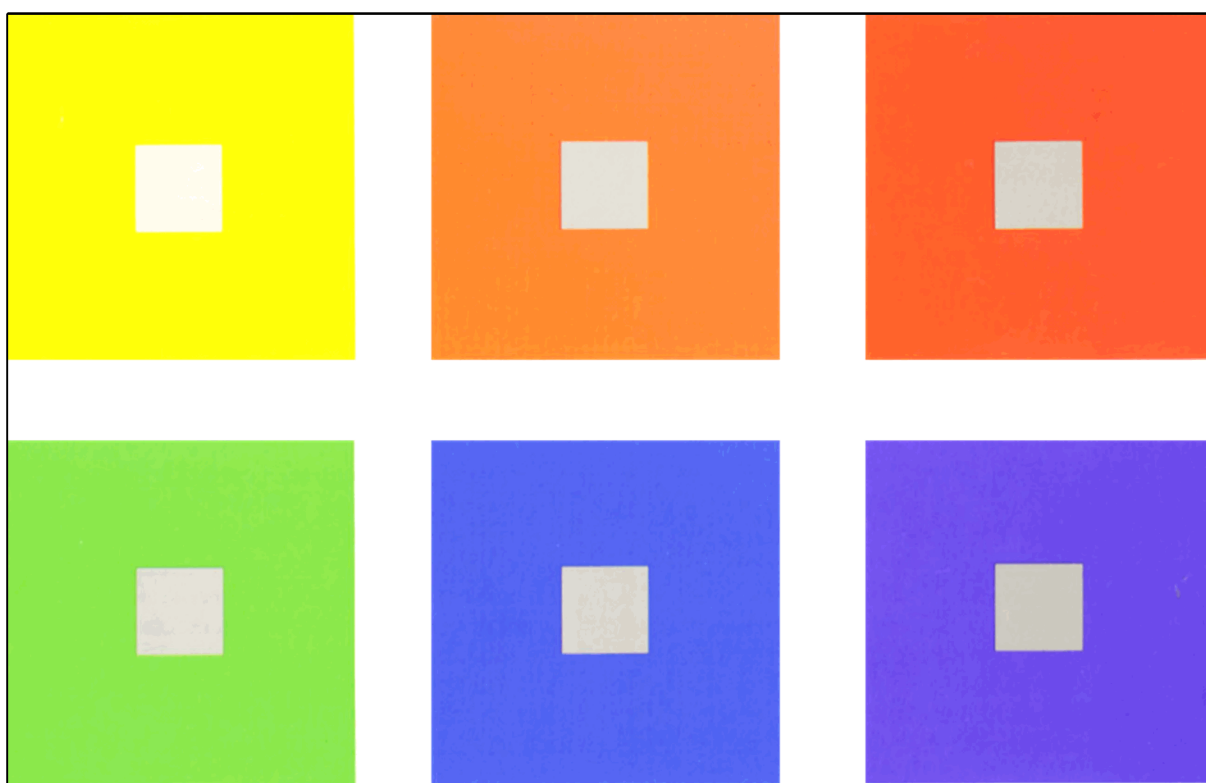


Figure 1.14 : Le contraste simultané

Source : **(Itten 2004)**

7.6 Le contraste de qualité

Le contraste de qualité est obtenu en juxtaposant des couleurs vives, intenses, saturées et des couleurs ternes, désaturées. Il y a différentes manières de ternir une couleur vive, soit en l'assombrissant (ajout de noir pour rabattre une couleur), ou en l'éclaircissant (ajout de blanc pour laver une couleur). **(Ghariri 2009)**

Il désigne l'opposition de couleurs saturées, lumineuses et de couleurs éteintes et ternes. Les couleurs perdent leur luminosité dès qu'elles sont éclaircies ou assombries. Elles peuvent être ternies ou rompues de quatre manières différentes.

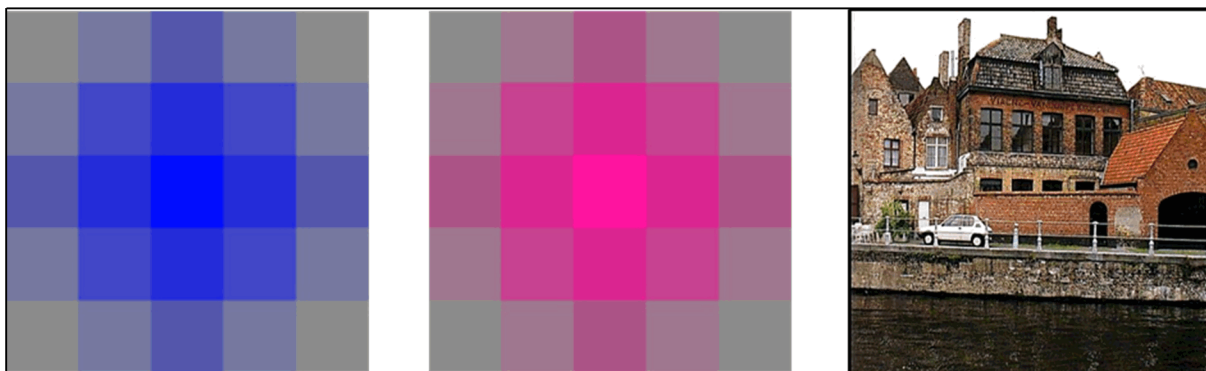


Figure 1.15 : Contraste de qualité

Source : (Itten 2004)

7.7 Le contraste de quantité

Le contraste de quantité concerne les rapports de grandeur entre deux zones colorées, il concerne les rapports de grandeur de deux ou de plusieurs couleurs. Il s'agit donc du contraste « beaucoup-peu » ou du contraste « grand-petit ». L'emploi de rapports équilibrés élimine le contraste de quantité. Seule la sensibilité personnelle peut décider des rapports de quantité à utiliser dans une œuvre. L'utilisation de couleurs en faible quantité a toujours un effet puissant. (Itten 2004)

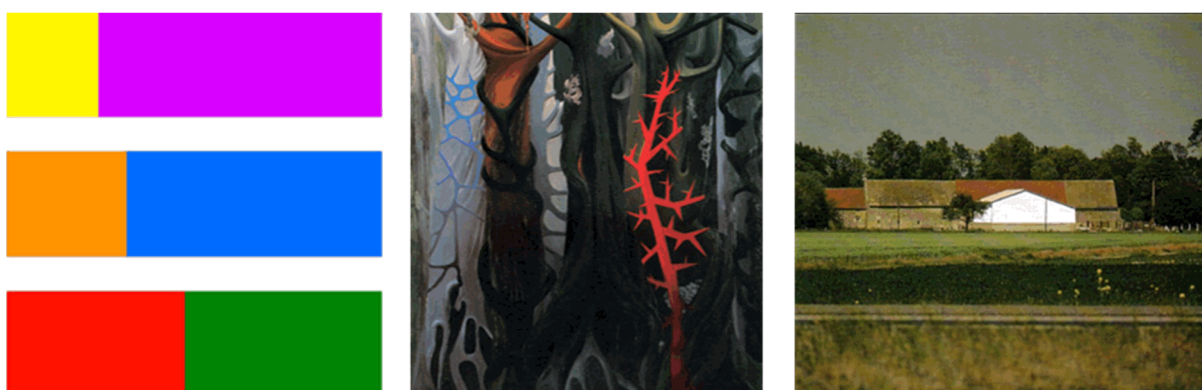


Figure 1.16 : Contraste de quantité

Source : (Itten 2004)

On pourrait parler d'équilibre lumineux. Cet équilibre peut être atteint mathématiquement en utilisant le système numérique inventé par Goethe, qui a mis en place une méthode plus objective basée sur les longueurs d'ondes des rayons lumineux c'est à dire les valeurs de luminosité des couleurs. Il a ainsi attribué les valeurs numériques suivantes aux différentes couleurs.



Figure 1.17: Echelle numérique des couleurs établie par Goethe.

Source : (Ghariri 2009)

8. L'exemple du centre historique de Valence, Espagne

Les chercheurs Espagnoles Angela Garcia Codoñer, Juan Serra Lluch, Jorge Llopis Verdú et Ana Torres Brachino, de l'Université Polytechnique de Valence (UPV), ont mené une série d'études sur les caractéristiques chromatiques des centres villes historiques a fourni deux conclusions de base au niveau forme : premièrement, l'existence d'une relation profonde entre la couleur et la typologie architecturale; et deuxièmement, que la structuration chromatique d'une ville reflète les typologies dominantes et les caractéristiques formelles et chromatiques de la majorité des bâtiments de chaque zone et district. En ce qui concerne la relation entre la couleur et la typologie architecturale, les auteurs ont publié diverses études sur Valence et d'autres villes de la région valencienne. Ils ont développé aussi plusieurs concepts sur l'existence d'une structure chromatique globale dans une région historique. La ville, déterminée par les processus de génération urbaine et par la relation entre la couleur et la forme architecturale. (Garcia-Codoñer, Verdú, Barchino, Guillén, & Lluch, 2009; Llopis et al., 2015)

L'objectif de leur projet, initié en 1995 et développé depuis près de vingt ans, a été le démarrage d'une restauration dynamique du centre historique de Valence, très délabré depuis le *Turia River Flood* en 1957. Depuis lors, un abandon et une détérioration progressive de la vieille ville, l'un des plus grands en Europe avec 1,7 km² a commencé. Les conséquences de

cette catastrophe naturelle ont dévasté la ville historique, créant un processus qui a commencé avec le dépeuplement dû à l'incapacité d'adapter les rues et les vieux bâtiments aux nouveaux besoins résidentiels, une perte progressive des activités tertiaires qui a aggravé le processus de dépopulation et une structure de population vieillissante. L'ensemble des études s'est concentré sur l'analyse et le développement de déterminations de performance dans les bâtiments résidentiels de petite taille. Le problème ici n'est pas un programme d'interventions visant à la récupération de la grande architecture patrimoniale, mais nous travaillons dans le domaine de la restauration de la scène urbaine elle-même, préférant les bâtiments résidentiels les plus courants dans la structure urbaine et l'image de la ville. **(Garcia-Codoñer et al., 2009; Llopis et al., 2015)**

Un total d'environ 1200 échantillons de revêtements de façade (mortiers et plâtres) ont été extraits dans tout le centre historique de Valence pour analyse ultérieure, triés par type, âge de construction et caractéristiques formelles du mur auquel ils appartenaient (mur de fond, ornementation). Dans la première phase, la couleur des couches superficielles de la peinture a été étudiée in situ et des cartes «chromatiques colorées» ont été réalisées à partir de relevés d'instruments. Ces cartes ont identifié des qualités telles que *Hue*, *Value* et *Chroma* (Système Munsell). Les instruments utilisés étaient un colorimètre de contact adapté et un spectrophotomètre. **(Figure 2) (Garcia-Codoñer et al., 2009; Llopis et al., 2015)**



Figure 1.18: La dégradation urbaine et architecturale du centre historique de Valence, Espagne.

Source : (Llopis, Torres, Serra, & García, 2015)

Dans une deuxième phase, l'étude a été élargie avec l'analyse chimique pour déterminer la composition exacte des matériaux d'origine - matériaux de construction et mortiers, ainsi que les pigments utilisés dans les mortiers et les couleurs résultantes. Ce processus d'analyse et de classification des échantillons a conduit à une troisième phase de l'étude. Les échantillons de pigments ont été préparés pour une étude photographique optique avec une loupe binoculaire pour une analyse physique / chimique et la détermination des composants. Les instruments et techniques d'analyse utilisés étaient: un microscope

électronique à balayage (pour l'étude morphologique des échantillons) et la diffraction des rayons X, ou un microscope électronique à balayage / dispersion d'énergie utilisant des rayons X (SEM / EDX) pour l'analyse minéralogique des échantillons. (Figure 3)

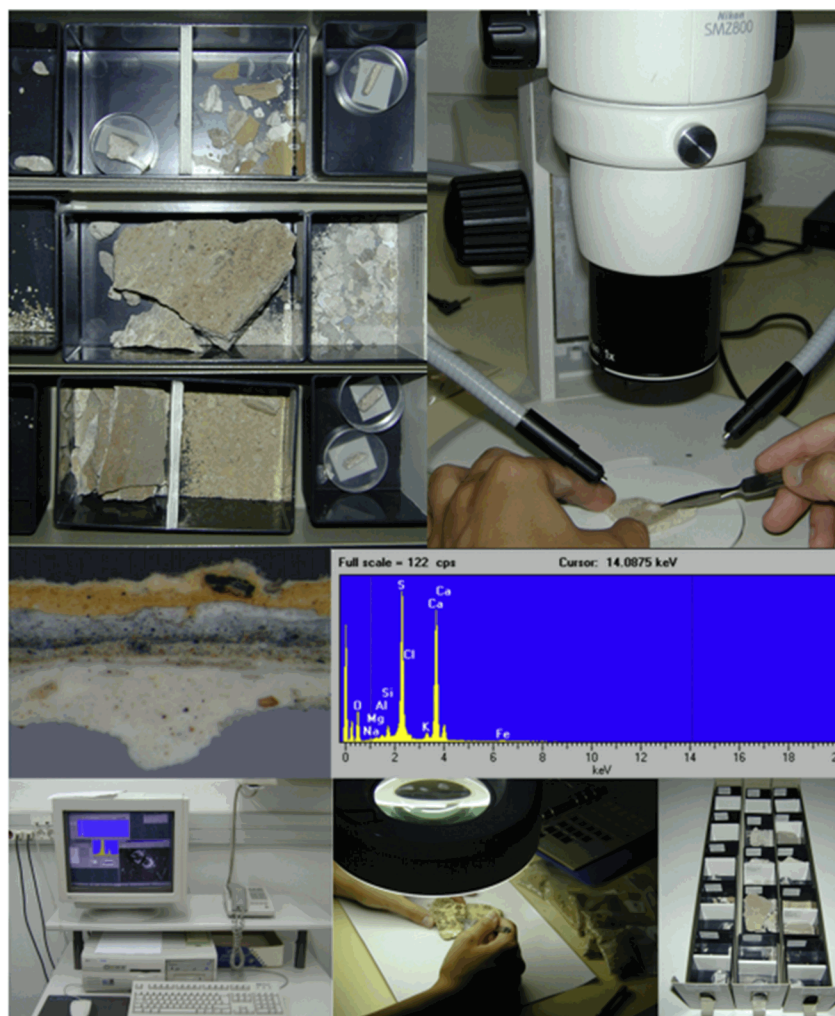


Figure 1.19: Extraction et analyse d'échantillons pour découvrir les techniques de construction et les pigments d'origine du centre historique de Valence

Source : (Llopis et al., 2015)

Dans leurs travaux, ils ont souligné l'importance de la ville en tant qu'une polychromie complexe, alors que dans d'autres cas, une ville devient célèbre pour une certaine couleur, comme le jaune de Naples, ou la couleur commune à toute la Toscane dérivée des tuiles de ses villages. Cependant, une ville dans son ensemble est une unité beaucoup plus complexe, le résultat de nombreuses expressions formelles et fonctionnelles qui, en tant que produit de

sa propre origine et des différents processus qui ont eu lieu tout au long de son histoire, se reflètent dans l'image finale des espaces de la ville. **(Garcia-Codoñer et al., 2009)**

L'étude pour la récupération chromatique du centre historique de Valence est présentée comme une proposition d'intervention dans la ville historique, qui se caractérise par la combinaison de l'étude scientifique avec la participation active des personnes vivant dans la ville. Il est fondé sur la conviction que les points de départ de tout processus de réhabilitation urbaine et de toute intervention dans la ville historique doivent nécessairement être respectueux de l'esthétique logique des bâtiments sur lesquels ils agissent et des espaces urbains complexes dans lesquels ils sont situés. **(Llopis et al., 2015)**

L'ensemble des œuvres développées a tenté de récupérer l'un des niveaux de cette structure formelle complexe qui soutient la logique de la scène urbaine traditionnelle: la couleur. Et il le fait avec la compréhension que la couleur est une partie inévitable de la logique formelle de l'architecture elle-même; cette couleur est, comme la proportion, l'échelle, l'ornement, et tous les autres aspects qui se réfèrent à la dimension esthétique de la forme architecturale, une partie de l'ensemble des variables qui en font un ensemble logique et articulé. Chaque période manipule la couleur d'une manière différente, soit par l'utilisation de certaines techniques de construction, soit par les limites de la technologie disponible, soit par la logique des tendances esthétiques dominantes elles-mêmes; et le respect de la forme architecturale historique implique nécessairement le respect de la logique chromatique de la période de construction de l'œuvre. Surtout dans les villes, comme la plupart des villes méditerranéennes, où la valeur de couleur a son origine dans le territoire environnant, d'où sont extraits les pigments minéraux qui caractérisent les techniques de construction traditionnelles; il existe une relation entre l'image urbaine et la matière première qui se transforme en une relation anthropologique d'une grande valeur culturelle. **(Llopis et al., 2015)**

9. La couleur, une composante incontournable

Parmi les multiples aspects du paysage urbain contemporain, la couleur apparaît à nouveau aujourd'hui comme une composante incontournable de la conception architecturale. Capable de révéler ou de transformer des volumes ainsi que les perceptions que nous en

avons, la couleur est à même, en tant que matériau multiple, de jouer avec les qualités du bâti qu'elle marque, rythme, structure. La couleur de la façade d'un édifice architecturale est visible de tous, sa sélection est donc régie par un contexte réglementaire incontournable pour celui qui prescrit la couleur.

Porteuse de sens, outil d'intégration et de valorisation, la couleur possède aussi un fort potentiel identitaire. Les particularités chromatiques sont ainsi dépendantes de la géographie, de l'histoire, des traditions et des matériaux, selon le pays ou la région d'implantation des constructions. L'ensemble des recherches et des découvertes dans le domaine de la polychromie des bâtiments anciens démontre par ailleurs que dans l'art grec, égyptien ou gothique, la couleur a toujours été utilisée comme complément nécessaire de la forme et de la décoration architectonique des édifices.

Si certains architectes définissent la couleur comme un matériau essentiel de leur architecture, comme c'est le cas par exemple de l'architecte coloriste mexicain Luis Barragán qui utilise véritablement la couleur comme un matériau d'expression de son architecture, d'autres la prennent davantage pour ce qu'elle est, à savoir un simple point d'appui pour renforcer ou réduire des contrastes, ou encore souligner des pleins et des vides.

Chaque région, chaque ville, chaque village de par sa situation géographique, ses matériaux, son histoire exprime à travers ses couleurs une identité propre. Cette identité chromatique se définit par la mise en œuvre de matériaux locaux, une intégration au paysage - qu'il soit rural ou urbain - et l'utilisation de couleurs spécifiques.

10. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons démontré l'importance majeure de la couleur dans le paysage urbain et naturel à travers sa nature, ses influences et ses différentes utilisations par les systèmes de couleurs. Elle constitue une composante incontournable du paysage urbain et naturel ainsi que du patrimoine architecturale et culturel. Dans les prochains chapitres, nous allons développer d'autres notions relatives à son utilisation dans ces types de patrimoine.

Références bibliographiques

- Billmeyer, F. W. (1987). Survey of color order systems. *Color Research & Application*, 12(4), 173-186. doi: 10.1002/col.5080120405
- Billmeyer, F. W., & Bencuya, A. K. (1987). Interrelation of the natural color system and the munsell color order system. *Color Research & Application*, 12(5), 243-255. doi: 10.1002/col.5080120505
- Birren, F. (1988). *Light, Color & Environment: Presenting a Wealth of Data on the Biological and Psychological Effects of Color, with Detailed Recommendations for Practical Color Use, Special Attention to Computer Facilities, and a Historic Review of Period Styles*: Schiffer Pub.
- Chevreul, M. E., & Martel, C. (1981). *The Principles of Harmony and Contrast of Colours, and Their Applications to the Arts: Including Painting, Interior Decoration, Tapestries, Carpets, Mosaics, Coloured Glazing, Paper-staining, Calico-printing, Letterpress Printing, Map-colouring, Dress, Landscape and Flower Gardening, Etc*: Henry G. Bohn.
- Fairchild, M. D. (2013). *Color Appearance Models*: Wiley.
- Fehrman, K., & Fehrman, C. (1999). *Colour: the Secret Influence*: Pearson Education, Limited.
- Gage, J. (1999). *Color and Culture: Practice and Meaning from Antiquity to Abstraction*: University of California Press.
- Garcia-Codoñer, A., Verdú, J. L., Barchino, A. T., Guillén, R. V., & Lluch, J. S. (2009). Colour as a structural variable of historical urban form. *Color Research & Application*, 34(3), 253-265. doi: 10.1002/col.20491
- Helen, V. (1983). *Colour*. Marshall Editions, London.
- Holtzschue, L. (2012). *Understanding Color: An Introduction for Designers*: Wiley.
- Itten, J. (2004). *Art de la couleur*: Dessain et Tolra.
- Jin, H.-R., Yu, M., Kim, D.-W., Kim, N.-G., & Chung, A. (2009). *Study on physiological responses to colour stimulation*. Paper presented at the International Association of Societies of Design Research: Proceedings of an international conference held in COEX, Seoul.
- Kaiser, P. K. (1984). Physiological response to color: A critical review. *Color Research & Application*, 9(1), 29-36. doi: doi:10.1002/col.5080090106
- Kuehni, R. G. (1986). *COLOR TECHNOLOGY in the textile industry Second Edition*: Aatcc.
- Kuehni, R. G. (2003). *Color Space and Its Divisions: Color Order from Antiquity to the Present*: Wiley.
- Kuehni, R. G. (2004). *Color: An Introduction to Practice and Principles*: Wiley.
- Larousse. (2015). *Dictionnaire Larousse de poche plus*: Larousse.
- Llopis, J., Torres, A., Serra, J., & García, Á. (2015). The preservation of the chromatic image of historical cities as a cultural value. The old city of Valencia (Spain). *Journal of Cultural Heritage*, 16(5), 611-622. doi: 10.1016/j.culher.2015.01.005

Mahnke, F. H. (1996). *Color, Environment, and Human Response: An Interdisciplinary Understanding of Color and Its Use as a Beneficial Element in the Design of the Architectural Environment*. Wiley.

Martinson, B. E., & Bukoski, K. (2005). Seeing Color. *Implications*, 3, 1-6.

Meerwein, G., Rodeck, B., & Mahnke, F. H. (2007). *Color - Communication in Architectural Space*. Birkhäuser Basel.

Robert , W. G. H. (1991). *Measuring colour*: Ellis Horwood Limited.

Schindler, V. M. (2005). Colour as vocation: Werner Spillmann's contribution to environmental colour design. *Color Research & Application*, 30(1), 53-65. doi: doi:10.1002/col.20075

Servantie, M. P. (2007). *Chromo-architecture: l'art de construire en couleur*. Paris: Editions Alternatives.

Shevell, S. K. (2003). *The Science of Color*: Elsevier Science.

Wysecki, G., & Stiles, W. S. (1982). *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae. 2nd edition*. New York: Wiley.

Chapitre II

Le système NCS: entre
recherche et
application

1. Introduction

Le NCS (Natural Color System) est un système de couleurs international très utilisé dans l'architecture et le design. C'est le système utilisé dans la caractérisation chromatique pour cette étude. Ce chapitre est consacré à définir ce système à travers ses théories, ses méthodes d'application et ses domaines d'utilisation. Plusieurs théories et méthodes relatives à notre étude de cas seront développées et argumentées selon notre corpus scientifique basé sur le NCS.

2. La naissance du NCS

Le "*Hesselgren Color Atlas*" a été publié en 1952 comme une première tentative d'illustrer avec une collection d'échantillons de couleurs la théorie d'Ewald Hering de 1874 sur le "système d'ordre naturel" des percepts de couleur. **(Hering, 1878; Hesselgren, 1952)** L'atlas comprenait 507 échantillons de couleurs, classés selon les principes du système. L'Atlas est basé sur la version particulière de la théorie de Hering que Tryggve Johansson introduisit en 1937 sous le nom de «*Natural Color System*» et qui, à certains égards, s'écartait des idées de Hering. Dans un article non publié, Tryggve Johansson commente cette différence comme suit: *HERING définit, en effet, une couleur par le degré de sa «ressemblance» avec les six couleurs fondamentales, concept dont nous ne saurions nous servir dans la suite.* **(Hård, Sivik, & Tonnquist, 1996a)**

Dans le livre d'Ewald Hering (Hering, 1964), un chapitre intitulé «*The natural color system*», consacré aux principes de classification des couleurs, commence comme suit:

« Ce que nous voulons, c'est classer la grande multiplicité de couleurs pour en avoir une perspective systématique, et des désignations pour que le lecteur reçoive une expression compréhensible aussi précise que possible pour chaque couleur, afin qu'il puisse mentalement reproduire n'importe quelle couleur avec exactitude. Pour le faire, nous devons d'abord ignorer complètement les causes et les conditions de leur excitation. Pour un groupement systématique de couleurs, la seule chose qui compte est la couleur elle-même. Ni les propriétés physiques qualitatives (fréquence) ni quantitatives (amplitude) des rayonnements ne sont pertinentes. Car, comme nous l'avons déjà dit, exactement le même

rayonnement peut provoquer maintenant une couleur et maintenant une autre, selon les circonstances, et d'autre part, exactement la même couleur peut être vue comme l'effet de rayonnements tout à fait différents ». **(Hering, 1964)**

Les chercheurs Anders Hård et Lars Sivik ont lancé un programme de recherche et de développement sur le NCS depuis 1964. **(Figure 2.1)** Ce travail a été réalisé au sein de la *Swedish Color Center Foundation*, en grande partie financé par des fonds de recherche gouvernementaux. Basé sur les théories développées par le physiologiste allemand Ewald Hering concernant "*das natürliche System der Farbcmpfindungen*" de nombreuses expériences psychométriques ont été menées. Celles-ci ont eu le double objectif d'identifier les attributs de base des perceptions des couleurs et d'organiser ces attributs en un système logique. **(Hård, 1970)**



Figure 2.1: Anders Hård et Lars Sivik (de gauche à droite)

Source : www.aic-color.org

Dans le système, ces attributs ont été déterminés comme des échelles d'apparence de couleur. Ils ont également été liés à des entités physiquement mesurables. Aujourd'hui, nous disposons de tableaux fournissant des données pour 16 000 couleurs réparties uniformément selon les coordonnées NCS, avec les spécifications CIE corrélées. De plus, il existe un programme informatique permettant de donner à la spécification spectrophotométrie d'un échantillon de couleur donné 21 la valeur NCS correspondante. **(Hård & Sivik, 1981)**

En 1972-1973, la *Swedish Standards Institution* (SIS) a accepté le NCS comme système suédois pour la notation des couleurs. Cependant, en raison de la nature conceptuelle du NCS, il a été décidé de retarder son adoption jusqu'à ce qu'un atlas de couleur puisse être publié. Cela fournirait des échantillons de couleurs en guise d'illustration pratique du système. L'Atlas des couleurs SIS / NCS avec 1412 échantillons de couleurs est devenu disponible en août 1979, tout comme un certain nombre de collections d'échantillons de couleurs de différentes tailles dérivées du système. **(Hård & Sivik, 1981)**

3. Définitions et principes

NCS - Natural Color System®© est un système à l'aide duquel toutes les couleurs de surface possibles (couleurs non fluorescentes ou métalliques) peuvent être décrites. Cela facilite et garantit une navigation de couleur exacte dans la conception, la communication et la production. Le système NCS est illustré par un Atlas de couleurs NCS contenant 1950 échantillons de couleurs. Aujourd'hui, le NCS est l'un des systèmes de description des couleurs les plus utilisés dans le monde et a acquis une reconnaissance scientifique internationale. En outre, il s'agit d'une norme nationale suédoise, norvégienne, espagnole et sud-africaine. Les échantillons de couleurs NCS conservent une qualité de couleur inégalée dans le monde afin de fournir une correspondance de couleur exacte entre les différentes productions d'échantillons de couleurs, afin de s'assurer que la couleur est toujours la même. **(Frägistitutet, 2007)**

C'est aussi un moyen de décrire et d'ordonner, au moyen de méthodes psychométriques, les relations caractéristiques entre tous les percepts de couleur possibles du «mode de surface». Par couleur de surface, on entend, selon Katz, un percept de couleur qui apparaît comme la couche superficielle d'un objet sans apparaître transparent ou autolumineux. NCS est basé sur l'analyse phénoménologique de Hering des relations caractéristiques des percepts de couleur et sur le postulat des six sensations de couleurs élémentaires, *les couleurs élémentaires* NCS. Ceux-ci n'ont aucune ressemblance entre eux - alors que tous les autres percepts de couleur montrent une ressemblance plus ou moins caractéristique avec eux. Ces ressemblances variables, que l'on peut quantifier, sont appelées *attributs élémentaires* NCS. **(Fridell Anter, 2000; Hård et al., 1996a)**

Le NCS est basé sur les couleurs élémentaires suivantes: Blanc (W); noir (S); Jaune (Y); Rouge (R); Bleu (B); Vert (G). Le blanc et le noir sont appelés achromatiques et les autres couleurs élémentaires chromatiques. Les attributs de couleur élémentaires correspondants, désignés par des lettres minuscules sont: la teneur en blanc (ou blancheur) [w]; la teneur en noir (ou noirceur) [s]; la teneur en jaune (ou jaunissement) [y]; la teneur en rouge (ou rougeur) [r]; la teneur en bleu (ou bleuissement) [b]; la teneur en vert (ou verdure) [g], et représentent des ressemblances quantifiées avec leurs couleurs élémentaires. Entre deux couleurs élémentaires, il est possible d'imaginer un certain nombre de couleurs qui nous en rappellent plus ou moins le degré de ressemblance. Dans ces couleurs, la relation varie continuellement entre les deux attributs élémentaires correspondants, ce qui peut être décrit graphiquement dans treize diagrammes bipolaires. **(Hård & Sivik, 1981; Hård et al., 1996a)**

Le NCS est un espace colorimétrique de type Hering basé sur les trois paires de couleurs opposées: noir-blanc, rouge-vert et bleu-jaune. Dans une teinte, les couleurs sont ordonnées par leur contenu blanc et noir, à partir duquel la saturation peut facilement être calculée. Ces trois paires forment les axes du solide couleur NCS tridimensionnel, dont la géométrie est un double cône. **(Beretta & Nonaka, 2000)**

L'analyse phénoménologique démontre qu'il est possible de percevoir simultanément dans un élément de couleur uniforme les deux attributs achromatiques: noir et blanc et deux chromatiques, soit jaune et rouge, soit rouge et bleu, ou bleu et vert, ou vert et jaune. D'autre part, dans un tel élément de couleur unique, il n'est pas possible de percevoir à la fois le bleu et le jaune, ou le rouge et le vert dans une couleur. Hård et Sivik ont conçu un hexagone de couleur NCS permettant de montrer en deux dimensions les treize relations bipolaires et comment elles sont liées. **(Figure 2.2)** Il y a des lignes entre toutes les couleurs élémentaires, sauf entre le jaune (Y) et le bleu (B), et entre le rouge (R) et le vert (G). **(Hård et al., 1996a)**

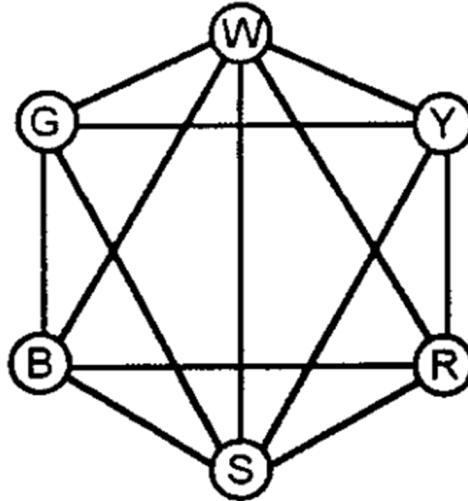


Figure 2.2: Hexagone de couleur NCS

Source : Hård *et al.*, 1996

Les couleurs sont décrites comme des quantités relatives des couleurs élémentaires, de sorte que la somme des attributs est 100 [7]. Par conséquent, les unités sont des pourcentages, sans rapport avec les quantités colorimétriques et sans rapport avec les mélanges de pigments. La notation de teinte consiste en deux lettres qui désignent un quadrant et un nombre qui indique la relation entre elles en pourcentage. La teinte Y32R est jaune avec 32% de rouge et 68% de jaune, tandis que la Y70R est une teinte rouge avec 70% de rouge et 30% de jaune. **(Beretta & Nonaka, 2000)**

Les variables dans les notations NCS sont entièrement construites sur les propriétés visuellement observables des couleurs. Dans la notation NCS pour la couleur NCS S 1050-Y90R, les deux premiers chiffres indiquent le pourcentage de noir visuel dans la couleur. Les deux chiffres suivants indiquent la chromaticité de la couleur, c'est-à-dire la force de la couleur. La combinaison de numéros de lettres après le trait d'union indique la teinte de la couleur, c'est-à-dire quels attributs chromatiques sont inclus et la relation entre ceux-ci. Dans ce cas, il s'agit d'une teinte jaune avec 90% de rougeurs. Le NCS peut également être illustré graphiquement dans un modèle tridimensionnel, où la noirceur et la chromaticité sont données dans un triangle équilatéral et la teinte sur un cercle. Un point dans le triangle et une ligne sur la circonférence du cercle fournissent une description sans équivoque d'une couleur. **(Figure 2.3)**

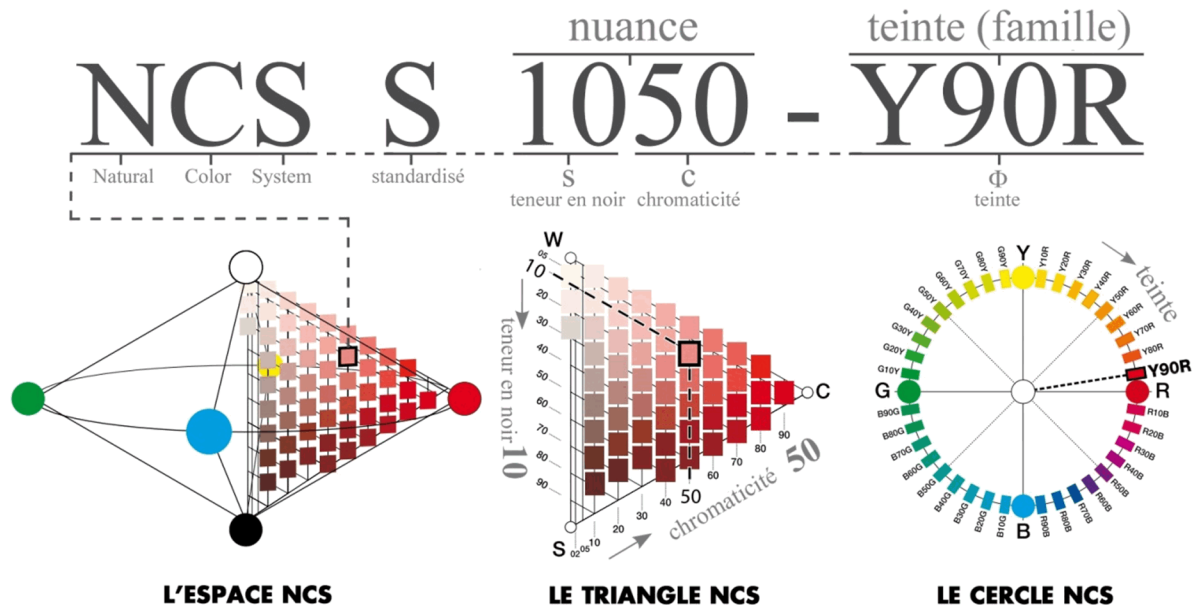


Figure 2.3: le principe colorimétrique du NCS

Source : (Frägestitutet, 2007)

La lettre S précédant la notation NCS complète (NCS S 1050-Y90R) signifie que l'échantillon NCS est un échantillon de couleur NCS normalisé délivré par le *Scandinavian Color Institute*, NCS Quality Center, et qu'il suit le système de gestion de la qualité NCS selon la deuxième édition. (Frägestitutet, 2007)

4. L'espace NCS

L'analyse phénoménologique démontre qu'il est possible de percevoir simultanément dans un élément de couleur uniforme les deux attributs achromatiques: noir et blanc et deux chromatiques, soit jaune et rouge, soit rouge et bleu, ou bleu et vert, ou vert et jaune. D'autre part, dans un tel élément de couleur unique, il n'est pas possible de percevoir à la fois le bleu et le jaune, ou le rouge et le vert dans une couleur. Hård et Sivik ont conçu un hexagone de couleur NCS permettant de montrer en deux dimensions les treize relations bipolaires et comment elles sont liées. (Figure 2.4) Il y a des lignes entre toutes les couleurs élémentaires, sauf entre le jaune (Y) et le bleu (B), et entre le rouge (R) et le vert (G). (Hård et al., 1996a)

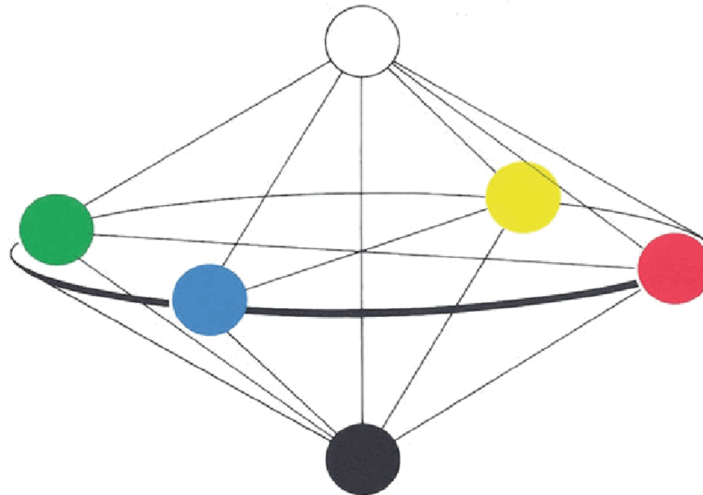


Figure 2.4: L'espace NCS

Source : (Frågistitutet, 2007)

Il ressort clairement de l'hexagone couleur que les échelles élémentaires chromatiques forment une série continue qui peut être illustrée par un arc de cercle. Cet arc représente toutes les couleurs de chromaticité maximale. En d'autres termes, c'est comme si notre triangle de couleur tournait autour de l'axe Noir-Blanc, le point C passant à travers les quatre couleurs élémentaires chromatiques, via les échelles élémentaires chromatiques pures interconnectées. Comme on le voit sur la Figure 2.5, l'hexagone de couleur est ainsi transformé en un solide tridimensionnel, « l'espace colorimétrique NCS ». Chaque point à l'intérieur représente donc la perception d'une couleur de surface dont la ressemblance relative avec une ou deux couleurs élémentaires chromatiques et avec le blanc et le noir est donnée par les distances relatives à ces points dans l'espace de couleur. (Hård & Sivik, 1981; Hardin & Maffi, 1997)

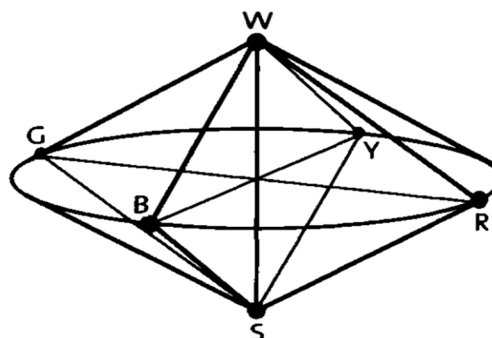


Figure 2.5: l'espace colorimétrique NCS

Source : (Hardin & Maffi, 1997)

5. Le cercle NCS

Le cercle NCS est une coupe horizontale au milieu du solide de couleur NCS, où les quatre couleurs élémentaires sont placées comme les quatre points cardinaux. Chaque quadrant entre deux couleurs élémentaires est divisé en 100 étapes. En pratique, une paire de représentations bidimensionnelles (projections) est utilisée: le cercle de couleur NCS et le triangle de couleur NCS. Le cercle des teintes est défini par les axes rouge-vert et bleu-jaune. Chaque quadrant est partitionné en 10 tranches d'angle égal, comme le montre la Figure 2.6. La relation proportionnelle entre deux attributs élémentaires chromatiques d'une couleur est « la teinte » (symbolisée par la lettre grecque ϕ). Dans le cercle de couleurs, toutes les couleurs ayant la même teinte sont représentées par le même rayon. (Beretta & Nonaka, 2000; Hård & Sivik, 1981; Hardin & Maffi, 1997)

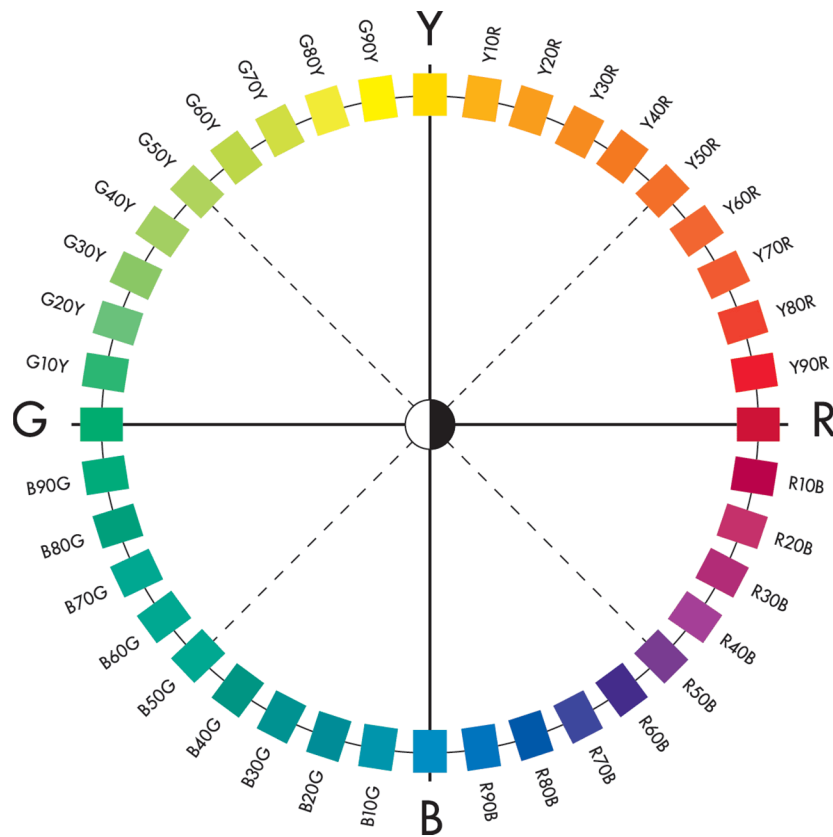


Figure 2.6: le cercle colorimétrique NCS

Source : www.ncs.en

La valeur numérique de la teinte (φ) est donnée comme l'un des attributs élémentaires chromatiques par rapport à la somme des deux, où un indice indique lesquels des attributs élémentaires chromatiques sont:

$$\varphi_{yr} = 100 \times \frac{r}{y+r} = 100 \times \frac{r}{c}$$

$$\varphi_{rb} = 100 \times \frac{b}{r+b} = 100 \times \frac{b}{c}$$

$$\varphi_{bg} = 100 \times \frac{g}{b+g} = 100 \times \frac{g}{c}$$

$$\varphi_{gy} = 100 \times \frac{y}{g+y} = 100 \times \frac{y}{c}$$

Dans le cercle chromatique, l'intensité chromatique (c) est décrite en termes des deux (ou un seul) attributs élémentaires chromatiques possibles dans une perception de couleur. La raison pour laquelle il ne peut y avoir que deux attributs élémentaires chromatiques est, bien sûr, qu'il n'y a pas de perception des couleurs qui ressemble à la fois au rouge et au vert, ni aucune perception de couleur qui ressemble au jaune et au bleu.

En termes mathématiques, la composition visuelle d'une couleur peut être exprimée par ses attributs élémentaires (la ressemblance avec chacune des six couleurs élémentaires). Une couleur (F) est composée de la somme de la teneur en noir (s), la teneur en blanc (w) et l'intensité chromatique (c) :

$$F = s + w + y + r + b + g = 100 \quad (3)$$

6. Le triangle NCS

Le triangle de couleur NCS est une coupe verticale à travers le solide couleur NCS à chaque teinte, comme le montre la Figure 2.7. Sur le côté gauche du triangle est l'échelle de la teneur en blanc (W) et en noir (S) et à la droite du triangle est l'intensité chromatique (C). Le triangle de couleur permet d'indiquer la nuance de la couleur, c'est-à-dire son degré de

ressemblance avec les couleurs élémentaires blanc et noir et avec la couleur chromatique complète de la même teinte. (Beretta & Nonaka, 2000)

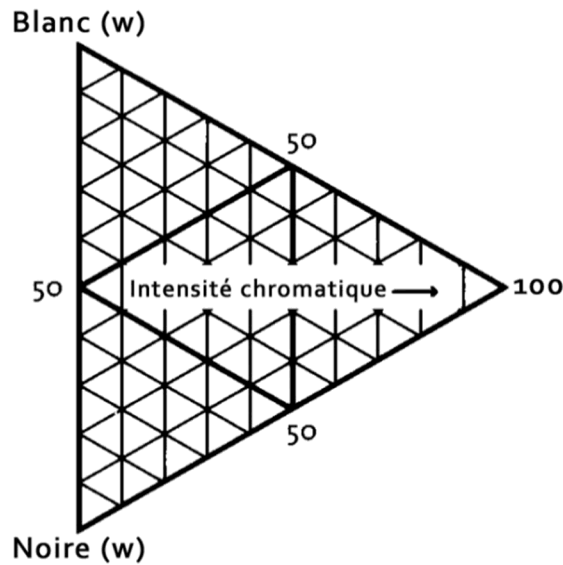


Figure 2.7: Le triangle colorimétrique NCS

Source : (Hardin & Maffi, 1997)

L'illustration graphique de toutes les couleurs d'une teinte donnée est dans le triangle NCS qui est un triangle équilatéral, où chaque point représente une certaine nuance. La nuance «dimensionnelle» est donc le lieu de toutes les couleurs, de toutes les nuances, avec une relation spécifique entre les paramètres de teneur en noir (s), de teneur en blanc (w) et de l'intensité chromatique (c). (Hardin & Maffi, 1997)

Des triangles correspondants peuvent être tracés contre chaque point le long des quatre échelles élémentaires entre les quatre couleurs élémentaires chromatiques Y-R-B-G-Y. Chaque couleur qui peut être notée sur une échelle élémentaire chromatique n'a, par définition, aucune ressemblance avec le noir ou le blanc et s'appelle une couleur chromatique maximale "(C). Le degré de ressemblance avec une couleur chromatique maximale ou complète est appelé chromaticité (c). Cela varie de 0 à 100. Nous pouvons maintenant donner au NCS Color Triangle un statut général sous forme de diagramme dans lequel nous pouvons assigner la ressemblance d'une couleur à Blanc, Noir, et la Couleur Chromatique Maximum en termes de teneur en blanc (w), de teneur en noir (s), et de l'intensité

chromatique (c). (Hård & Sivik, 1981) Mathématiquement, la composition visuelle d'une couleur peut être exprimée comme suit:

$$F = s + w + c = 100 \quad (1)$$

5.1 L'intensité chromatique (c)

L'intensité chromatique (c) (appelée aussi chromaticité) correspond à la direction dimensionnelle de *la Chroma* du système Munsell, mais pas à la mise à l'échelle. *La Chroma* de Munsell est une échelle ouverte qui est définie par des échantillons de couleur qui sont déterminés au moyen d'une méthode d'estimation dite de production, c'est-à-dire que le sujet choisit un échantillon de couleur qui s'écarte de Chroma autant de l'échantillon cible l'échantillon précédent. D'autre part, l'intensité chromatique de NCS a, comme tous les paramètres NCS, deux extrémités et l'échelle entre celles-ci est divisée en deux étapes égales définies comme "*ressemblance aux points de référence*". L'intensité chromatique dans le triangle colorimétrique NCS est *la ressemblance (en pourcentage) à la couleur maximale, par laquelle on entend la couleur avec la teinte donnée qui est dépourvue de la teneur en blanc et dépourvue de la teneur en noir. Dans le triangle de couleur NCS, cette couleur maximale est représentée par le point d'angle C.* (Hardin & Maffi, 1997)

La teneur en noir et la teneur en blanc sont des attributs élémentaires dont leurs valeurs de dépendent que de la quantité du noir et du blanc. Cependant, l'intensité chromatique (c) est composée de deux attributs élémentaires parmi les quatre attributs du NCS : jaune (y), rouge (r), bleu (b) et vert (g) ; comme c'est mentionné dans l'équation (2) :

$$c = (y \text{ OU } b) + (r \text{ OU } g) \quad (2)$$

5.2 La teneur en blanc et la teneur en noire

Les autres points d'angle W (blanc) et S (noire) représentent d'une manière correspondante les couleurs élémentaires imaginables blanc et noir selon le modèle chromatique phénoménologique de Hering. La teneur en blanc (w) est définie comme "*le degré de ressemblance avec l'imagination du blanc élémentaire*" (W), alors que la teneur en noir (s) est définie comme "*le degré de ressemblance avec l'imagination du noir élémentaire* (S) ». La mise à l'échelle est, comme mentionné, une équation en 100 étapes. (Figure 2.8) (Hardin & Maffi, 1997)

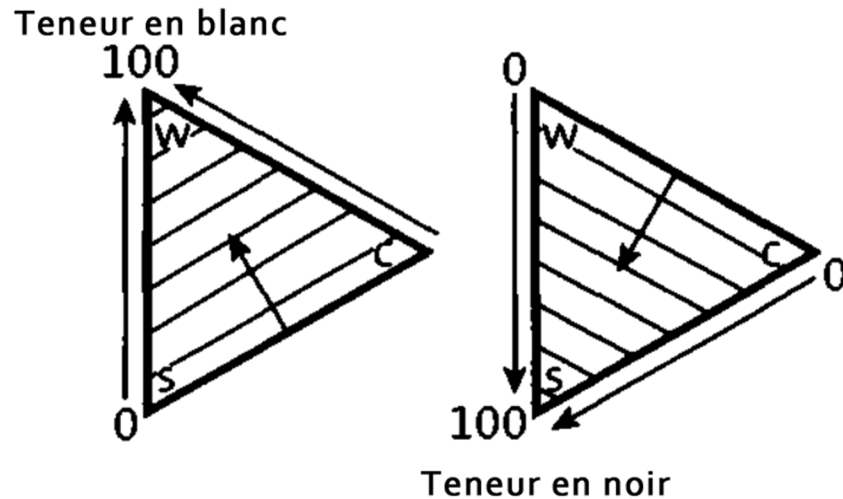


Figure 2.8: La teneur en noire et la teneur en blanc dans le triangle colorimétrique NCS

Source : (Hardin & Maffi, 1997)

7. Caractéristiques du système NCS

L'espace colorimétrique NCS fournit une autre partition basée sur la perception et l'analyse en catégories de couleurs primaires en référence aux attributs de couleur élémentaires qui constituent l'*attribut principal* (AP) et qui sont des *attributs secondaires* (AS). Par le terme attribut principal (AP), on se réfère à l'attribut de couleur élémentaire qui est le dominant dans la couleur en question, et par attribut secondaire (AS) on entend ou ces attributs de couleur élémentaires qui peuvent être vus en plus de l'attribut principale. La signification des concepts attributs principaux et secondaires est illustrée sur l'échelle unidimensionnelle entre le noir et le blanc sur la Figure 2.9. (Hård, Sivik, & Tonnquist, 1996b)

La bissection d'une échelle élémentaire unidimensionnelle, comme sur la figure 2.9, illustre des couleurs avec un attribut principal absolu (AP) et un seul attribut secondaire (AS). Les percepts de couleur avec plusieurs attributs secondaires peuvent être illustrés dans l'hexagone couleur NCS en dessinant un anneau autour de l'attribut principal et en indiquant les «tailles» des attributs secondaires par des flèches de différentes longueurs, comme indiqué sur la figure 2.9. Dans les symboles graphiques de l'espace NCS, du Cercle NCS et du Triangle NCS, il est également possible d'indiquer les différents segments symbolisant les

couleurs dans lesquelles l'un des attributs élémentaires w, s, y, r, b ou g et l'attribut dérivé c domine ou est l'attribut principal (AP). (Figure 2.9)

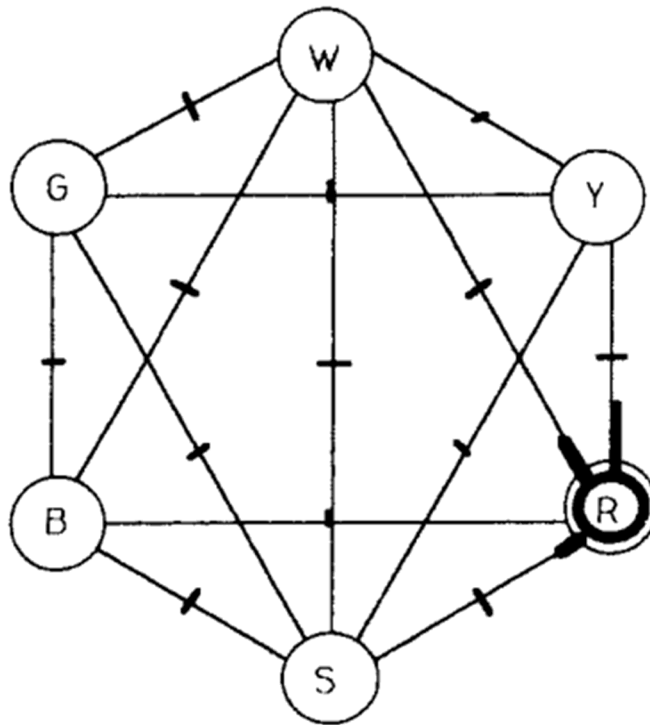


Figure 2.9: l'hexagone NCS développé par Hård et Sivik

Source : (Hård, Sivik, & Tonnquist, 1996b)

Dans l'hexagone NCS, il est possible d'illustrer les attributs principaux et secondaires d'une couleur quelconque. Sur la figure 2.9, on décrit une couleur très chromatique, clairement orange-rouge quelque peu blanchâtre et avec une faible teneur en noir. Dans cette couleur, l'AP est le rouge (r) et les AS sont, par la taille, le jaune (y), le blanc (w) et très peu de noir (s). Cela peut aussi être écrit comme $r \gg (y > w > s)$. Le symbole (\gg) signifie que la rouge constitue l'AP, ce qui signifie que le rouge en quantité absolue est plus grande que les autres attributs pris ensemble.

Dans la figure 2.10, on représente entre le noir (S) et le blanc (W) sur une échelle unidimensionnelle. Dans le point S, la teneur en blanc $w = 0\%$ et augmente successivement jusqu'à W, où elle est de 100% et vice versa pour la teneur en noir (s). La ligne au milieu de l'échelle représente un percept de couleur, là où la teneur en noir est égale à la teneur en blanc ($w = s$). Les percepts de couleur, qui semblent plus proches du blanc que du noir ($w > s$), ont l'attribut principal (AP) de teneur en blanc et l'attribut secondaire (AS) est symbolisés

par des points au-dessus de la ligne horizontale. Les points au-dessous de cette ligne signifient des couleurs pour lesquelles la teneur en noir est l'attribut principal et la teneur en blanc est le secondaire ($s > w$).

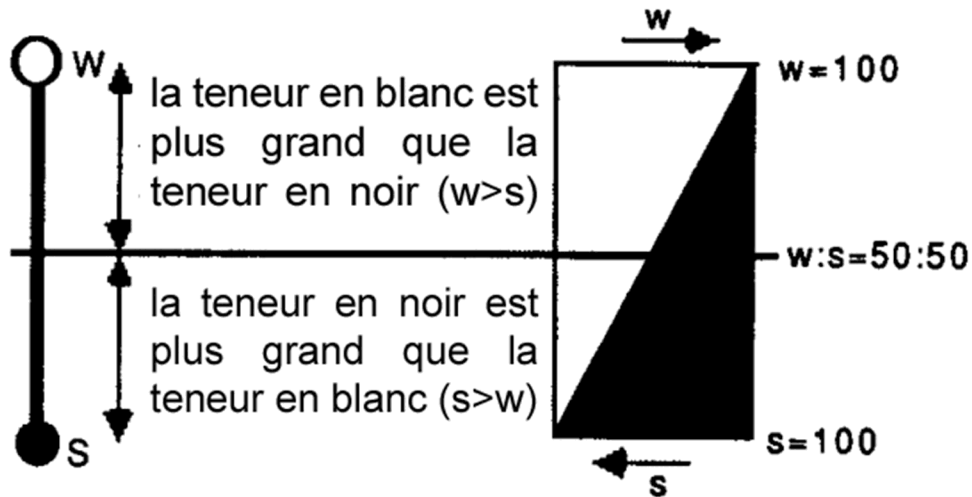


Figure 2.10: relation entre la teneur en noir et la teneur en blanc

Source : (Hård, Sivik, & Tonnquist, 1996b)

L'analyse phénoménologique des couleurs et des combinaisons de couleurs effectuée par Hård et Sivik révèle cependant que les catégories de couleurs perceptuelles sont caractérisées non seulement par les attributs principaux et secondaires du niveau absolu, mais aussi, dans une certaine mesure, par la relation relative entre les attributs élémentaires. (Figure 2.11). La catégorisation sur laquelle Tryggve Johansson a fondé sa théorie des combinaisons de couleurs est la partition du cercle NCS en secteurs de teinte. Dans le cercle NCS, toutes les couleurs sont caractérisées par le fait que l'un des deux attributs élémentaires chromatiques est relativement plus grand que l'autre, indépendamment de leurs valeurs absolues. Dans le secteur des teintes marqué (I) sur la figure 2.11, on trouve donc des couleurs dans lesquelles le jaune est plus grand que le vert ($y > g$), à la fois par rapport aux couleurs fortement chromatiques et aux couleurs moins chromatiques. (Hård et al., 1996b; Johansson, 1937)

En se basant sur la documentation NCS du concept original de la teneur en blanc, la teneur en noir et la chromaticité de Hering comme attributs signifiants, une catégorisation correspondante peut être faite pour les nuances NCS, basées sur les relations

proportionnelles entre la teneur en blanc, la teneur en noir et l'intensité chromatique. La division en ces catégories s'est avérée utile pour le développement d'une nouvelle théorie des combinaisons de couleurs. **(Hard & Sivik, 1979)**

Les catégories de nuances correspondent, dans le Triangle NCS, aux zones qui apparaissent lorsque le triangle est divisé par des lignes allant des coins au milieu du côté opposé, comme le montre la Figure 2.11. Dans la zone créée lorsque les points $[W - (s = c) - C - W]$ sont connectés, on retrouve toutes les couleurs pour lesquelles la chromaticité est supérieure à la teneur en noir, quelles que soient leurs valeurs absolues; ceci peut être écrit comme $c > s$. En combinaison avec la partition du triangle de couleur en zones d'attributs principaux six zones de nuance apparaissent (1-6). Chacun d'entre eux symbolise toutes les couleurs pour lesquelles l'un des attributs élémentaires est l'attribut principal (AP), et qui ont deux attributs secondaires (AS) dont l'un (AS 1) est supérieur à l'autre (AS2). La zone, marquée numéro 2 sur la figure, représente des couleurs dans lesquelles la teneur en blanc (AP) est supérieure à la chromaticité (AS 1), qui est à son tour supérieure à la teneur en noir (AS2). Cela peut être écrit : $w \gg c > s$. **(Hård et al., 1996b)**

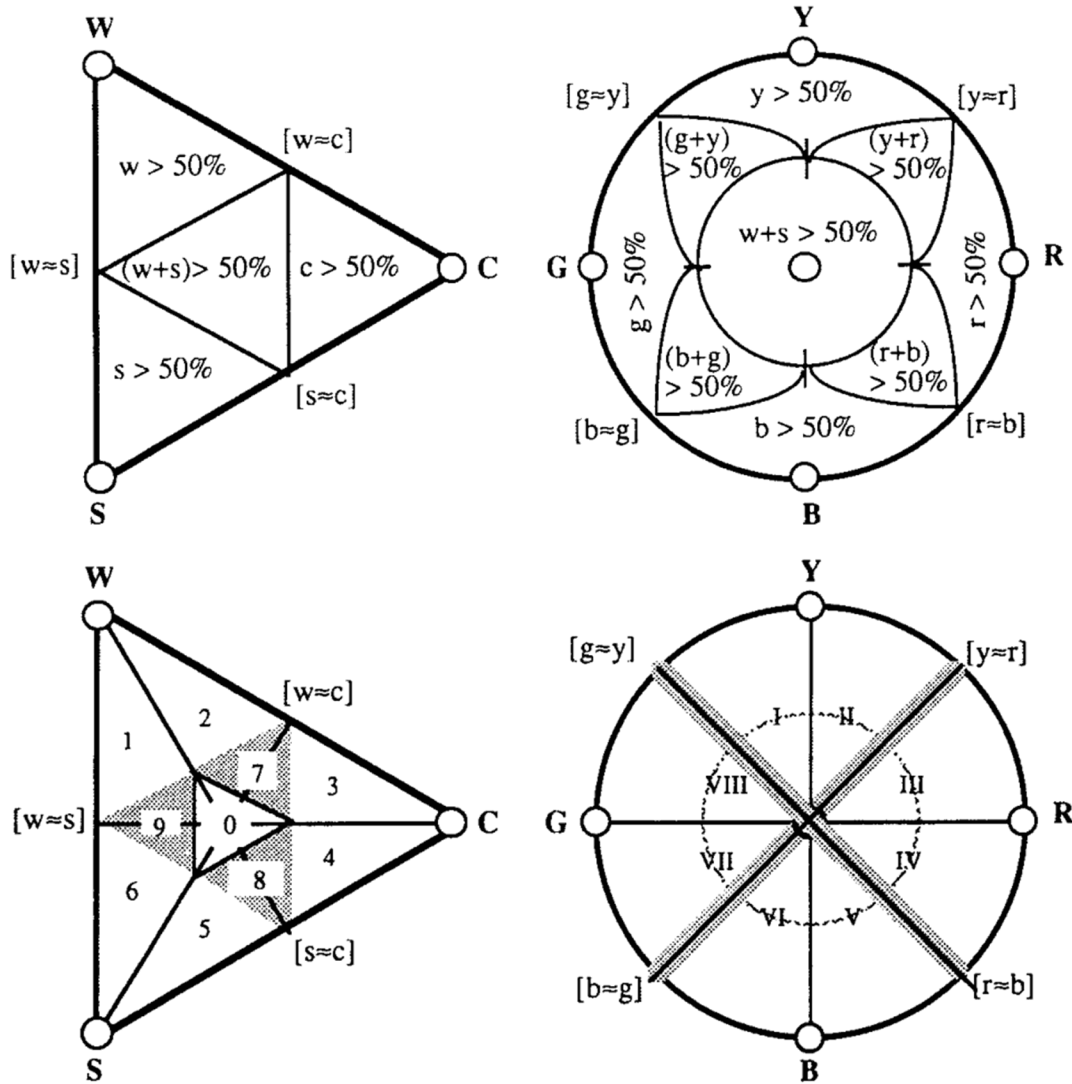


Figure 2.11:La répartition de l'espace NCS selon les attributs principaux (AP)

Source : (Hård, Sivik, & Tonnquist, 1996b)

Les zones qui ont été notées 7, 8 et 9 représentent des cas limites, pour lesquels il existe une incertitude sur lequel de deux attributs est le dominant. La partition crée également la zone notée 0, contenant des couleurs dans lesquelles on ne peut pas clairement percevoir si c'est la blancheur, la chromaticité ou la noirceur qui domine. Ces couleurs, par conséquent, manquent d'un attribut principal absolu, et elles ont été qualifiées de "*couleurs typiquement atypiques*", indiquant que la zone représente des couleurs qui pourraient être décrites comme "neutre-chromatique". (Figure 2.11)

Chaque zone dans le triangle de couleur et le cercle de couleur, représentés sur la figure 2.11, signifient des couleurs d'une certaine catégorie de nuances NCS et d'une catégorie de teinte, respectivement. Ces catégories semblent avoir une certaine correspondance dans le langage quotidien et une proposition provisoire pour savoir comment les appeler est présentée dans les tableaux 2.1 et 2.2.

Zone	AP	AS1	AS2	caractéristiques	descriptions
1	w	s	c	$w \gg s > c$	gris clair
2	w	c	s	$w \gg c > s$	clair
3	c	w	s	$c \gg w > s$	chromatique clair
4	c	s	w	$c \gg s > w$	chromatique foncé
5	s	c	w	$s \gg c > w$	foncé
6	s	w	c	$s \gg w > c$	gris foncé
7	w ; c	s	/	$w \approx c > s$	claire
8	s ; c	w	/	$s \approx c > w$	foncé
9	w ; s	c	/	$w \approx s > c$	gris
0	/	/	/	$w \approx s \approx c$	chromatique gris

Tableau 2.1 : caractéristiques des zones de nuance de l'espace NCS

Zone	Caractéristiques	Descriptions
I	$y > g$	Jaune Verdâtre
II	$y > r$	Jaune Rougeâtre
III	$r > y$	Rouge Jaunâtre
IV	$r > b$	Rouge Bleuté
V	$b > r$	Bleu Rougeâtre
VI	$b > g$	Bleu Verdâtre
VII	$g > b$	Vert Bleuté
VIII	$g > y$	Vert Jaunâtre

Tableau 2.2 : caractéristiques des zones de teintes de l'espace NCS

Dans les catégories de nuances 1-6, les couleurs ont un attribut principal dominant absolu ($> 50\%$), représenté par le symbole ($>>$). Pour les nuances des catégories 7-9 sont ambiguës en ce sens que les couleurs manquent d'un attribut principal distinct, qui est désigné par le signe \approx . Les deux attributs qui caractérisent ces couleurs sont plus grands que le troisième.

La partition de l'espace colorimétrique tridimensionnel NCS en zones de catégories de couleurs primaires par rapport à la nuance et à la teinte peut être illustrée en deux dimensions dans le schéma de catégories de couleurs NCS, comme le montre la Figure 2.12. Dans une zone de catégorie de couleur, nous trouvons toutes les couleurs avec une ressemblance de caractéristiques globale les uns aux autres. Ils sont analogues en ce sens que, dans toutes les couleurs, les attributs élémentaires perçus sont les mêmes et ont le même ordre de grandeur en ce qui concerne les attributs principales et secondaires. Nous disons que les couleurs sont du même genre. D'autre part, l'avantage de diviser l'espace colorimétrique NCS en zones de catégories de couleurs primaires, dans lesquelles les couleurs sont du même type que pour leurs attributs principaux et secondaires, devient évident lorsque la tâche consiste à faire une description globale des différentes combinaisons de couleurs. Le nombre de couleurs que nous pouvons percevoir comme différentes, sans les avoir adjacentes, a été estimé à environ 20 000. En moyenne, chacune des 56 zones de catégorie de couleur peut donc "contenir" environ 350 de ces couleurs "du même genre". Le nombre de combinaisons de deux couleurs possibles que l'on pourrait faire des 20000 originaux est de 200 millions, tandis que le nombre de combinaisons de couleurs différentes, parmi les 56 catégories de couleurs, ne s'élève qu'à environ 1 500. Chacun d'entre eux constitue un "thème combinatoire des couleurs", qui peut être modifié des milliers de fois, en fonction de laquelle des 350 couleurs analogues du même type sont choisies pour être incluses dans la combinaison. **(Hård et al., 1996b)**
















Nuances							
Teintes	1	2	3	4	5	6	0
 I	w>> s>[y>g]	w>> [y>g]>s	[y>g]>> w>s	[y>g]>> s>w	⊗>> [y>g]>w	⊗>> w>[y>g]	w=s=[y>g]
 II	w>> s>[y>r]	w>> [y>r]>s	[y>r]>> w>s	[y>r]>> s>w	⊗>> [y>r]>w	⊗>> w>[y>r]	w=s=[y>r]
 III	w>> s>[r>y]	w>> [r>y]>s	[r>y]>> w>s	[r>y]>> s>w	⊗>> [r>y]>w	⊗>> w>[r>y]	w=s=[r>y]
 IV	w>> s>[r>b]	w>> [r>b]>s	[r>b]>> w>s	[r>b]>> s>w	⊗>> [r>b]>w	⊗>> w>[r>b]	w=s=[r>b]
 V	w>> s>[b>r]	w>> [b>r]>s	[b>r]>> w>s	[b>r]>> s>w	⊗>> [b>r]>w	⊗>> w>[b>r]	w=s=[b>r]
 VI	w>> s>[b>g]	w>> [b>g]>s	[b>g]>> w>s	[b>g]>> s>w	⊗>> [b>g]>w	⊗>> w>[b>g]	w=s=[b>g]
 VII	w>> s>[g>b]	w>> [g>b]>s	[g>b]>> w>s	[g>b]>> s>w	⊗>> [g>b]>w	⊗>> w>[g>b]	w=s=[g>b]
 VIII	w>> s>[g>y]	w>> [g>y]>s	[g>y]>> w>s	[g>y]>> s>w	⊗>> [g>y]>w	⊗>> w>[g>y]	w=s=[g>y]

Figure 2.12: les catégories chromatiques de nuance et de teinte de l'espace NCS

Source : (Hård, Sivik, & Tonnquist, 1996b)

8. Le modèle combinatoire de Hård et Sivik

Partant d'une large analyse phénoménologique des éléments de base de la Gestalt décrits ci-dessus, un modèle combinatoire descriptif des couleurs a été élaboré par **(Hård & Sivik, 2001)**. L'objectif était d'identifier et de décrire un certain nombre de facteurs ou de variables qui influencent notre perception d'une Gestalt de couleur. Certains d'entre eux sont possibles à quantifier expérimentalement par des méthodes psychométriques. Pour les autres, on doit pour le moment se contenter de descriptions verbales. En plus d'attirer l'attention sur ces phénomènes de Gestalt de couleur, le modèle peut servir de point de départ pour d'autres études expérimentales sur la façon dont les gens expérimentent, évaluent et réagissent à diverses combinaisons de couleurs, ce qui est plus adéquat qu'auparavant.

Ce modèle peut également être utilisé dans l'éducation des couleurs dans des tests empiriques d'hypothèses chromatiques concernant ses paramètres. Cela permettrait d'élargir et d'approfondir la conscience de ce qui influence les réactions évaluatives et émotionnelles, à la fois au niveau individuel et général. Cela pourrait aussi aider les concepteurs de couleurs à mieux comprendre ce qui guide leur expérience, leur comportement et leurs jugements en matière de beauté, d'harmonie et de sens, dans la mesure où cela peut être lié aux attributs formels de la perception des couleurs. Le modèle doit fournir des moyens pour décrire le caractère formel des diverses combinaisons de couleurs et comment elles sont évaluées, mais le modèle en tant que tel ne dit rien sur les combinaisons qui plaisent à tout le monde ou quelles couleurs sont désagréables ensemble à certaines époques. **(Hård & Sivik, 2001)**

Pour décrire une seule couleur sans ambiguïté, trois dimensions indépendantes les unes des autres sont suffisantes. En ce qui concerne l'espace NCS, il a été montré que dans ses trois dimensions indépendantes choisies, certaines dimensions perceptives supplémentaires peuvent également être identifiées. Ceux-ci ne sont toutefois pas indépendants de ceux choisis à l'origine, mais auraient pu constituer des alternatives pour un espace NCS, qui auraient alors été différents. Hård et Sivik ont identifié plus d'attributs descriptifs ou de variables pour les combinaisons de couleurs que pour les couleurs uniques. Ils pourraient être significativement divisés en trois groupes principaux, chacun avec trois sous-facteurs. Même si ces neuf "dimensions" sont parfois appelées "un espace de combinaison de couleurs", ceci ne devrait pas être pris trop littéralement. Il ne semble pas possible de

sélectionner un certain nombre de ces "dimensions" de telle sorte qu'elles sont indépendantes et peuvent former un espace de combinaison de couleurs dans lequel une Gestalt de couleur spécifique peut être représentée par un point et où un point représente toujours un Couleur Gestalt. Donc, de ce point de vue, il n'y a pas d'analogie avec l'espace colorimétrique NCS. Le modèle s'est développé progressivement par étapes grâce à l'interaction de nombreuses années entre la recherche et la pratique. Sa base théorique consiste en la même analyse phénoménologique et évaluations psychométriques qui ont conduit au système NCS, concernant les attributs caractérisant et discriminants des couleurs. Les termes choisis pour les différentes dimensions ou variables sont représentés sur la Figure 2.13 et sont décrits ci-dessous. (Hård & Sivik, 2001)

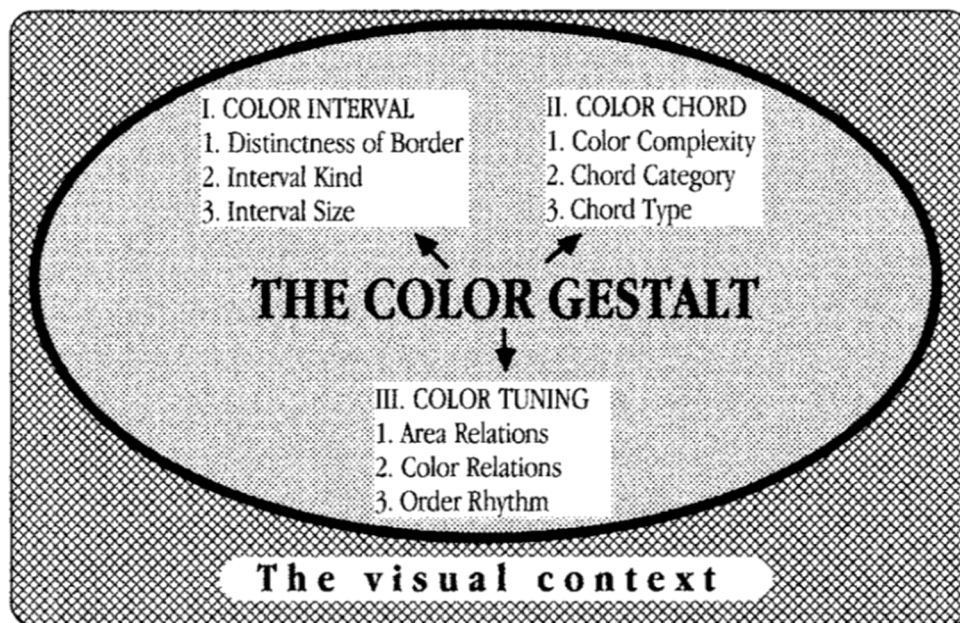


Figure 2.13: les dimensions du modèle combinatoire de Hård et Sivik

Source : (Hård & Sivik, 2001)

7.1 Intervalle de couleur

Color interval (en français : intervalle de couleur) est dérivé du latin « *intervallum* », se référant à l'espace entre deux objets. Par Intervalle de couleur, on entend le phénomène de perception créé lors de la rencontre de deux éléments de couleur, à la fois lorsqu'ils sont juxtaposés et quand une distance spatiale est entre eux. L'intervalle de couleur décrit ce qui est perçu visuellement dans la transition d'un percept de couleur à un autre. En tant que phénomène perceptuel, l'Intervalle de Couleur est donc quelque chose de plus et de plus que ce qui peut être décrit par la différence dans les notations de couleur de deux percepts de couleur, comme par exemple, en termes NCS. Un autre concept pour ce facteur pourrait avoir été le contraste dans sa signification originale "contre", une expression de l'état d'opposition qualitatif et bipolaire qui est toujours présent entre deux couleurs. Dans le contraste entre, par exemple, deux gris d'une légèreté différente, la couleur attribuée la blancheur et la noirceur à "l'un contre l'autre". Le mot contraste est cependant le plus souvent utilisé dans le sens restrictif quantitatif et unidimensionnel de «grande différence», comme par exemple «contraste de lumière» sur un écran de télévision et sur des photographies, lorsqu'il n'implique pas nécessairement une référence à l'opposition des couleurs. Le concept d'intervalle de couleur contient en soi trois variables perceptuelles analysables, qui influencent la perception de la transition ou «espace» entre deux éléments de couleur. (**Hård & Sivik, 2001**)

7.1.1 La ligne de démarcation (GT)

Lorsque deux éléments de couleur différents se chevauchent, le contour qu'ils ont en commun est perçu comme une ligne qu'on appelle « *ligne de démarcation* » ou « *ligne de distinction* », et elle est perçue comme étant distinctement différent en fonction de la différence entre les attributs de couleur des éléments de couleur. On attribue les deux lettres GT pour cette ligne de démarcation qui est dérivé du suédois (*GränsTydlighet*). Comme décrit dans les textes concernant le développement de la NCS (références 2 et 3), la valeur de GT peut être calculée, si nous connaissons les notations NCS des couleurs. Quand aucune bordure ne pouvait être vue, le GT recevait la valeur 0, et la ligne de démarcation la plus distincte qui pouvait être imaginée dans une situation donnée avait la valeur 10. (**Hård & Sivik, 1986, 2001**)

Sur le plan opérationnel, le GT est calculé comme la somme des différences des attributs NCS suivants, avec différentes constantes de poids:

- La différence de la dimension teneur en noir/teneur en blanc exprimée par la différence de teneur en noir corrélée Δs_v , dérivée de la différence de clarté Δv avec un poids de 1,0.
- La différence de l'intensité chromatique Δc avec un poids de 0,2.
- La différence de teinte $\Delta \varphi$, avec le poids 0,3 multiplié par un facteur de réduction se référant à l'intensité chromatique.
- La somme de ces différences relevées à la puissance de 0,4 selon la formule (7):

$$GT = 1,5 \left\{ [\Delta s_v - 0,3] + 0,2[\Delta c - 0,5] + 0,3 \left[\frac{\Delta \varphi(c1 + c2)}{200} - 0,3 \right] \right\}^{0,4} \quad (7)$$

Les nombres 0,3 et 0,5 entre les parenthèses représentent les valeurs de seuil, c'est-à-dire la plus petite différence dans l'attribut réel qui est nécessaire si une ligne frontière est perçue du tout. Le terme $(c1 + c2) / 200$ représente le facteur de chromaticité, exprimant que le GT provoqué par une différence de teinte nominale diminue avec la diminution de la chromaticité.

La différence de teneur en noir corrélée Δs_v est calculée à partir de la différence de valeur de luminosité NCS Δv avec la formule (8) :

$$\Delta s_v = 100\Delta v \left(1 - \frac{kf_\varphi \times c}{100} \right) \quad (8)$$

L'élément (kf) est le facteur de convergence tenant compte du fait que les lignes de la constance de la NCS dans le triangle NCS convergent avec l'intensité chromatique croissante, ce qui implique que Δs_v pour une certaine différence de luminosité diminue avec l'augmentation de la chromaticité. La taille de (kf) est différente pour chaque teinte. Pour la plupart des applications pratiques, il peut cependant être approché d'une valeur moyenne de 0,45. La valeur c dans l'équation (8) est la chromaticité pour la couleur la moins chromatique de la paire. (Hård & Sivik, 2001)

La ligne de démarcation (GT) est un facteur important de l'intervalle de couleur. Ça permet d'évaluer la lisibilité d'un élément de couleur par rapport à son arrière-plan et la perception du caractère de forme, c'est-à-dire la formation globale de la Gestalt de couleur. Pour créer une ligne de frontière tout aussi distincte au moyen de la teinte, à l'intensité chromatique $c \approx 50$ ($\Delta\phi_{50}$), une différence de 7 fois plus grande est nécessaire et une chromaticité (Δc) est nécessaire 5 fois plus grande que la différence dans la dimension teneur en noir/teneur en blanc (Δs_v).

La ligne de démarcation GT est exclusivement un phénomène d'intervalle se produisant entre deux éléments de couleur qui se chevauchent. Dans une complexe Gestalt de couleur, il y a beaucoup de ces limites et l'effet global du contraste de la composition semble être une moyenne de GT entre les éléments de couleur. Dans une expérience effectuée par Hård et Sivik (**Hard & Sivik, 1989**) où des individus ont estimé à quel point ils ont ressenti la force dans un certain nombre de combinaisons de 4 couleurs. (**Figure 2.14**)

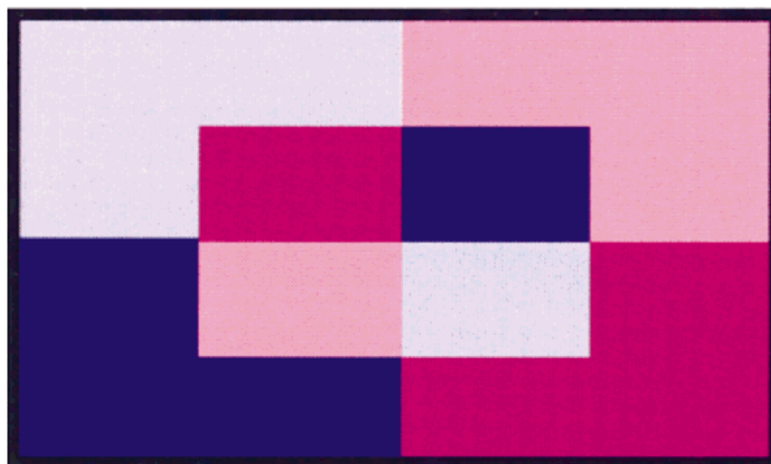


Figure 2.14: l'agencement de la combinaison de 4 couleurs effectué dans l'expérience de Hård et Sivik.

Source : (Hård & Sivik, 2001)

Il a été supposé que cette expérience serait liée à l'effet de contraste global, comme discuté ci-dessus. Dans cette étude, on a testé une définition opérationnelle de l'effet de contraste, EC, avec l'hypothèse que le EC perçu pourrait être calculé comme un GT moyen pour les limites les plus distinctes de 50% dans la composition de couleur réelle, selon la formule suivante:

$$CE = \frac{\sum GT_{50\%}}{n} \quad (9)$$

L'effet de contraste, EC, a été calculé pour chacune des 22 compositions de couleurs dans l'expérience et était lié aux jugements de force. Le résultat est représenté sur la figure 2.15, qui représente également la forme des images de test. Dans cette conception, chacune des quatre couleurs est limitrophe des trois autres, à la fois en entourant et en étant entouré par eux. Le nombre d'intervalles différents est de six. Les trois frontières les plus distinctes pour les couleurs dans la figure étaient $GT = 7,1 ; 7,3$ et $8,4$ donnant un EC de $7,6$. (**Hard & Sivik, 1989**)

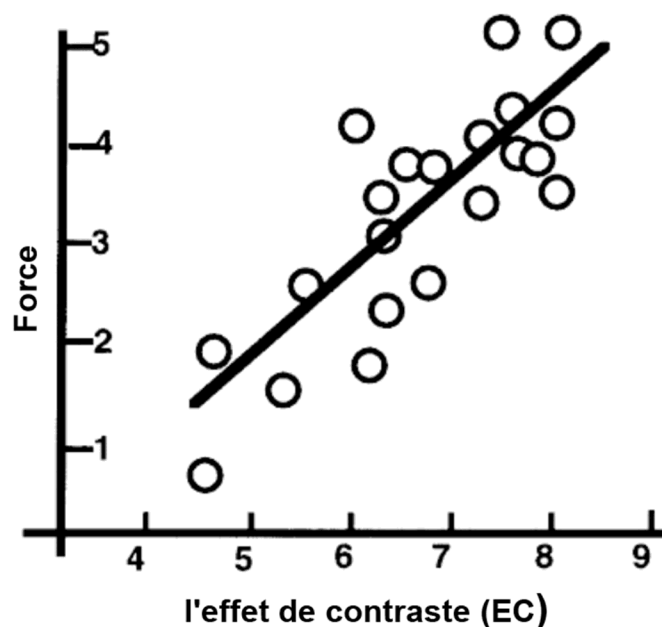


Figure 2.15: la relation entre l'effet de contraste (EC) et la force des combinaisons de couleur

Source : (**Hård & Sivik, 2001**)

Comme le montre le diagramme de la Figure 2.15, il y avait une relation claire entre l'effet de contraste (CE) calculé comme décrit, et la force éprouvée des combinaisons de couleurs. Le coefficient de corrélation, $r_{jc} = 0,81$ indique qu'environ 65% de la variance peut s'expliquer par la valeur formelle de le CE, tandis que le reste doit être recherché pour d'autres causes.

7.1.2 Le type d'intervalle (IK)

Cette variable fait référence à la caractéristique d'intervalle qui dépend de laquelle deux attributs élémentaires constituent l'état d'opposition. Le type d'intervalle (en anglais *Interval Kind* [IK]) est l'aspect qualitatif de la perception d'un contraste, dans le passage d'un élément de couleur à un autre. Pour l'évaluation de l'intervalle type, il n'est pas nécessaire que les éléments de couleur soient juxtaposés, comme c'est le cas avec le phénomène de la ligne de démarcation (GT). (Hård & Sivik, 2001)

Si les notations NCS pour les deux percepts de couleur sont connues, l'intervalle type (IK) peut être déterminé de la manière générale suivante:

- Si les deux éléments de couleur ont des attributs principaux (AP) différents, ces deux attributs élémentaires forment le type principal d'opposabilité déterminant l'intervalle type. Il est indiqué par les lettres minuscules pour ces deux AP:s. Pour une paire de couleurs avec les deux couleurs marquées 1 et 3 dans l'hexagone de couleur (figure 2.16), l'intervalle type est blanc-jaune (w-y) car l'attribut principal (AP) de couleur 1 est le blanc ($w > y$), et en couleur 3 l'AP est le jaune ($y > w$).
- Si les deux éléments de couleur ont le même AP, mais des attributs secondaires différents du premier ordre (AS_I), le type d'intervalle est déterminé par les deux attributs secondaires. Pour la paire de couleurs 1 et 6 de la figure 2.16, le type d'intervalle est jaune-vert (y-g) car les deux couleurs ont la couleur blanche comme attribut principal, la couleur 1 a le jaune comme AS_I ($w > y$) et la couleur 6 a le vert comme AS_I ($w > g$).
- Si les deux couleurs ont à la fois le même AP et le même SA_I , le type d'intervalle est déterminé uniquement par ces deux attributs élémentaires. Le type d'intervalle pour la paire de couleurs 1 et 2 de la figure 2.16 est blanc-jaune (w-y) car les deux ont une teneur en blanc comme AP et une teneur en jaune comme AS_I ($w > y$).
- Si l'AP et le AS_I sont identiques et de taille identique dans les deux couleurs, le type d'intervalle est déterminé de manière correspondante par les attributs secondaires des couleurs du AS du second ordre.

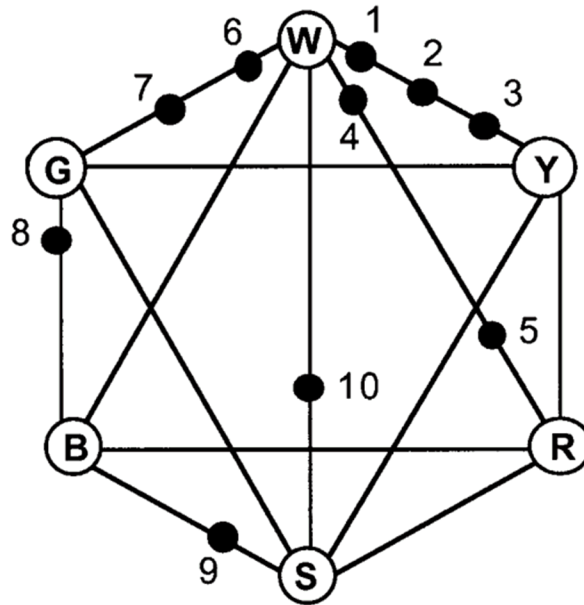


Figure 2.16: L'hexagone NCS, où les 10 couleurs du tableau 2.4 sont symbolisées par des points le long des échelles élémentaires, peut être utilisé pour illustrer comment le type d'intervalle et sa taille sont déterminés.

Source : (Hård & Sivik, 2001)

Dans la figure 2.17 sont énumérés les types d'intervalles pour toutes les 45 paires de couleurs qui peuvent être formées par les 10 couleurs de la figure 2.18. Pour montrer comment le type d'intervalle est noté pour différentes paires de couleurs selon les principes décrits ci-dessus, Figure 2.17), par souci de simplicité, ont été choisis de manière à pouvoir être marqués le long des échelles élémentaires, comme illustré par l'hexagone NCS de la Figure 2.16.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	a	(w-y) a	(w-y)	(y-r)	(w-r)	(y-g)	(w-g)	(w-g)	(w-s)	(w-s)
2			(w-y) a	(y-r)	(w-r)	(y-g)	(w-g)	(w-g)	(w-s)	(w-s)
3				(y-r)	(y-r)	(w-y)	(y-g)	(y-g)	(y-s)	(y-s)
4				a	(w-r)	(r-g)	(w-g)	(w-g)	(w-s)	(w-s)
5					a	(w-r)	(r-g)	(r-g)	(r-s)	(r-s)
6						a	(w-g)	(w-g)	(w-s)	(w-s)
7							a	(w-b)	(g-s)	(g-s)
8								a	(g-s)	(g-s)
9									a	(w-b)
10										a

Figure 2.17: Le type d'intervalle des paires de couleur mentionnées dans la figure 2.14

Source : (Hård & Sivik, 2001)

Color	NCS	s	w	y	r	b	g	Σ	$v =$ NCS lightness
1	0010-Y	0	90	10	0	0	0	100	0.994
2	0040-Y	0	60	40	0	0	0	100	0.974
3	0080-Y	0	20	80	0	0	0	100	0.933
4	0015-R	0	85	0	15	0	0	100	0.939
5	0070-R	0	30	0	70	0	0	100	0.606
6	0015-G	0	85	0	0	0	15	100	0.963
7	0060-G	0	40	0	0	0	60	100	0.800
8	0080-B70G	0	20	0	0	24	56	100	0.663
9	7030-B	70	0	0	0	30	0	100	0.073
10	6500	65	35	0	0	0	0	100	0.350

Figure 2.18: Les valeurs des différents attributs des couleurs mentionnées dans la figure 2.14

Source : (Hård & Sivik, 2001)

7.1.3 La taille d'intervalle (IS)

Cette variable est la troisième variable caractérisant d'un intervalle de couleur. Comme le terme lui-même l'indique, la taille d'intervalle exprime la différence entre les deux attributs de couleur qui déterminent le type d'intervalle, c'est-à-dire la taille du contraste de couleur spécifique. Une expression en pourcentage de la taille d'intervalle relative est obtenue en calculant, à partir des notations NCS, les différences moyennes des deux attributs élémentaires qui constituent l'intervalle par rapport à la valeur de double échelle 100. **(Hård & Sivik, 2001)**

Dans le tableau 2.3 sont énumérées les valeurs d'attributs élémentaires des couleurs de la figure 2.14, ainsi que les valeurs de luminosité (v). Le type d'intervalle et la taille d'intervalle sont déterminés comme indiqué dans l'exemple suivant pour la paire de couleurs 3-4. Les deux couleurs ont des AP différents, à savoir la teneur en blanc (couleur 4) et la teneur en jaune (couleur 3) et ainsi le type d'intervalle est le (w-y). Les différences dans les différents attributs élémentaires sont: $\Delta s = 0$; $\Delta w = 65$; $\Delta y = 80$; $\Delta r = 15$; $\Delta b = 0$; $\Delta g = 0$.

La taille d'intervalle est calculée comme la moyenne de la somme des deux plus grandes différences d'attribut élémentaires divisée par 2×100 , comme c'est mentionné dans la formule (9).

$$IS = \frac{(\Delta w + \Delta y)}{2 \times 100} \quad (9)$$

Dans le tableau 2.3 on trouve les valeurs de la taille d'intervalle ainsi que la ligne de démarcation pour certaines paires de couleur de la figure 2.14.

La paire	Le type d'intervalle (IK)	La taille d'intervalle (IS)	La ligne de démarcation (GT)
1-2	blanc-jaune [w-y]	0,300	3,6
1-3	blanc-jaune [w-y]	0,700	4,9
2-3	blanc-jaune [w-y]	0,400	3,7
1-4	jaune-rouge [y-r]	0,125	5,0
1-5	blanc-rouge [w-r]	0,650	7,6
3-5	jaune-rouge [y-r]	0,750	6,9
1-6	jaune-vert [y-g]	0,125	3,3
3-7	jaune-vert [y-g]	0,700	6,1
3-8	jaune-vert [y-g]	0,680	6,5
5-8	rouge-vert [r-g]	0,630	5,7
4-8	blanc-vert [w-g]	0,605	7,3
1-10	blanc-noir [w-s]	0,600	8,0
5-10	noir-rouge [s-r]	0,675	6,4

Tableau 2.3 : le type d'intervalle (IK), la taille d'intervalle (IS) et la ligne de démarcation (GT) des paires de couleurs mentionnées dans la figure 2.14

Pour les éléments de texture, seule la ligne de démarcation (GT) a un sens analytique en ce qui concerne la dimension de couleur Gestalt que nous appelons intervalle. Dans notre définition de l'élément de texture visuel, il est implicite qu'il n'est pas possible de décider avec certitude de sa forme ou de sa couleur. Cela signifie également qu'il n'est pas possible

de déterminer visuellement si deux éléments de texture sont des opposés qualitatifs. Cela signifie que ni le type d'intervalle ni la taille d'intervalle ne peuvent être déterminés entre deux éléments de texture. Pas même la ligne de démarcation (GT) peut être évaluée avec certitude, mais ce phénomène d'intervalle tient compte du motif global d'une texture Gestalt formée par les éléments de texture. **(Hård & Sivik, 2001)**

Dans la figure 2.19, parmi les deux intervalles blanc-jaune (w-y), qui sont du même genre, 1-3 est plus grand que 1 2, ce qui est indiqué par des distances différentes des deux lignes symbolisant les deux couleurs dans l'échelle W-Y bipolaire. De la même manière, les distances entre les symboles de couleur dans les deux diagrammes bipolaires connectés G-W-Y montrent que l'intervalle jaune-vert (y-g) est plus petit entre les couleurs 1-6 qu'entre 3-7. Pour l'intervalle rouge-vert (r-g) entre les couleurs 5-8 et l'intervalle blanc-vert (w-g) entre 4-8, la taille d'intervalle doit être illustrée comme la somme de deux distances dans les deux échelles, B-G et W-R, qui ne peut pas être connecté. Les tailles d'intervalle pour différents types d'intervalles ne sont comparables entre elles qu'en quantités relatives. D'autre part, les valeurs de GT représentent des quantités absolues et, par conséquent, une comparaison peut être faite entre des paires de couleurs de différents types d'intervalles. Les chiffres se réfèrent aux couleurs du tableau 2.3. **(Figure 2.19)**

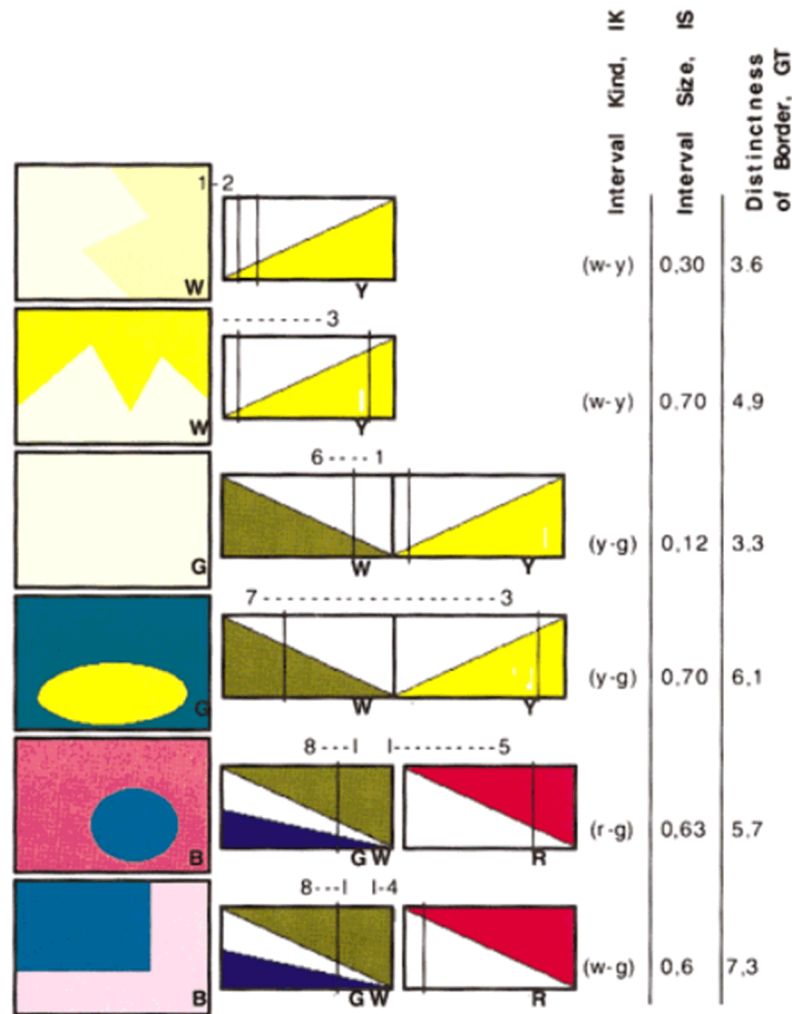


Figure 2.19: quelques exemples des 3 intervalles de couleurs IK, IS et GT.

Source : (Hård & Sivik, 2001)

Le phénomène de perception apparaissant dans la transition entre deux éléments de couleur que nous appelons l'intervalle de couleur, et c'est ce percept qui explique en grande partie le caractère de forme perçu.

Un intervalle de couleur caractérisé par (1) une ligne de démarcation perçue (GT), à condition que les éléments de couleur se chevauchent, (2) le type d'intervalle (IK) et (3) la taille d'intervalle (IS). Mais aussi, la distance spatiale perçue entre les éléments de couleur fait naturellement partie de l'expérience de l'intervalle total - ainsi que les distances dans le temps, par exemple, dans les gestes de couleur mobiles. Il convient cependant de souligner que l'expérience totale d'une Gestalt de Couleurs, dans ce cas, est déterminée exclusivement

par les distances perçues et non par les distances physiquement déterminées entre les objets qui constituent les stimuli distaux des percepts de couleur. La raison pour laquelle Hård et Sivik se sont abstenus de traiter les intervalles spatiaux et temporels dans ce modèle de combinaison de couleurs est que jusqu'à présent nous n'avons pu analyser que de façon fragmentaire si et comment la perception de l'intervalle dans l'espace et le temps est liée à l'espace de couleur. **(Hård & Sivik, 2001)**

7.2 L'accord des couleurs

Il est désigné en anglais par Hård et Sivik « *color chord* », ce qui réfère à l'accord et l'équilibre entre les couleurs. Ce terme fait référence au caractère de couleur spécifique de la Gestalt de couleur totale. Le phénomène de l'*accord des couleurs* est caractérisé par:

- Le nombre total d'attributs élémentaires présents.
- Lesquels de ces attributs élémentaires sont présents.
- La façon dont ces attributs élémentaires, en tant qu'attributs principaux et / ou secondaires, interagissent et se relient les uns aux autres.

L'accord des couleurs décrit la complexité et la concordance entre les couleurs, la façon dont elles «sonnent ensemble» visuellement, par analogie avec l'accord musical. Dans les premières tentatives de Tryggve Johansson de caractériser les interactions entre les couleurs sur la base du système de couleur naturel, le mot «intervalle» était utilisé pour «le type d'accord entre les couleurs», tandis que le terme «accord». **(Johansson, 1936)**

L'intervalle décrit le phénomène perceptif qui se produit dans la rencontre entre deux percepts de couleur et il dépend de la différence descriptible entre les deux percepts de couleur. Cet accord des couleurs décrit aussi la complexité et la balance entre tous les percepts de couleur dans une Gestalt de couleur. Dans une Gestalt de couleur qui ne contient que deux couleurs, il y a à la fois un phénomène d'intervalle et un phénomène d'accord, et chacun d'eux peut être décrit à sa manière. Dans l'analyse phénoménologique du facteur de l'accord des couleurs, nous avons identifié trois sous-dimensions d'importance pour le caractère chromatique de la Gestalt de Couleur, que l'on peut décrire formellement. Ils se réfèrent à la complexité, la catégorie, et type. **(Hård & Sivik, 2001)**

7.2.1 La complexité

La complexité formelle d'un accord de couleur est exclusivement une question de combien d'attributs élémentaires on peut percevoir dans la Gestalt de couleur. Tout d'abord, la complexité dépend du nombre des six éléments de couleur élémentaires qui, ensemble, apparaissent comme des attributs principaux (AP), ce qui signifie que l'attribut élémentaire domine dans un élément de couleur de plus de 50%. Le nombre d'attributs secondaires (AS) influence également l'expérience de la complexité, mais dans une moindre mesure. **(Hård & Sivik, 2001)**

Selon le nombre d'attributs principaux, nous avons six degrés de complexité différents, avec au total 63 cas différents concernant les attributs principaux représentés dans la Gestalt de couleur. Ceux-ci peuvent être marqués symboliquement dans l'hexagone NCS **(Figure 2.20)**

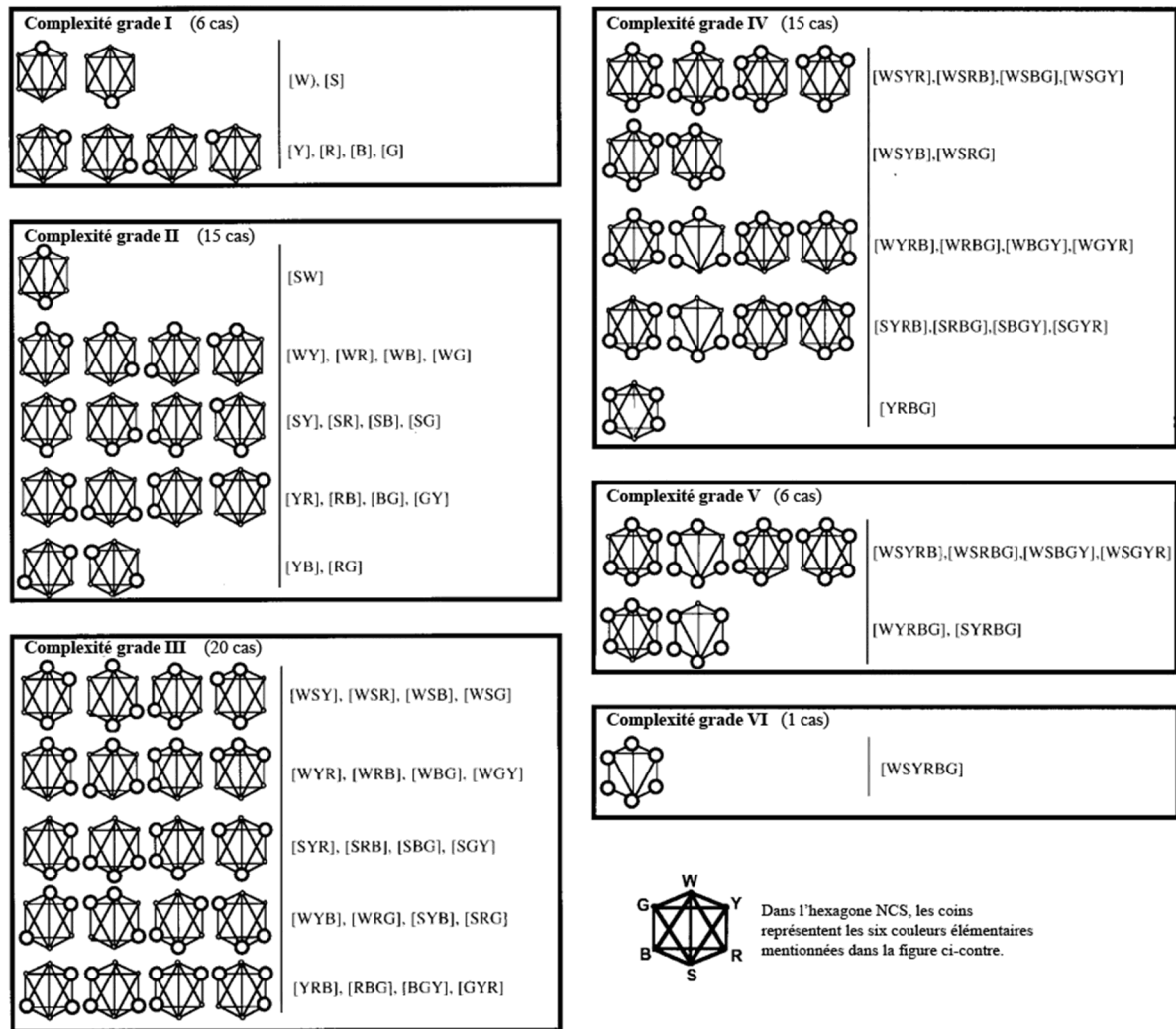


Figure 2.20: les 6 grades de complexité avec les 63 cas de constellations différents selon leurs attributs principaux (AP) et marqués dans l'hexagone NCS.

Source : (Hård & Sivik, 2001)

Il est presque évident qu'une Gestalt de couleur de complexité VI (les 6 attributs élémentaires présents en tant qu'attributs principaux) est perçue comme plus complexe qu'une Gestalt de couleur de la classe de complexité I avec le même nombre d'éléments de couleur mais tous avec le même attribut principal. L'analyse phénoménologique en plus d'une série d'expériences préliminaires a montré, cependant, que les attributs secondaires du premier ordre (AS_1), dans certains cas, ont également eu une influence décisive sur la complexité perçue de la Gestalt de couleur. Cela est particulièrement évident pour les accords de couleur de complexité I, si le nombre d'attributs secondaires, en plus de l'attribut

principal, est supérieur à trois. Une telle Gestalt de Couleur peut être perçue comme plus complexe qu'une Complexité de Grade II. **(Hård & Sivik, 2001)**

La classification des accords de couleur dans différentes classes de complexité est donc d'un type perceptivement formel et ne prédire pas de manière évidente l'expérience de la complexité. Dans une expérience, effectuée par **(Hard & Sivik, 1989)**, les sujets devaient également évaluer les combinaisons de couleurs le long de l'échelle sémantique compliquée. Pour chacune des 22 images en quatre couleurs, on a calculé un facteur de complexité, CF, avec la formule provisoire suivante:

$$CF = AP + 0,1 AS_i(6 - AP) \quad (4)$$

Le AP constitue le nombre des attributs principaux dans la Gestalt de couleur et le AS représente le nombre des attribut secondaires. Le facteur de complexité (CF) calculé de cette manière a été comparé avec les moyens d'après les évaluations des sujets sur la complexité des images.

On peut trouver ci-dessous dans la Figure 2.21 quelques exemples des catégories des accords de couleurs avec leurs grades et facteur de complexité. **(Figure 2.21)**

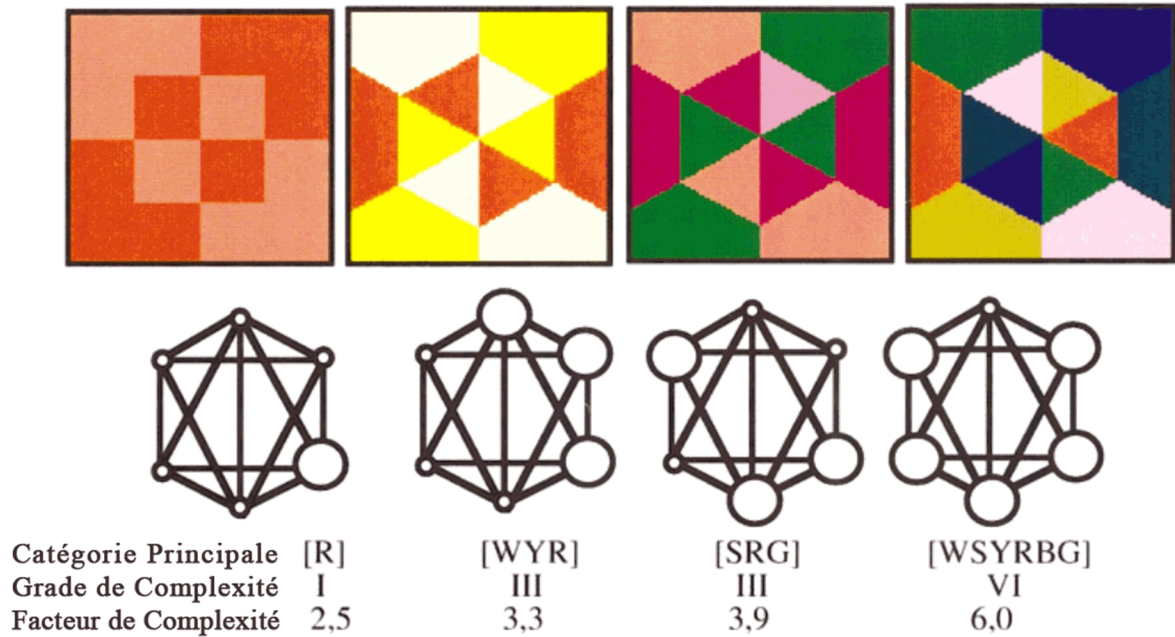


Figure 2.21: Exemples des grades de complexité et du facteur de complexité dans les accords de couleurs

Source : (Hård & Sivik, 2001)

La relation est représentée sur la figure 2.21, de même que la variation entre le facteur de complexité, CF, et les valeurs moyennes de l'échelle sémantique cultivées. Le diagramme indique clairement que la complexité perçue a une co-variation avec le facteur de complexité (CF) calculé selon l'équation. (4) - le coefficient de corrélation était $r_{cf} = 0,87$. La valeur formelle du CF dans ce cas expliquait donc environ 75% de la variance, tandis que 25% avait d'autres causes. Le diagramme montre également que plus le facteur de complexité calculé est élevé, moins la combinaison de couleurs a été jugée bonne. Ce coefficient de corrélation négatif était $r_{cf} = -0,63$, ce qui explique seulement 40% de la variance. **(Figure 2.21)**

Dans le tableau 2.4, nous voyons comment la valeur du facteur de complexité calculé, FC, selon l'équation. (4), varie avec les degrés de complexité et le nombre d'attributs secondaires, SAI. Le nombre total d'éléments de couleur dans une Gestalt de couleur n'influence pas, selon cette définition, la complexité formelle d'un accord de couleur, mais

influence probablement la variabilité de la Gestalt de couleur dans son ensemble. (**Tableau 2.4**)

	0*	I	II	III	IV	V	VI
SA							
0	—	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
1	—	1.5	2.4	3.3	4.2	5.1	
2	1.2	2.0	2.8	3.6	4.4		
3	1.8	2.5	3.2	3.9			
4	2.4	3.0	3.6				
5	3.0	3.5					
6	3.6						

Tableau 2.4: Le facteur de complexité (FC) pour différentes classes de complexité et nombre variable d'attributs secondaires (AS).

Source : (Hård & Sivik, 2001)

7.2.3 La catégorie

Ce terme désigne les attributs de couleur élémentaires qui constituent la Gestalt de couleurs en tant qu'attributs principal et secondaire et par ceux-ci donnent à l'accord de couleur son caractère spécifique. Prenons, à titre d'exemple, deux Gestalts de couleur, tous deux avec le degré de complexité II et avec la même ligne de démarcation (GT) entre les éléments de couleur afin que le caractère de forme soit le même. Dans l'un des gestalts, certains éléments de couleur ont le jaune d'attribut principal et les autres ont le bleu. Dans l'autre gestalt, certains des éléments ont la blancheur et le reste noir comme attribut principal. De toute évidence, ces deux Gestalts de couleur sont perçus comme étant typiquement différents et nous disons qu'ils appartiennent à deux catégories d'accords différentes. (**Hård & Sivik, 2001**)

Selon les constellations des attributs principaux, il existe 63 catégories principales, c'est-à-dire les mêmes que celles décrites dans la Figure 2.22, concernant les 6 classes de complexité. La catégorie d'accords peut être symbolisée dans l'hexagone couleur NCS ou par des lettres indiquant les attributs principaux, par exemple, [YB] [SW] [WG], etc. Sur la

figure 2.22, des exemples de certaines des catégories principales des accords de couleur, leur degré de complexité, et leur facteur de complexité (CF). **(Figure 2.22)**

Une catégorisation plus détaillée des accords de couleurs dans les catégories principale et secondaire peut être effectuée par rapport aux attributs secondaires du premier ordre [SA₁]. Ceci peut être représenté symboliquement en notant dans la matrice NCS des catégories des accords de couleur dans la Figure 2.22. Dans la matrice de la Figure 2.22, les carrés (□□□) montrent comment les catégories de couleur peuvent être indiquées. Les couleurs des teintes élémentaires, ou avec des nuances où les Attributs Secondaires sont égaux, ainsi que les couleurs qui manquent de l'AP dominant, peuvent bien sûr être marquées sur les lignes de la matrice d'Accords, comme indiqué par les cercles. **(Figure 2.22)**

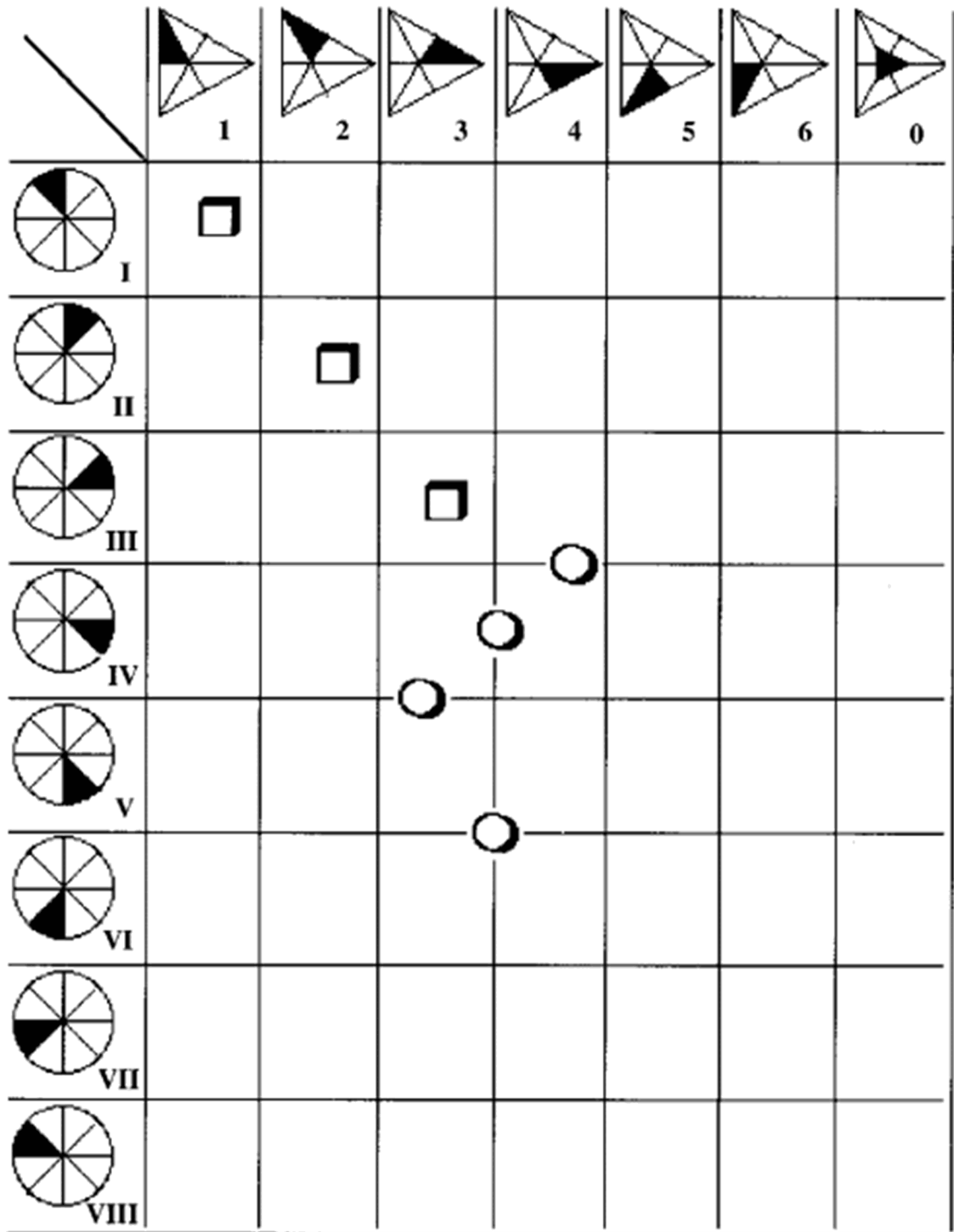


Figure 2.22: Catégorisation des accords de couleurs

Source : (Hård & Sivik, 2001)

7.2.4 Le type

Cette sous-dimension indique les relations entre les attributs de couleur principal et secondaire d'une Gestalt de couleur, quels que soient les attributs élémentaires. Un exemple est illustré sur la figure 2.23 dans les hexagones de couleur NCS. Dans les quatre hexagones, quatre constellations bicolores sont marquées: l'attribut de couleur principal de la couleur est l'attribut secondaire de l'autre couleur et vice versa. **(Figure 2.23)**

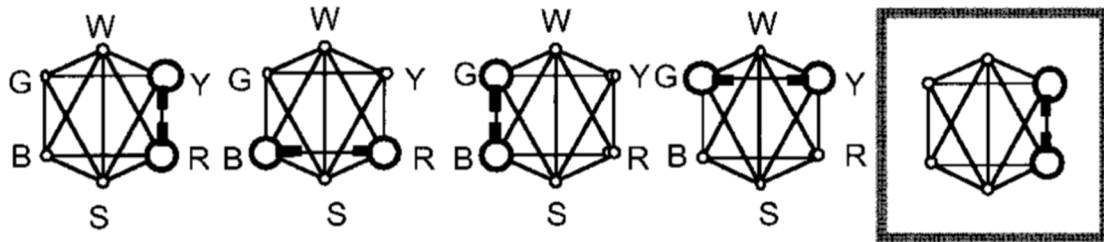


Figure 2.23: Catégorisation des accords de couleurs

Source : (Hård & Sivik, 2001)

Dans la figure 2.23, les quatre cas du même type d'accord sont représentés, avec deux attributs principaux chromatiques (AP) et deux attributs secondaires chromatiques (SA). Le Type est déterminé à partir du fait que l'AP de la couleur est AS dans l'autre couleur, et vice versa. Le symbole général de ce type est affiché dans l'hexagone à l'extrême droite, sans notation de lettre, indiquant seulement la relation mutuelle entre une paire voisine des quatre couleurs élémentaires chromatiques. Pour le cinquième cas qui est à droite à l'intérieur du carré et sans notation pour les couleurs élémentaires, est un symbole généralisé pour ce type d'accord. **(Figure 2.23)**

L'idée de faire des évaluations du « *type des accords de couleur* » provient en partie de la partition du cercle de couleurs de Tryggve Johansson. Dans la théorie des combinaisons de couleurs de Hård et Sivik, cependant, cette classification des accords est basée sur une partition de l'espace colorimétrique NCS dans les trois dimensions. Ce faisant, tous les accords de couleur caractéristiques peuvent être évalués par rapport à la teinte et à la nuance. Si, dans une constellation de couleurs, toutes les couleurs ont les mêmes attributs principal et secondaire concernant la teinte, par exemple, le Y et le R, respectivement, les couleurs appartiennent à une seule et même catégorie de teintes et Nous appelons une teinte-Monad. Un accord de teinte avec des couleurs provenant de deux catégories de teintes est appelé une

teinte teinte-Dyad et la suivante, -Tetrad, -Pentad, -Hexad, -Septad et -Octad. D'une manière correspondante, un accord de couleur contenant des couleurs provenant d'une seule catégorie de Nuance est appelé une Nuance Monad, de deux catégories à Nuance-Dyad, et ainsi de suite jusqu'à Nuance-Hexad. (Hård & Sivik, 2001)

7.5 Le réglage de couleur

Les Gestalts à deux couleurs, représentant toutes deux un même accord de couleur et ayant le même intervalle entre les éléments de couleur, sont perçues comme étant typiquement différentes, si la taille relative des éléments de couleur est différente. Cela est tellement évident qu'il semble étrange qu'il ait été si rarement mentionné par tous ceux qui ont essayé de formuler des lois d'harmonie des couleurs. Parce que dans chaque catégorie de couleur un grand nombre de couleurs sont quelque peu différentes, il est possible de créer un grand nombre de variantes d'un même accord de couleur. Mais même si la classification des accords est la même pour toutes ces variations, l'expérience globale peut être différente. Un autre facteur qui a un impact sur l'expérience totale d'une Gestalt de couleur est l'ordre entre les couleurs, dans l'espace et / ou dans le temps. Dans notre modèle combinatoire, ces phénomènes ont été référés à la sous-dimension qu'on a nommé « *régla*ge de couleur ». Hard et Sivik se abstenus d'utiliser le terme d'harmonie, que ils auraient aimé utiliser dans sa signification d'équilibre, d'ordre et de congruité. (Hård & Sivik, 2001)

7.5.1 Corrél

Ce facteur fait référence aux relations entre les tailles de zone que les différents éléments de couleur perçus ont dans une Gestalt de couleur. Des exemples sont donnés sur la figure 2.24. Ces relations peuvent être données en nombres représentant la proportion relative de chaque couleur de la couleur Gestalt totale perçue. La zone relative d'une Gestalt de couleur peut être considérée comme une expression de l'importance qu'elle a pour le caractère de couleur de la gestalt. Plus la zone est grande, plus le caractère de couleur spécifique de cet élément de couleur domine la Gestalt de couleur totale. (Figure 2.24)

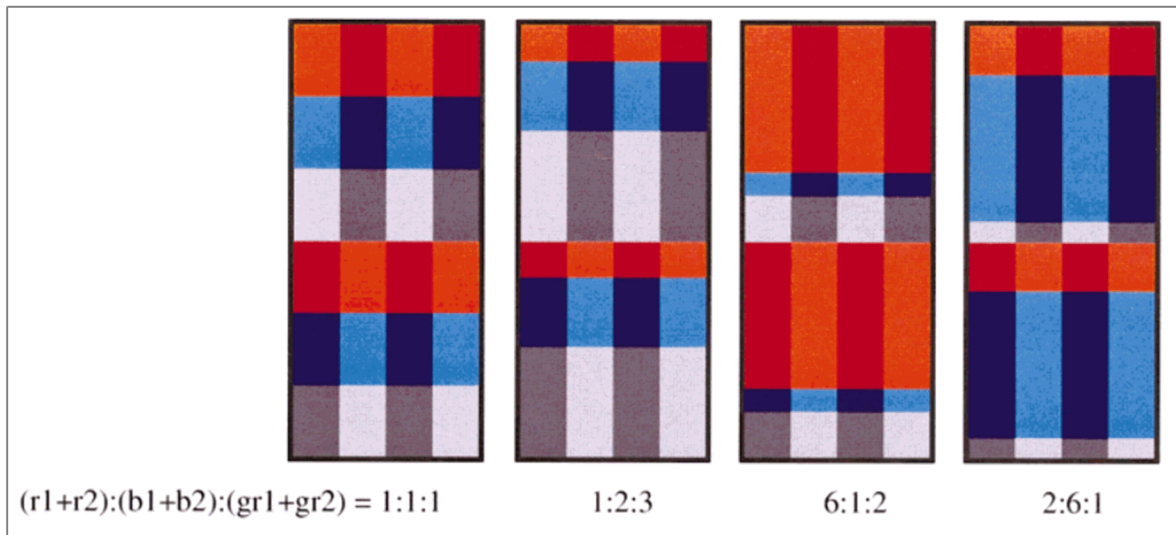


Figure 2.24: Gestalts de couleur avec le même accord de couleur et avec des intervalles de couleur identiques, mais avec différentes corrélations de zone entre les couleurs. Les notations pour les couleurs de la figure: r1 = S 1070 Y90R ; r2 = S 4050-R10B; b1 = S 1030-B10G; b2 = S 6030-R90B; gr1 = S 2005-Y20R; gr2 = S 7005-R20B.

Source : (Hård & Sivik, 2001)

9. Estimation colorimétrique NCS

Dans sa structure théorique telle que décrite par Hardin & Maffi, le NCS est également une méthode d'évaluation des couleurs. La découverte simple de Hering était que n'importe quelle couleur peut être décrite en termes des six couleurs élémentaires comme l'ont fait les gens depuis des lustres, si nous acceptons le schéma de Berlin et Kay (1969) pour le développement des termes de couleur de base. Ce sont les six termes qui semblent apparaître en premier dans le développement, et il est également évident que les soi-disant couleurs secondaires peuvent être décrites en termes de contenu visuel des six autres. Ce fut l'observation phénoménologique qui a formé la base de la théorie des couleurs adverses de Hering. (Hardin & Maffi, 1997)

Lors de l'estimation des couleurs par le système NCS, on suit simplement une description de couleur spontanée en demandant à la personne d'estimer combien, relativement, il y a, par exemple, de jaune, rougeur, blancheur et noirceur dans une couleur orange. Un moyen facile de le faire est d'utiliser les symboles graphiques NCS, le triangle

NCS et le cercle NCS. La première étape consiste à choisir la teinte. Gardons la couleur orange: marquer la teinte sur l'arc entre Y et R. Si la couleur est également rougeâtre et jaunâtre, le marquage vient au milieu, s'il est plus jaunâtre, il se rapproche du point de référence jaune. **(Figure 2.25)**

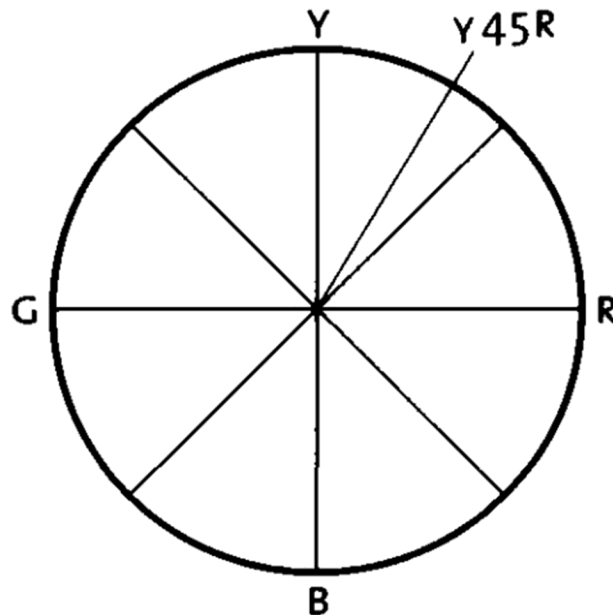


Figure 2.25: Exemple d'une estimation de teinte

Source : (Hardin & Maffi, 1997)

Une fois la teinte déterminée, on passe au triangle de couleur NCS, qui représente la teinte particulière que nous avons évaluée. Il est pratique de commencer par l'intensité chromatique, qui dans le triangle est représentée par la distance de l'axe gris vers, et proportionnelle à, la couleur maximale C. Si on marque l'intensité chromatique avec une ligne verticale, il est possible d'évaluer sur cette ligne les ressemblances relatives au blanc et au noir. **(Figure 2.26)**

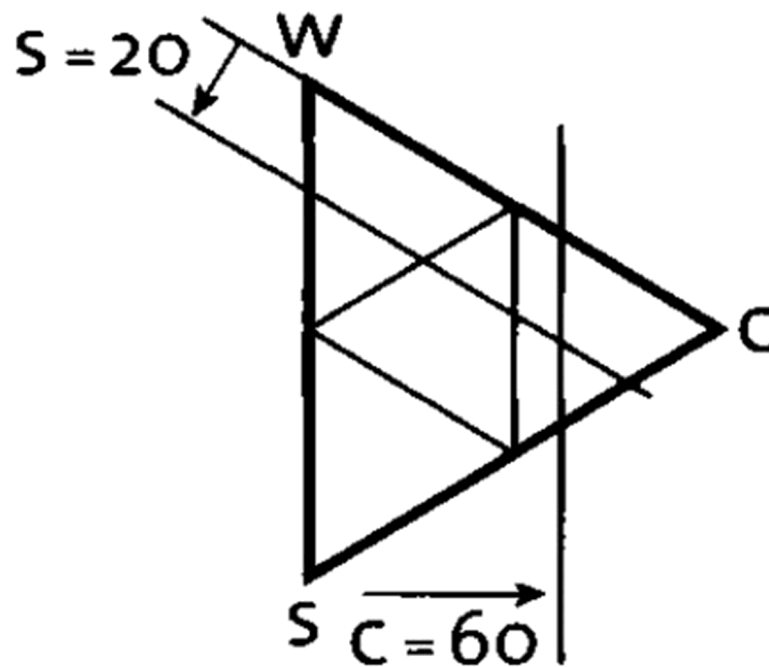


Figure 2.26: Exemple d'une estimation de l'intensité chromatique et de la teneur en blanc

Source : (Hardin & Maffi, 1997)

10. Le principe de notation NCS

Le système de notation de couleur NCS consiste en une combinaison de chiffres-lettres indiquant la teneur en noir, l'intensité chromatique et la teinte, dans cet ordre. Si nous revenons à la description de comment estimer la nuance d'une couleur, c'est-à-dire sa teneur en blanc relative (w), teneur en noir (s) et intensité chromatique, au moyen du triangle de couleur, alors nous trouvons qu'un tel système de coordonnées triangulaire est surdéterminé. Il est suffisant avec deux des variables w , s et c , et pour la définition d'une couleur dans le triangle de teneur en noir (s) et de l'intensité chromatique (c) ont été choisis. La teneur en blanc peut alors être déduite de $s + c + w = 100$, ce qui signifie que $w = 100 - (s + c)$. (Hardin & Maffi, 1997)

La construction de la notation de teinte (ϕ) a été décrite en relation avec la description de la façon d'estimer la teinte. R60B, par exemple, est un violet dont le contenu visuel est de

60% de bleu et de 40% de rougeur. Le symbole total est donc [(s), (c), (ϕ)] avec deux chiffres. Les couleurs élémentaires ne sont indiquées que par les lettres Y, R, B, G, W et S. Le blanc (W) aurait tout aussi bien pu être écrit 00 00, c'est-à-dire pas de teneur en noir. Les couleurs grises intermédiaires sont notées 10 00, 20 00, 30 00, etc. Quand l'intensité chromatique est égale à 00, les couleurs en question sont achromatiques. **(Hardin & Maffi, 1997)**

Le système de couleur théorique et la méthode d'estimation des couleurs qui a été décrite ont également été illustrés dans un atlas des couleurs (*Swedish Standards Institution 1989*). Il a été construit selon le modèle avec 40 pages du cercle de la teinte. Les échantillons d'atlas ont été déterminés dans des expériences qui étaient presque identiques à la méthode d'évaluation des couleurs NCS: un grand nombre d'échantillons de couleurs sur toute la gamme de teintes, de l'intensité chromatique, de teneur en blanc et de teneur en noir pouvant être produites ont été jugés un par un, par des observateurs. A partir des données, les moyennes variables pour chaque échantillon ont été calculées et celles-ci étaient liées aux attributs spectrophotométriques mesurés des échantillons. Finalement, de nouveaux échantillons ont été produits pour les positions aux intersections du système de coordonnées des triangles NCS. **(Hardin & Maffi, 1997)**

11. Conclusion

Le système colorimétrique NCS est un des systèmes les plus utilisés et les plus efficaces dans les domaines académiques et professionnels dans le monde grâce à ses caractéristiques et ses qualités innovantes, Ce qui a fait un objet d'étude dans le cadre de cette thèse. En conséquence, dans le chapitre pratique, nous utilisons toutes les notions et les caractéristiques du NCS dans le cadre de la partie pratique de notre cas d'étude.

Références bibliographiques

- Beretta, G., & Nonaka, Y. (2000). House painting with NCS in the USA. *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi LV (1)*, 93-118.
- Frägestitutet (Ed.). (2007). *NCS Digital Atlas 1950*. Sweden: Scandiaviska Frägestitutet AB.
- Fridell Anter, K. (2000). *What colour is the red house? Perceived colour of painted facades*: Stockholm: Architecture, Royal Institute of Technology.
- Hård, A. (1970). Qualitative Attributes of Colour Perception: Color 69.
- Hard, A., & Sivik, L. (1979). Outlines of a theory of colors in combination. *Man-Environment-Systems*, 9, 217-228.
- Hard, A., & Sivik, L. (1989). On studying color combinations—some reflections and preliminary results. *Göteborg Psychological Reports*, 19(2).
- Hård, A., & Sivik, L. (1981). NCS—Natural Color System: A Swedish Standard for Color Notation. *Color Research & Application*, 6(3), 129-138. doi: 10.1002/col.5080060303
- Hård, A., & Sivik, L. (1986). Distinctness of border: An alternative concept for a uniform color space. *Color Research & Application*, 11(2), 169-175. doi: 10.1002/col.5080110215
- Hård, A., & Sivik, L. (2001). A theory of colors in combination—A descriptive model related to the NCS color-order system. *Color Research & Application*, 26(1), 4-28. doi: 10.1002/1520-6378(200102)26:1<4::AID-COL3>3.0.CO;2-T
- Hård, A., Sivik, L., & Tonnquist, G. (1996a). NCS, natural color system—From concept to research and applications. Part I. *Color Research & Application*, 21(3), 180-205. doi: 10.1002/(SICI)1520-6378(199606)21:3<180::AID-COL2>3.0.CO;2-O
- Hård, A., Sivik, L., & Tonnquist, G. (1996b). NCS, natural color system—From concept to research and applications. Part II. *Color Research & Application*, 21(3), 206-220. doi: 10.1002/(SICI)1520-6378(199606)21:3<206::AID-COL3>3.0.CO;2-W
- Hardin, C. L., & Maffi, L. (1997). *Color Categories in Thought and Language*: Cambridge University Press.
- Hering, E. (1878). *Zur lehre vom lichtsinn: Sechs mitheilungen an die Kaiserl : Akademie der wissenschaften im Wien*: C. Gerold's Sohn.
- Hering, E. (1964). *Outlines of a theory of the light sense*: Harvard University Press.
- Hesselgren, S. (1952). *Hesselgrens Färgatlas kortfattad färglära*: T. Palmer AB, Stockholm.
- Johansson, T. (1936). *Färgkomposition (Color composition)*. Unpublished work.
- Johansson, T. (1937). *Färg*: Lindfors Bokförlag, AB.

Chapitre III

Etude de cas :
la vallée du M'zab

1. Introduction

Le troisième chapitre est consacré à l'étude de cas et à l'application l'ensemble des connaissances relatives à la problématique évoquée. Le cas d'étude choisi est celui de la vallée du M'zab, une région patrimoine classé par l'UNESCO en tant que patrimoine mondial de l'humanité.

2. Présentation du cas d'étude

La vallée du M'Zab est située en Algérie, dans la wilaya de Ghardaïa à 600 Km au sud de la capitale Alger, sur une altitude moyenne de 450 m par rapport au niveau de la mer. C'est est un plateau rocheux de la Hamada dont l'altitude varie entre 300 et 800 mètres. Cette région se classe parmi les régions les plus chaudes de cette frange septentrionale à cause de son climat saharien particulier. (Adad & Mazouz, 2013; Bekkouche et al., 2013)



Figure 3.1: Situation de la vallée du M'zab

Source : Auteur de la thèse

3. Méthode

La méthode développée vise à évaluer *l'intégration chromatique* du paysage architectural des *Ksour* dans le paysage naturel. Dans ce travail, le terme *intégration chromatique* désigne le degré de ressemblance chromatique et d'adaptation entre le bâti et l'environnement. J'ai développé ce concept sur la base des études scientifique établie par Juan Serra, qui pense que la couleur interfère avec la perception des propriétés visuelles dans de nombreux facteurs comme la géométrie, les dimensions, le poids visuel et la texture. Dans

une relation entre l'élément et l'entourage, différentes composantes élémentaires de la forme peuvent être perçues comme une unité par la couleur (intégration) ou inversement, exprimer ou renforcer leur autonomie (désintégration). **(Juan Serra, 2013)**

D'autre part, je me suis basé sur l'approche de Jean-Philippe Lenclos, fondée sur le concept de la géographie de la couleur, qui sert à découvrir un témoin entre paysage, mode de vie et couleur traditionnelle de l'habitat. **(Lenclos & Lenclos, 1982, 1995, 1999)** Cette approche est constituée des étapes suivantes : prises de photographie, dessin des croquis, prélèvement des échantillons sur la base d'un nuancier, analyse personnelles des échantillons chromatiques, utilisation d'échantillons de matières, classification selon le système TSL (teinte, saturation, et luminance), et finalement conclure l'ensemble des résultats par ce qu'il appelle «*géographie de la couleur*». **(Azzouz, 2013; Lenclos & Lenclos, 1999)** Lenclos a présenté dans son livre «*Couleurs du monde* » une étude chromatique sur la chromatique le caractère de la vallée de M'zab. Toutefois, son étude n'est pas basée sur une Ceci était le point de départ de notre recherche et de notre méthodologie.

La méthode développée est constituée des étapes suivantes:

1. Percevoir la région du M'Zab dans tous ses aspects : historique, géographique et architectural, climatique... etc.
2. Effectuer une collecte des données de l'ensemble des éléments chromatiques du paysage naturel du M'zab en créant une palette que je vais l'intituler *Palette Naturelle* (PN).
3. Échantillonnage des couleurs dominantes et représentatives dans les établissements humains dans les cinq Ksour. Notre échantillonnage concerne uniquement l'aspect chromatique externe des constructions. La palette créée est dénommée *Palette des Etablissements Humains* (PEH).
4. Prélèvement des échantillons des matériaux de construction et les analyser au laboratoire pour déterminer leurs compositions et leurs caractéristiques chromatiques.
5. Enregistrement et catégorisation des différents couleurs sous le Système NCS, en effectuant une synthèse différents constats chromatiques.
6. Faire une synthèse des résultats de l'analyse, qui constituent des constats historiques et géographiques de l'état chromatique du patrimoine architecturale mozabite.

3.1 Système de couleur

J'ai utilisé le Système Natural des Couleurs (NCS), qui est le modèle de couleur perceptuelle établi par l'institut Scandinave de la Couleur (*Skandinaviska Färginstitutet AB*) de Stockholm, en Suède. Il est basé sur les six perceptions élémentaires de la couleur de la vision humaine telles que décrites par la théorie des couleurs opposées d'Ewald Hering de 1878. **(Biggam, 2011)** En 1972, Hård, Sivik et Tonnquist ont développé le système NCS adoptée comme un système national suédoise en 1979. **(Nemcsics & Caivano, 2014)** Ils ont confirmé que : *avec la forme finale du système NCS, nous avons la possibilité identifier les similitudes caractéristiques et les corrélations entre les couleurs.* **(Hård & Sivik, 2001)**

Selon le chercheur argentin Pr. José Louis Caivano, le NCS est le système des couleurs le plus utilisé dans l'architecture et le design. **(Caivano, 2006)** En outre, il a été utilisé par des spécialistes dans beaucoup d'études dans le monde *grâce à ses propriétés et de ses qualités, qui constituent un moyen efficace pour tous ceux qui ont une vision de couleur normale pour effectuer des évaluations de couleur sans utiliser d'instruments de mesure de couleur ou d'échantillons chromatiques pour comparer les couleurs.* **(Agoston, 1987)**

3.2 Références scientifiques

Pour bien valider la méthode de cette thèse, j'ai effectué un stage scientifique au Département de l'expression graphique architecturale (en Espagnole : *Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica*) à l'Université Polytechnique de Valence (UPV) en Espagne. Durant ce stage j'ai étudié le projet interdisciplinaire de « *la récupération des espaces urbains du centre historique de Valence* » concernant l'intervention dans l'architecture patrimoniale. Il est réalisé, entre 1995 et 2013, par le groupe de recherche en couleurs dirigée par Pr. Ángela García Codoñer à l'institut de Restauration du Patrimoine (en espagnole : *Instituto de Restauración del Patrimonio*) de l'Université Polytechnique de Valence. Ce projet a fait l'objet de plusieurs publications, **(Garcia-Codoñer, Verdú, Barchino, Guillén, & Lluch, 2009; Llopis, Torres, Serra, & García, 2015)** il met l'accent sur l'intégration chromatique et le lien entre le paysage naturel et le paysage urbain. Llopis *et al.* Pensent que « *Cette solution est habituelle dans les traditions matérielles de toutes les cultures de l'arc méditerranéen, se caractérise par une grande adaptabilité à l'environnement, et ce qui nous intéresse le plus ici, par le lien étroit avec le territoire*

proposant une technologie de traitement des couleurs basée sur l'utilisation de les oxydes comme mécanisme d'encrage naturel pour les mortiers. Le mortier de chaux coloré utilisait des pigments naturels, des sols et des oxydes, extraits de l'arrière-pays près de la ville, créant ainsi un lien entre les images de la ville et le territoire »¹. (Llopis et al., 2015) Cette relation entre paysage naturel et urbain a été démontrée dans ce projet à travers le patrimoine architectural méditerranéen de la ville de Valence

L'étude du caractère chromatique local d'un environnement a reçu beaucoup d'attention de la part de l'architecte paysagiste Dr. Simon Bell, qui a déclaré que : « *dans certains endroits, le type de roche et les sols dérivés sont particulièrement importants pour la palette de couleurs globale d'une zone. [...] L'harmonisation des bâtiments dans le paysage, en particulier les plus grands, peut être abordée de plusieurs façons. Pour ceux dont la taille est plus conforme aux bâtiments locaux, le choix judicieux des matériaux ou de la couleur appliquée peut être effectué en échantillonnant les matériaux locaux et en préparant une palette de couleurs afin que le nouveau s'adapte à l'ancien* »(Bell, 2004) Il a toujours insisté sur l'importance de l'adaptation chromatique et son rapport avec les paysage naturel. Ses théories ont beaucoup contribué dans l'élaboration de notre étude.

Je me suis basé aussi sur une étude similaire sur le caractère chromatique du paysage *Ksourian*, qui a été établie dans le Sahara tunisien, à 700 km à l'est de la vallée de M'zab. Karima Azzouz a présenté dans sa thèse intitulée : « *esthétique et poïétique de la coloration dans l'architecture traditionnelle et contemporaine dans les villes du sud tunisien* » une étude scientifique sur l'intérêt de la couleur dans le paysage naturel et architectural. Elle a mentionné que « *La couleur de l'architecture des villages berbères perchés de Matmata, de Toujane et de Chenini Tataouin montre une adaptation à l'environnement naturel par son homogénéité et son uniformité avec le relief naturel.[...] Palette de polychromie de l'architecture vernaculaire des villages berbères perchés des montagnes El dhaher est proche de la palette de l'environnement naturel. La couleur de la pierre est assimilée, acceptée. La couleur appartient au milieu et participe à ce milieu. La couleur se manifeste et surgit dans et du matériau. Ces teintes naturelles, discrètes permettent au bâti de s'inscrire*

¹ Dans cet article publié dans la revue française « Journal of Cultural Heritage », Llopis et al. utilisent le terme territoire (en anglais: territory) pour se référer à la notion de « paysage naturel ».

parfaitement dans le paysage sans créer de dissonance par des contrastes trop francs entre l'environnement naturel et les constructions architecturales».(Azzouz, 2013)

Ces exemples sont des paysages vernaculaires pertinents pour l'étude de la couleur dans les sites patrimoniaux. Ils ont servi comme références pertinentes pour la méthode scientifique développée.

3.3 Caractérisation chromatique

La caractérisation chromatique de la région du Paysage Ksourien Mozabite nécessite le prélèvement *in situ* toutes les couleurs essentielles qui caractérisent le Ksour en question, en utilisant les outils NCS (colorimètre NCS, NCS Album et NCS Glossy Index), afin de les envoyer au laboratoire pour analyser et comprendre leur composition et leurs caractéristiques.

Notre approche de perception chromatique utilisée dans cette étude est basée sur les théories des chercheuses suédoises : Karin Fridell Anter, Monica Billger et Maud Hårleman, qui ont étudié la perception des couleurs dans un contexte architectural à travers plusieurs recherches scientifiques.(Billger, 1999; Fridell Anter & Billger, 2010; Hårleman, 2007) Dans notre caractérisation chromatique, nous visons à déterminer *la couleur inhérente* du paysage naturel et urbain en tant qu'une qualité chromatique constante de l'objet, qui ne dépend pas des conditions extérieures. Elle exprime également la capacité intrinsèque de l'objet à donner lieu à une certaine perception de la couleur selon les conditions de visualisation normalisées.²

La caractérisation chromatique est constituée de deux phases majeures : l'analyse du paysage naturel et l'analyse du paysage urbain.

L'étude du paysage naturel de la région sert à ressortir les couleurs naturelles de la terre qui constitue l'élément de coloration essentiel du patrimoine et la source des tons des matériaux locaux et les matériaux ancestraux. Ces couleurs ont toujours été considérées comme une source d'inspiration, un repère culturel et même l'essence du patrimoine.(Servantie, 2007) Cette analyse exige une localisation chromatique précisant la zone géographique dans laquelle les techniques constructives se déploient. Elle permettra

² Plus d'informations pour comprendre les théories de *la couleur inhérente* et *la couleur perçue* sont disponibles dans : www.dx.doi.org/10.1002/col.20565

aussi de saisir les propriétés chromatiques, ainsi que les particularités environnementales paysagères, urbaines et architecturales de la région du M'zab.

J'ai effectué un échantillonnage de couleurs représentatives à partir de plusieurs séquences des paysages naturels des cinq Ksour. Tous les échantillons collectés ont été analysés en laboratoire et catalogués selon le système NCS afin de constituer une palette représentative du paysage naturel du M'zab.

D'autre part, nous avons établi l'analyse du paysage urbain pour étudier le caractère chromatique externe des établissements humains dans les cinq Ksour de M'zab. Dans notre analyse, nous avons échantillonné plusieurs matériaux contenus dans la composition des façades extérieures. Tous ces échantillons ont été analysés dans le laboratoire et catalogués en utilisant le système NCS pour créer une palette que j'ai intitulé : Palette des d'Etablissements Humains (PEH). Étant donné que la zone d'intervention est trop vague, nous avons bien affiné notre sélection en effectuant des échantillons représentatifs des établissements Mozabites en choisissant des exemples en fonction de leurs caractéristiques historiques et chromatiques, de leurs matériaux de construction et de leurs fonctions (habitat, mosquée, mausolée...etc.).

En ce qui concerne les matériaux de construction, nous avons trouvé dans nos échantillons plusieurs variétés de matériaux de construction, à savoir: la pierre, la chaux, le *Timchemt*³ et l'adobe. Ce sont des matériaux locaux utilisés pour leurs propriétés d'isolation et leur adaptation au climat chaud local du Sahara.

Dans certaines façades où la caractérisation était difficile, nous avons utilisé des caméras numériques (dans des conditions de prise de vue standardisées) sur la base du protocole développé par les chercheuses belges Nguyen et Teller en tant que protocole relatif à la caractérisation chromatique en utilisant des outils digitales exactes. **(Nguyen & Teller, 2013, 2016)**

Les surfaces de paysage urbain et naturel Mozabites sont très vague, la caractérisation chromatique doit suivre une méthode rigoureuse pour créer des palettes représentatives des

³ Le Timchemt est un plâtre local extrait d'une couche de surface ou de champs d'une profondeur maximale d'un mètre. Il a une couleur jaunâtre ou rougeâtre dans sa carrière naturelle, et il devient blanc après l'avoir brûlé au four.

échantillons collectés. L'échantillonnage des deux paysages mozabites a été effectué par séquence. Chaque séquence contient un fragment urbain quelconque.

L'échantillonnage du paysage Ksourien Mozabite contient 866 couleurs du paysage naturel et 1142 couleurs du paysage urbain. Le 1^{er} facteur utilisé pour déterminer les couleurs représentatives c'est la teinte (ϕ), qui est considérée comme l'attribut majeur des systèmes colorimétriques au monde. J'ai représenté dans le tableau 3.1 les pourcentages typiques des classifications de l'échantillonnage selon la teinte NCS (ϕ). (Tableau 3.1)

Teinte	Paysage naturel		Paysage urbain	
	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre
Y	/	/	7.96%	91
Y10R	9.81%	85	5.95%	68
Y20R	8.89%	77	12.95%	148
Y30R	24.25%	210	7.18%	82
Y40R	8.31%	72	5.51%	63
Y50R	7.85%	68	14.09	161
Y60R	7.62%	66	/	/
Y70R	15,93%	138	13.74%	157
Y80R	10.16%	88	12.08%	138
Y90R	6.81%	59	6.30%	72
R	/	/	4.29%	49
B	/	/	4.55%	52
B40G	/	/	5.34%	61
Total	100%	866	100%	1142

Tableau 3.1: échantillonnage des teintes à partir du paysage naturel et du paysage urbain
Source : auteur de la thèse

Pour sélectionner les couleurs représentatives à partir des 13 teintes présentées dans le tableau 3.1, nous avons utilisé comme outils de référence le triangle colorimétrique NCS.

Hard et Sivik ont classé le triangle NCS en 7 zones différentes. Chaque zone contient des caractéristiques spécifiques selon les trois attributs : teneur en noir, teneur en blanc et intensité chromatique. (Figure 3.2)

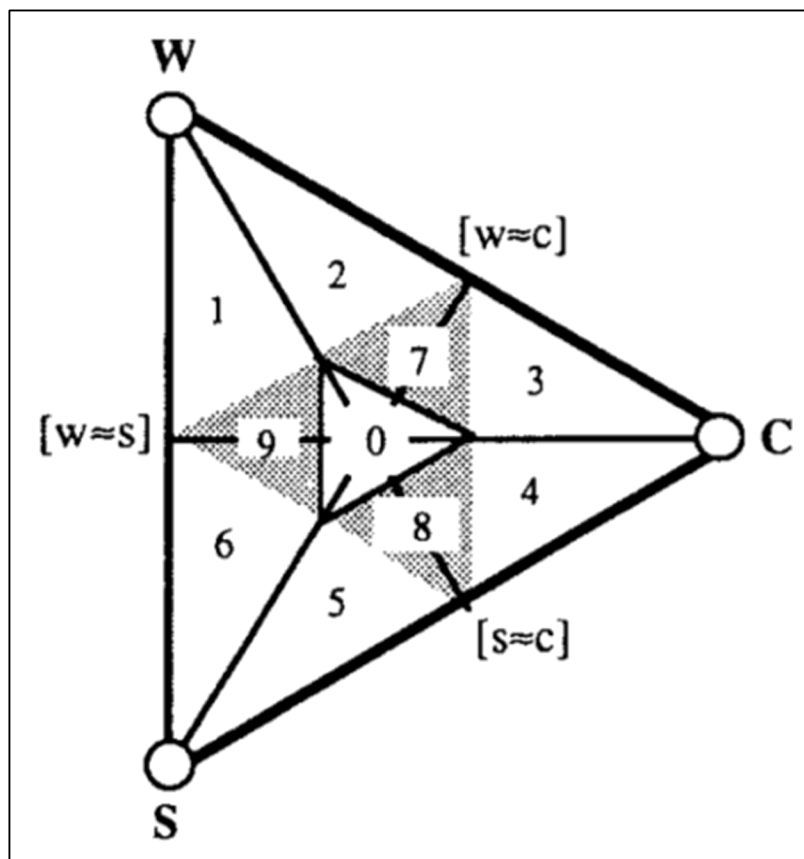


Figure 3.2: classification du triangle NCS en 9 différentes régions

Source : (Hård & Sivik, 2001)

Dans la figure 3.2, Hard et Sivik décrivent les caractéristiques des attributs s, w, c dans les sept zones du triangle colorimétrique NCS. Ils sont expliqués que : « *les catégories de nuances correspondent, dans le Triangle NCS, aux zones qui apparaissent lorsque le triangle est divisé par des lignes entre les coins et le milieu du côté opposé. (...) La division en ces catégories s'est avérée utile pour le développement d'une nouvelle théorie des combinaisons de couleurs.* » (Hård, Sivik, & Tonnquist, 1996b)

La division du triangle NCS a fait 7 zones différentes, présentant des caractéristiques déterminantes pour chaque région de 1 à 6 présentée dans la figure 3.3. Pour les zones 7, 8, 9 et 0, elles « *représentent des cas limites, pour lesquels il existe une incertitude sur lequel de*

deux attributs est le dominant. La division crée également la zone notée 0, contenant des couleurs dans lesquelles on ne peut pas clairement percevoir si c'est la blancheur, la chromaticité ou la noirceur qui domine. » (Hård et al., 1996b)

Nuance area	Attribute characteristic	Verbal description
1	$w \gg s > c$	Toned light grey
2	$w \gg c > s$	Light clear
3	$c \gg w > s$	Brilliant (chromatic clear)
4	$c \gg s > w$	Deep chromatic (chromatic deep)
5	$s \gg c > w$	Dark deep
6	$s \gg w > c$	Toned dark grey
7	$s \approx c \gg w$	[Clear]
8	$s \approx c \gg w$	[Deep]
9	$w \approx s \gg c$	[Toned grey]

Figure 3.3: classification du triangle NCS en 9 différentes régions

Source : (Hård & Sivik, 2001)

4. Résultats et discussion

4.1 Les palettes chromatiques PN et PEH

La palette de couleurs de l'analyse environnementale (PN) se compose de douze (12) couleurs représentatives l'état chromatique du paysage naturel de M'zab. La constatation que nous pouvons avoir de cette palette est qu'elle reflète des tons chauds qui sont naturels et issues de la terre. (Figure 3.4)

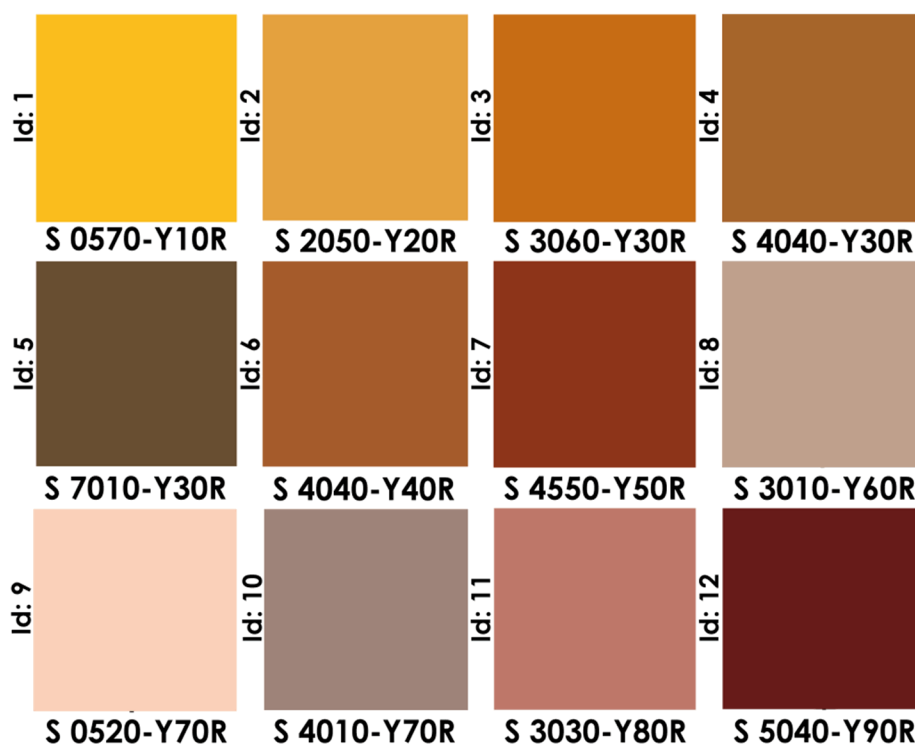


Figure 3.4: La pellette naturelle (PN)

Source : auteur de la thèse

En conséquence, nous avons assemblé seize (16) couleurs pour la palette des établissements humains (PEH), qui sont représentatives de l'aspect chromatique des 5 Ksour Mozabites. Il a été constaté que ces 16 couleurs, composées entre le jaune et le rouge, sont majoritairement des couleurs naturelles issues de la terre, et partagent beaucoup de similitudes visuelles avec la pellette naturelle (PN). (Figure 3.5)

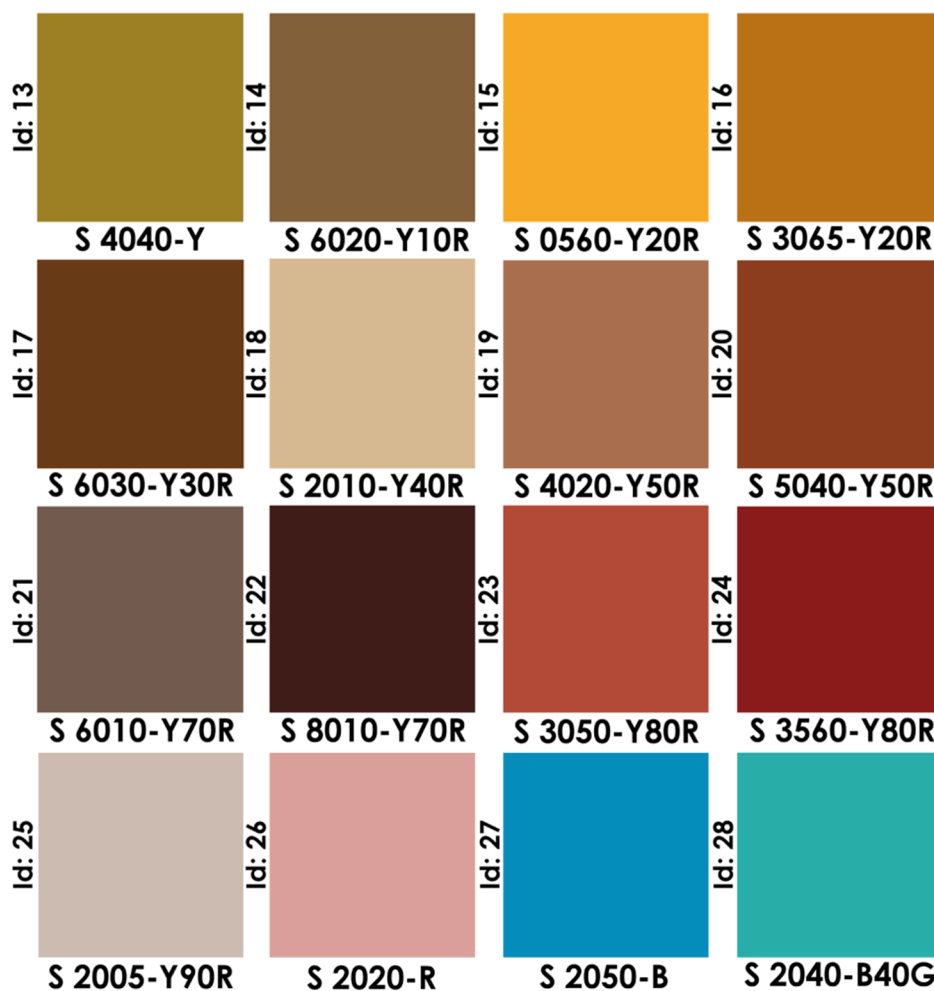


Figure 3.5: La palette des établissements humains (PEH)

Source : auteur de la thèse

En utilisant la modélisation tridimensionnelle, j'ai créé un espace tridimensionnel (3D) de l'espace NCS, et j'ai représenté les 28 couleurs des deux palettes. Ce modèle indispensable, sert faciliter la maîtrise des différents attributs de l'espace de couleur NCS et de les percevoir depuis n'importe quelle perspective spatiale. (Figure 3.6)

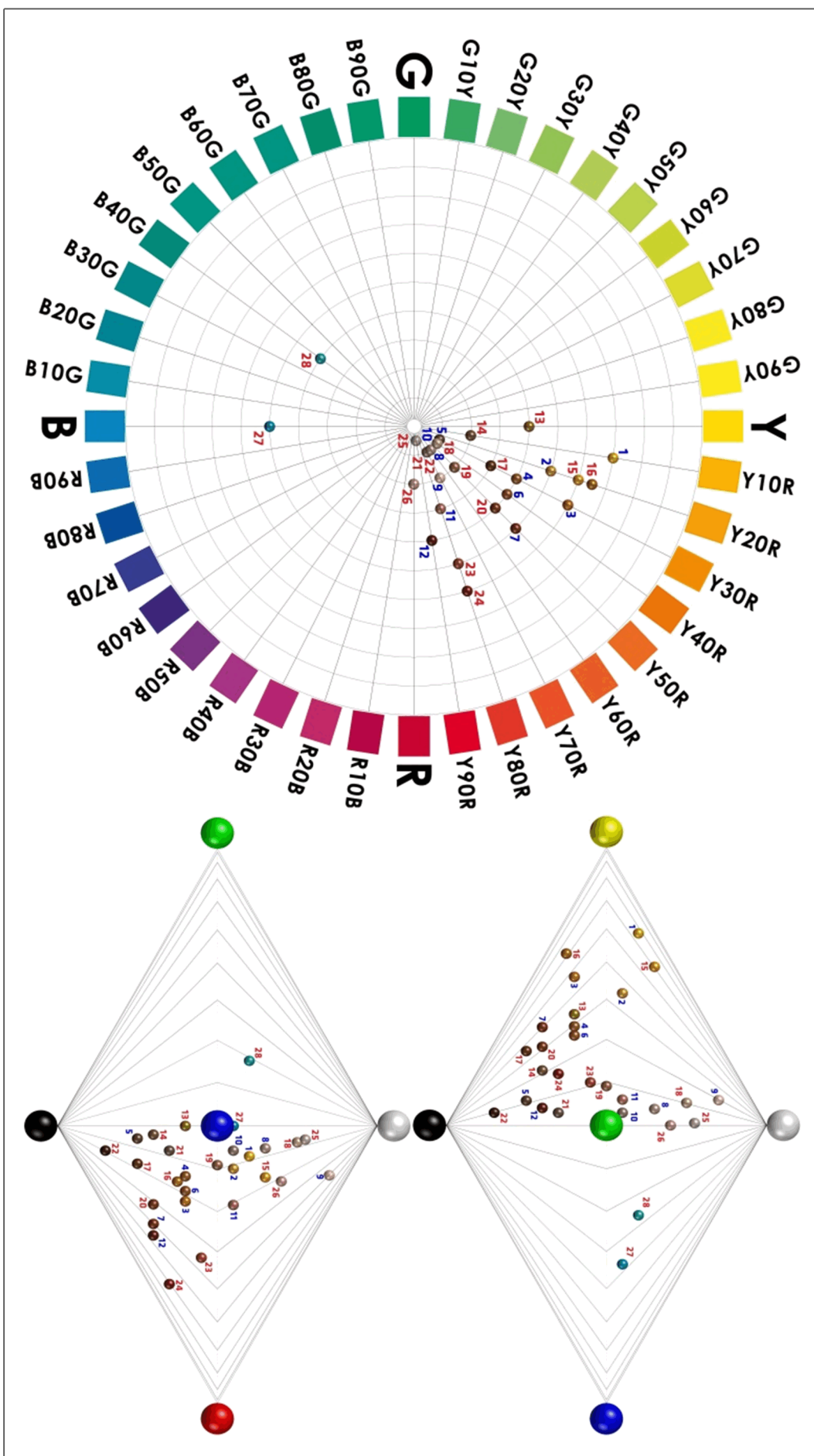


Figure 3.6: Les pelletes PN et PEH dans le modèle tridimensionnel (3D) de l'espace NCS / Source : Auteur de la thèse

Si on analyse le cercle chromatique NCS (qui est la vue en plan de l'espace NCS), on trouve qu'il y a 26 couleurs des deux palettes PN et PEH se situent dans les teintes entre le Y et le R, composées du jaune et/ou le rouge. Le nombre élevé de quatre couleurs se trouve dans les teintes Y30 et Y70, puis 3 couleurs en Y20, Y50, Y80, 2 dans Y10, Y40, Y90 et une seule couleur dans les teintes restantes (Y, Y60 et R).

On constate que les 26 couleurs des deux palettes sont des couleurs totalement chaudes. Le fameux architecte Le Corbusier a considéré cette catégorie de couleurs, extraite de la terre, trop chromatique et « non architecturale », et très populaire dans les peintures de la seconde moitié du XIXe siècle. Ces couleurs ont également accompagné l'architecture depuis son début, connues sous le nom de couleurs «éternelles» et différent des pigments synthétisés chimiquement. **(de Heer, 2009; J. Serra, Llopis, Torres, & Gimenez, 2016)**

Il est évident de constater que les deux couleurs [27] et [28] sont des couleurs froides, composée du bleu et/ou du vert. Elles créent un aspect hétérogène avec toutes les restes des couleurs chaudes de la palette PEH. On expliquera ci-dessous dans ce chapitre l'origine et de la nature de ces couleurs dans le paysage urbain Mozabite.

Malgré les deux palettes Mozabites se caractérisent par leur polyvalence, nous pouvons percevoir beaucoup de similitudes visuelles entre les deux. Par conséquent, une approche scientifique est réalisée pour comprendre les particularités physiques et physiologiques de ces similitudes dans le système NCS. L'objectif est d'analyser et d'étudier tous les détails des attributs dans les deux palettes chromatiques, afin de détecter et d'identifier les similitudes et les relations entre eux. Cela nécessitera l'utilisation de méthodes et de théories avancées dans le système suédois NCS.

4.2 Le modèle combinatoire de Hård et Sivik

Les scientifiques Hård et Sivik ont défini leur modèle combinatoire de couleurs, des trois sous-facteurs dans la dimension de *Color Tuning*, à savoir : *area relation*, *color relation* et *Order Rhythm*. (Figure 3.7)

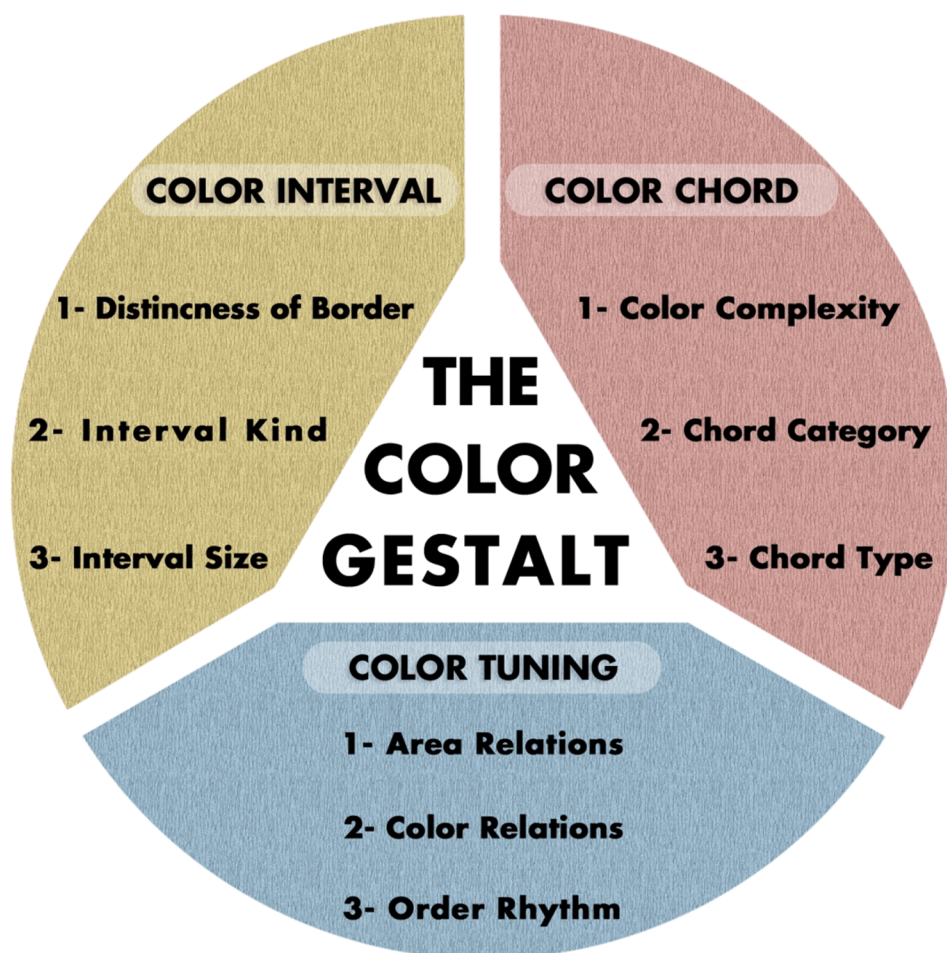


Figure 3.7: Le modèle combinatoire de couleurs de Hård et Sivik

Source : (Hård & Sivik, 2001)

Dans cette étude, je vais travailler sur la théorie de « *color relations* » qui sert à effectuer des études comparatives des couleurs à travers les attribues NCS.

Hård et Sivik l'ont décrit comme suit : « *Encore une fois, il faut souligner que nous nous référons à des similitudes ou des dissimilitude qui peuvent être perçues uniquement par le sens humain de la couleur et qui ne nécessitent aucune connaissance des causes physiques ou physiologiques de la perception Toutes les similitudes te les dissimilitudes possibles peuvent être identifiées et illustrées par des symboles dans les modèles géométriques NCS, l'espace colorimétrique NCS, le cercle NCS et le triangle NCS* ». (Hård & Sivik, 2001) Ils ont défini les possibilités d'identification de toutes les similitudes possibles dans le cercle NCS et le triangle NCS comme on le montre dans la figure 3.8.

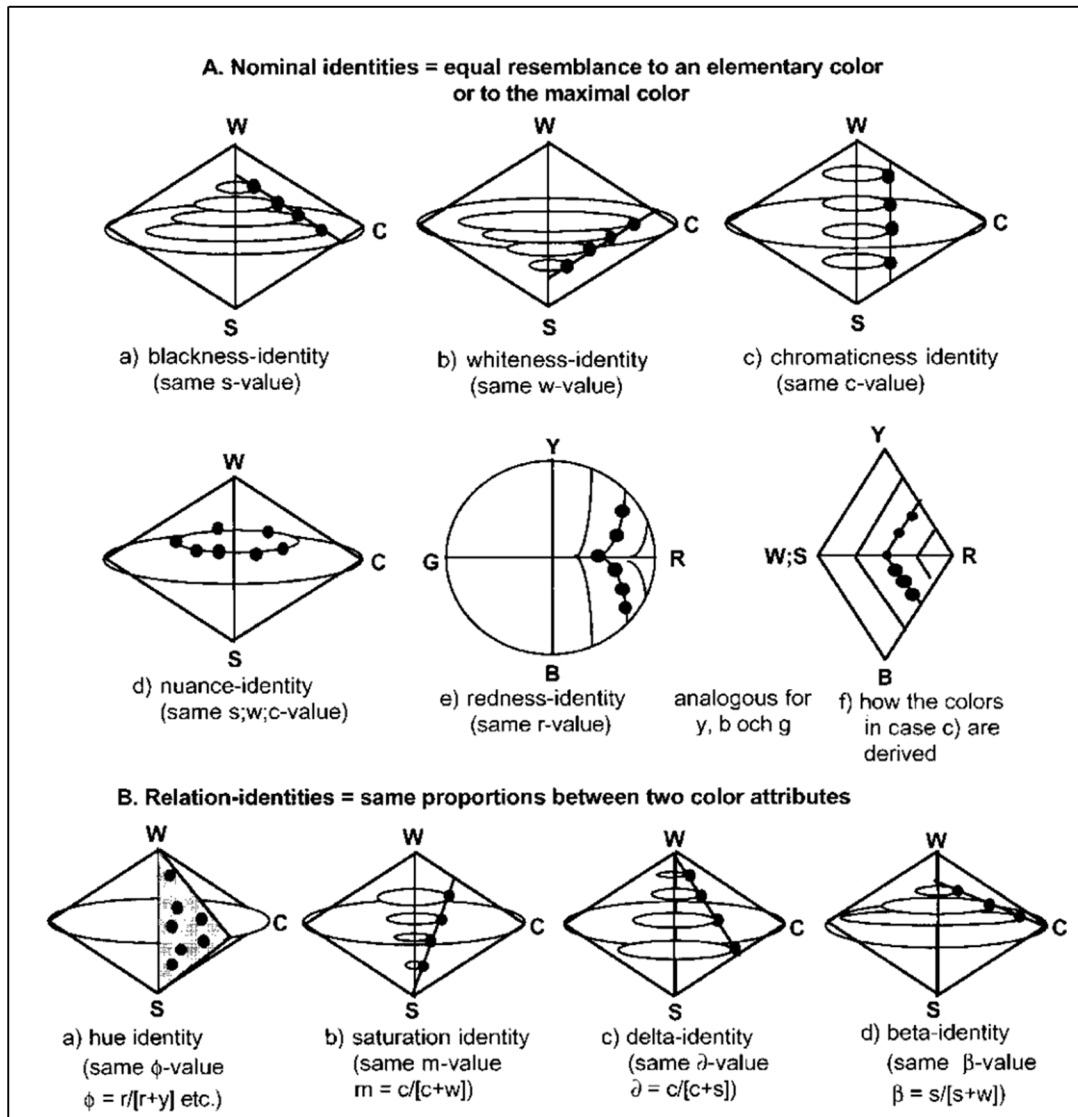


Figure 3.8: les similitudes identifiables dans le modèle combinatoire de Hard & Sivik

Source : (Hård & Sivik, 2001)

Hard et Sivik ont dénommé dans un autre article leur théorie « *color similarities* », (Sivik & Hård, 1994) cependant il n'a jamais été traduit en français dans aucun travail scientifique antérieur. Ainsi, dans ce travail, j'ai traduit de la langue anglaise l'expression « *color relation* » en langue française « *corrélacion de couleur* » ou « *similitudes de couleur* »,⁴

⁴ Dans cette thèse, le terme « *corrélacion* » est utilisé pour exprimer la même valeur (similitude) d'un attribut NCS existante dans une PN-PEH combinaison de deux couleurs. Ce concept est créé par l'auteur de la thèse dans ce travail et n'a jamais été cité dans les théories de Hård et Sivik.

Mon objectif à travers la théorie des corrélations de couleurs vise à étudier les similitudes dans les deux palettes Mozabites PN et PEH, afin d'évaluer l'intégration chromatique des établissements Ksourian dans leur paysage naturel. Donc j'ai étudié les corrélations des couleurs comme un facteur qui peut se référer aux similitudes perceptives du paysage Ksourien du M'zab. En outre, cette théorie sera calquée que celle de *la géographie de la couleur* de Lenclos, qui compare aussi les particularités chromatiques trouvées dans l'environnement architectural et dans les paysages urbains dans plusieurs sites dans le monde. **(Ronchi, 2010)**

4.3 Les identités nominales

Dans le système NCS, Ewald Hering a utilisé la teneur en noir (s) et la teneur en blanc (w) comme des modulateurs de teinte, avec un autre attribut dérivé qui l'intensité chromatique (c). Ils ont été considérés comme des attributs fondamentaux de la couleur. **(Kuehni, 2003)** Selon le principe du système NCS, une couleur (F) est définie comme la somme de la teneur en blanc (w), la teneur en noir (s) et de l'intensité chromatique (c): $F = s + w + c = 100$. **(Hård & Sivik, 1981)** Les développeurs de NCS ont ajouté une méthodologie d'identification des couleurs et affirment que tout observateur ayant une vision de couleur normale peut évaluer le contenu chromatique, noir et blanc de toute couleur d'objet avec une bonne précision.

4.3.1 Teneur en noir (s) et teneur en blanc (w)

J'ai commencé par étudier les deux attributs : teneur en noir (s) et teneur en blanc (s). Selon Hardin & Maffi, la teneur en noir est définie dans le modèle d'Ewald Hering par le degré de ressemblance de la couleur réelle au phénomène du noir absolu ; et la teneur en blanc par le degré ressemblance de la couleur réelle au blanc absolu. **(Hardin & Maffi, 1997)**

En général, les couleurs des deux palettes PN et PEH ont un faible pourcentage de teneur en noir et de teneur en blanc. Le pourcentage moyen de la teneur en noir est de 34% en PN et de 37% de PEH. Pour la teneur en blanc, il est de 30% dans les deux palettes.

Dans la PN, les trois quarts (75%) des valeurs de la teneur en noir et la teneur en blanc sont inférieurs ou égaux à 40%. Le pourcentage de la teneur en noir est entre 5% et 70%,

alors que celui de la teneur en blanc est placé entre 5% et 75%. Typiquement, l'intervalle impliquant le plus grand nombre de couleurs est de 20 à 40% (7 couleurs pour la teneur en noir et 6 couleurs pour la teneur en blanc). (Figure 3.9)

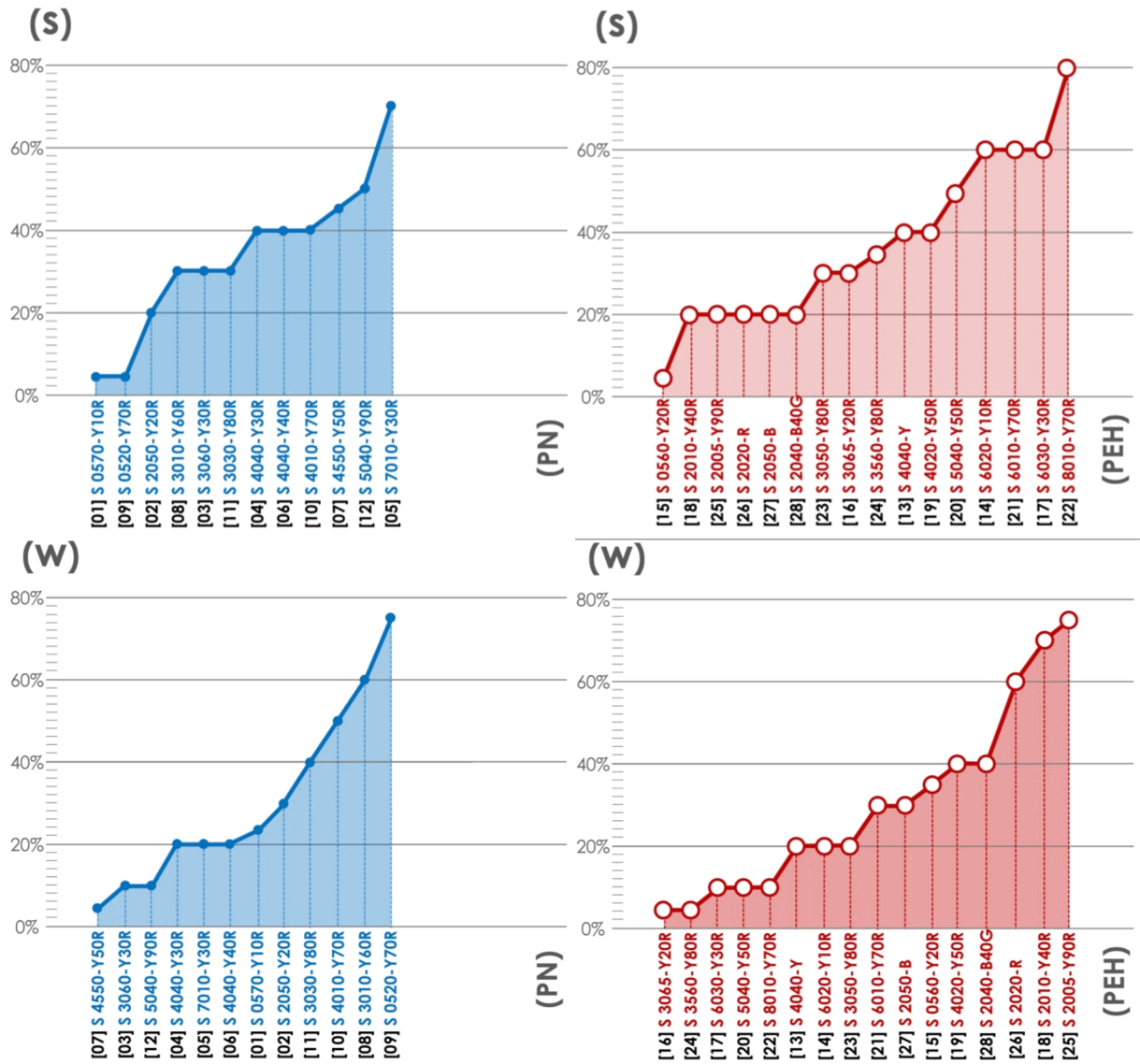


Figure 3.9: La teneur en noir (s) et la teneur en blanc (w) des deux palettes Mozabites

Source : auteur de la thèse

En ce qui concerne la relation entre la teneur en noir et la teneur en blanc, Hård et Sivik ont établi un ratio constant appelé « NCS Beta (β) » défini par la formule suivante [$\beta = s / (s + w)$]. (Hård & Sivik, 2001) Ce ratio évalue les pourcentages des deux attributs (s) et (w) ainsi que la relations entre eux dans une couleur.

Il a été mentionné dans la figure 3.10 le ratio NCS beta (β) pour les deux palettes. Il y a 15 couleurs *sombres* ayant un NCS beta supérieur à 0,5 en impliquant 6 couleurs de PN et 9 de PEH. Comme il y a aussi 12 couleurs *claires* ayant un NCS beta inférieur à 0,5 en impliquant 6 couleurs de chaque palette. On constate aussi que la couleur [19] est la seule couleur *neutre* identiquement noirâtre et blanchâtre ($s = w$) et ayant un NCS beta égale à 0,5. Plusieurs couleurs de PN et PEH ont des corrélations dans l'attribut NCS beta, c'est ce qu'on va démontrer plus tard dans ce chapitre.

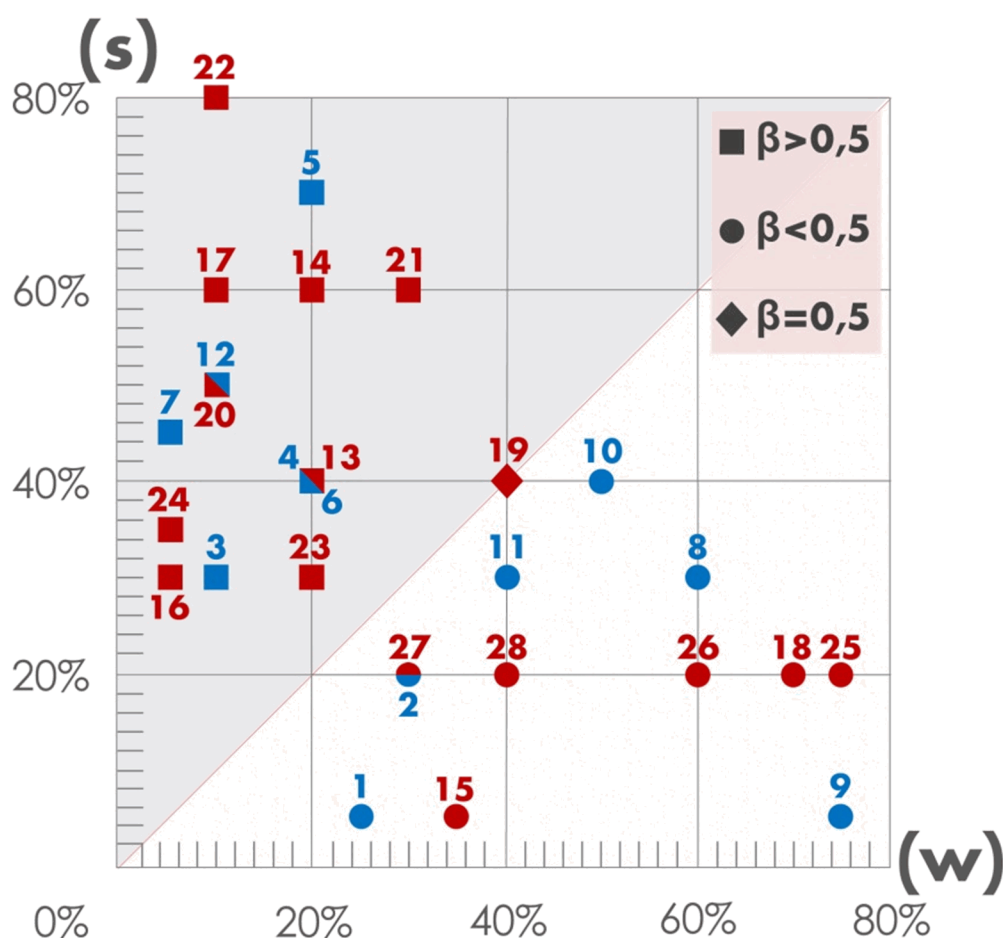


Figure 3.10: le ratio NCS beta (β) des deux palettes Mozabites

Source : auteur de la thèse

Dans la Figure 3.11, j'ai représenté les corrélations de la teneur en noir (s) des deux palettes PN et PEH dans le triangle NCS (A : α) et dans l'espace colorimétrique NCS (A: a-e). On constate qu'il existe 20 corrélations dans 5 classes de similitudes: 5%, 20%, 30%, 40% et 50%; elles sont représentées par une ligne virtuelle parallèle à l'axe C-W. Le grand nombre de corrélations se situe dans les classes 30% et 40% avec 6 corrélations dans

chacune d'elles, suivies de 5 corrélations dans 20%. Pour le reste, il y a 2 corrélations dans 5% et une dans 50%. Ces corrélations ont été obtenues à partir de 10 couleurs de la PN et 11 couleurs de la PEH. De l'autre côté, à partir de 10 couleurs de la PN et 14 de la PEH, on a identifié 23 corrélations de la teneur en blanc classifiées en 7 catégories: 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 60% et 75%. Elles sont représentées dans le triangle colorimétrique NCS (B: α) et dans l'espace colorimétrique 3D NCS (B: a-g) par une ligne virtuelle parallèle à l'axe C-S. On remarque qu'il y a 9 corrélations dans 20% et 6 dans 10%. Les corrélations restantes sont réparties entre 5%, 30%, 40% (2 corrélations) et 60% et 75% (1 corrélation). (Figure 3.11)

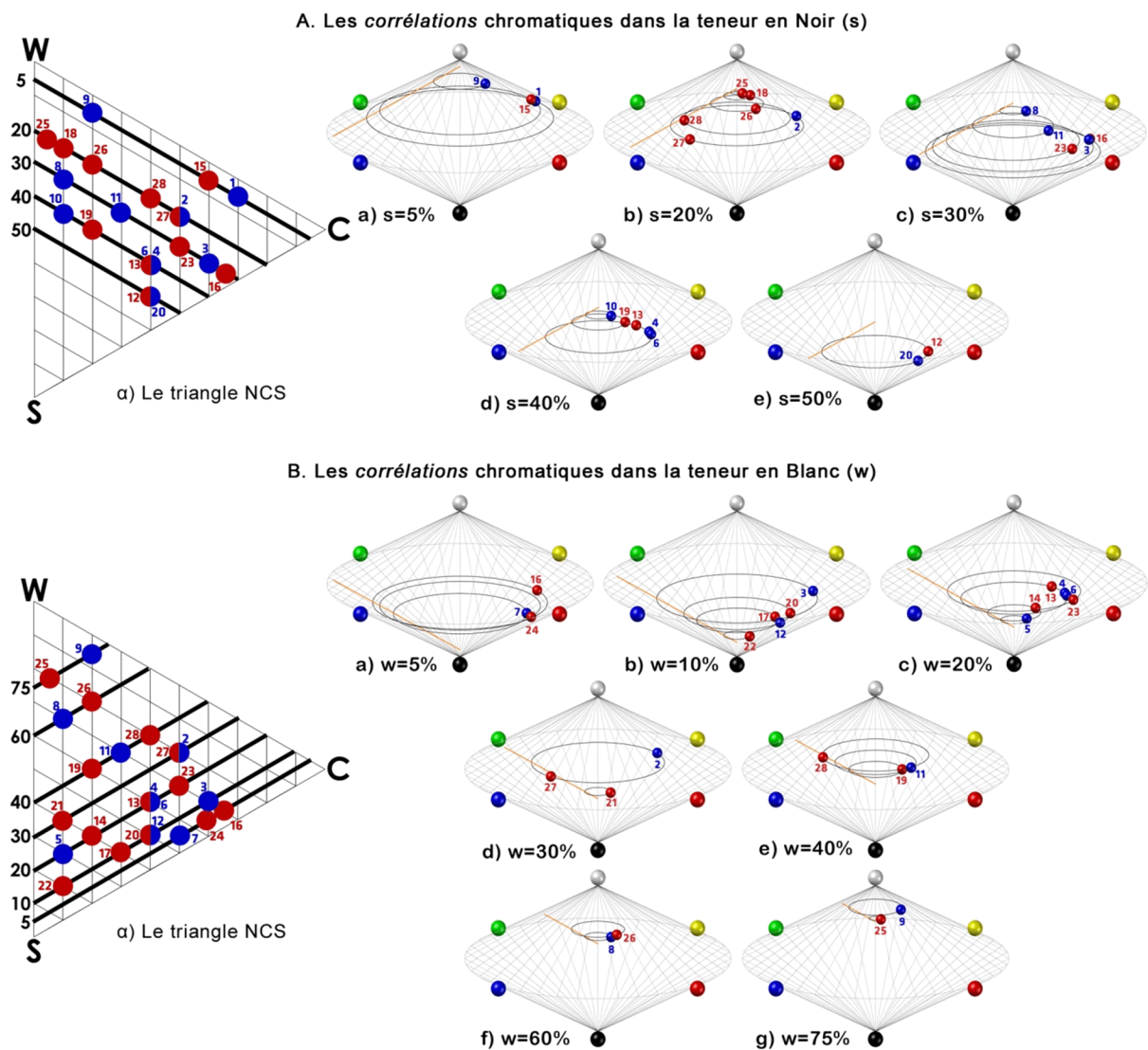


Figure 3.11: les corrélations chromatiques de la teneur en noir (s) et la teneur en blanc (w) dans le triangle NCS et l'espace colorimétrique 3D NCS

Source : auteur de la thèse

On observe dans le triangle colorimétrique NCS des groupes de couleurs superposées qui ont les mêmes valeurs de la teneur en noir (s) et la teneur en blanc (w); ils sont appelés *les similitudes en nuance*. Ils représentent des couleurs de différentes teintes mais avec la même teneur en noir, teneur en blanc et intensité chromatique. Hård et Sivik les appelaient des *couleurs correspondantes* (en anglais : *correspondig colors*), (Hård & Sivik, 2001) elles sont représentées dans notre espace colorimétrique 3D avec un cercle virtuel regroupant les couleurs en question et parallèle au cercle NCS. Nous avons 3 groupes de similitudes en nuance: [4, 6, 13] résultant de s = 40% et w = 20%; [2, 27] résultant de s = 20% et w = 30%; et [12, 20] résultant de s = 50% et w = 10%. (Figure 3.11)

En général, les deux palettes PN et PEH sont similaires dans plusieurs aspects, à savoir le nombre de corrélations, le pourcentage moyen des attributs, les pourcentages de chaque d'attribut, le ratio NCS beta (β) et les classes de similitudes. Nous avons besoin d'autres analyses d'attributs pour étudier d'autres formes de similitudes entre les deux palettes.

4.3.2 L'intensité chromatique (c)

L'intensité de la couleur NCS (c) est définie en termes des deux (ou un seul) attributs élémentaires chromatiques possibles dans une perception de couleur. (Hård & Sivik, 1981) L'intensité chromatique dans le triangle colorimétrique NCS est défini en tant que la ressemblance (en pourcentage) avec la couleur maximale, par laquelle on entend la couleur avec la teinte donnée qui est dépourvue de la teneur en blanc et la teneur en noir. Cela correspond à la direction dimensionnelle de *la Chroma* de Munsell. Elle établit selon les formules suivantes : [c = (y) ou (b) + (r) ou (g)]. (Hård & Sivik, 1981; Hardin & Maffi, 1997)

Les deux palettes Mozabite sont caractérisées par une faible intensité chromatique (c). Il n'y a pas de différences remarquables dans le degré de l'intensité chromatique entre les deux palettes avec une moyenne de 36% pour la PN et de 33% pour la PEH. On observe que l'intensité chromatique se situe entre 10% et 70% dans la PN et entre 5% et 65% dans la PEH. Une partie de 67% dans la PN et 69% dans la PEH sont inférieures ou égales à 40%. (Figure 3.12).

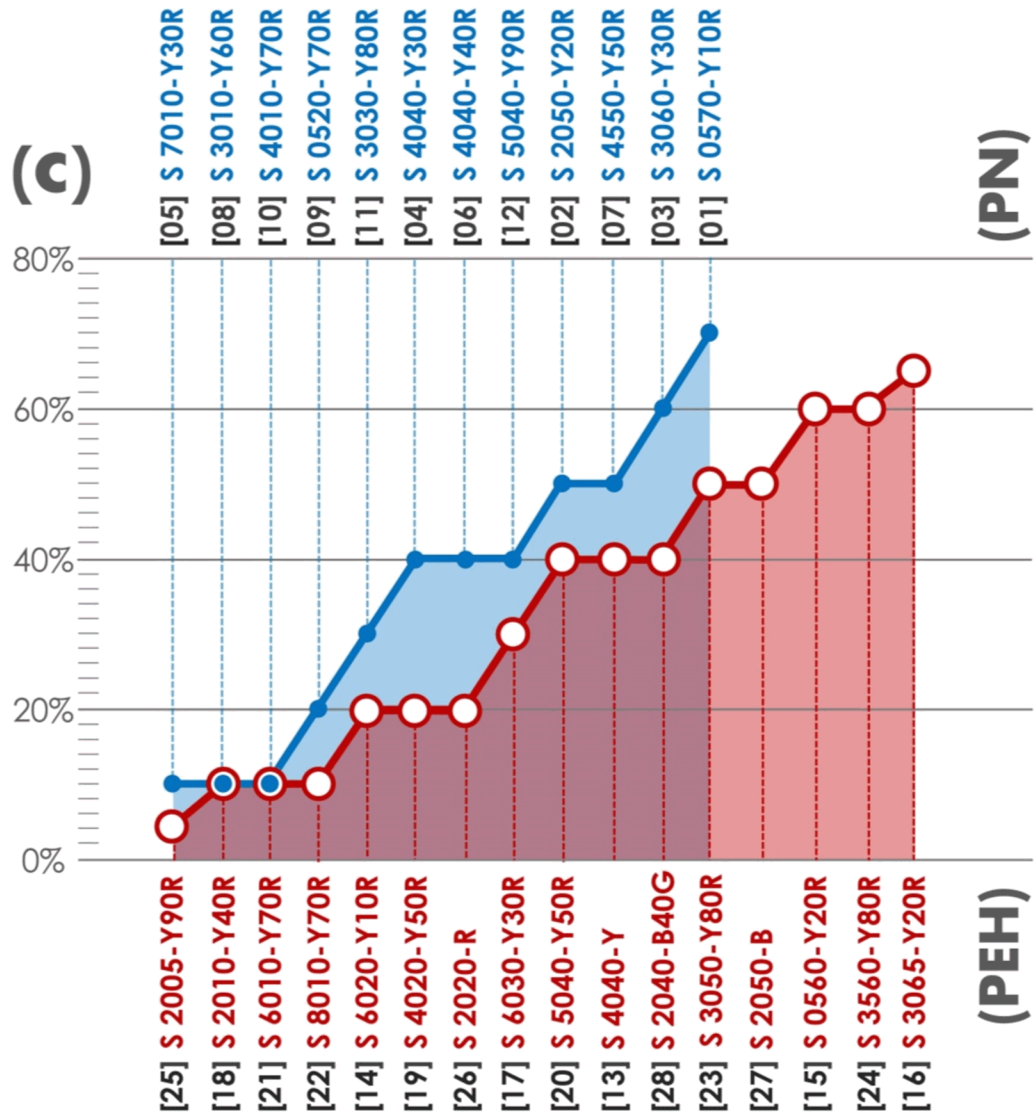


Figure 3.12: l'intensité chromatique (c) des deux palettes PN et PEH

Source : auteur de la thèse

Sur la figure 3.13, un total de 28 corrélations de l'intensité chromatique sont identifiées dans 5 classes de similitudes dans le triangle NCS (α) et l'espace colorimétrique 3D NCS (a-f). Le plus grand nombre de corrélations est trouvé dans 10% et 40% avec 9 corrélations pour chaque classe, 4 corrélations sont dans 50%, 3 dans 20%, 2 dans 60% et une seule dans 30%. Dans l'espace colorimétrique 3D tridimensionnel NCS et dans le triangle chromatique NCS, nous représentons les couleurs de la même intensité chromatique (c-constante) dans les cinq classes par une ligne parallèle à l'axe SW en croisant les cercles virtuels de chaque couleur. (Figure 3.13)

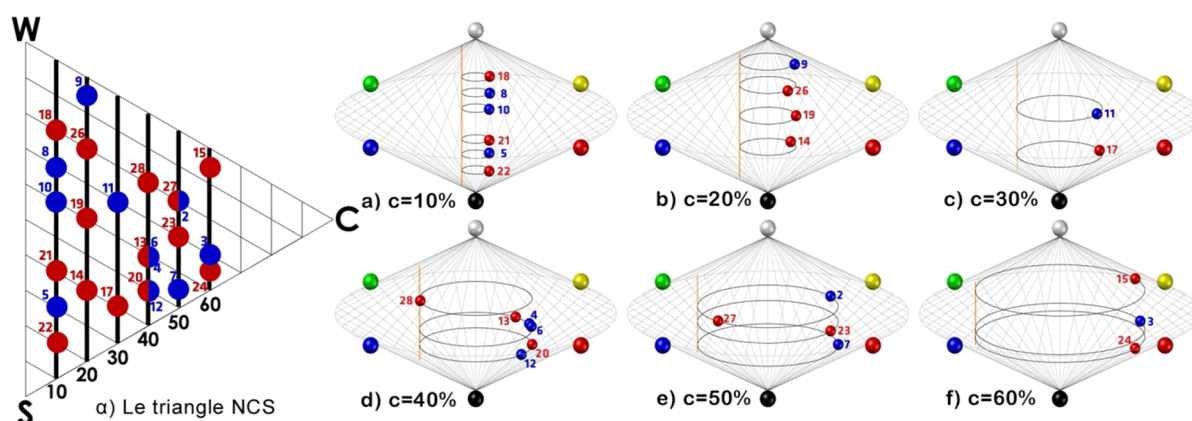


Figure 3.13: les corrélations chromatiques de l'intensité chromatique (c) dans le triangle NCS et l'espace colorimétrique 3D NCS

Source : auteur de la thèse

Vu que les deux palettes appartiennent aux teintes entre Y et R, leurs attributs de l'intensité chromatique sont composés de jaune et de rouge, à l'exception de [27] et [28] composées uniquement à partir de bleu et / ou de vert. Par conséquent, on a représenté sur la figure 3.14 les deux pourcentages de la teneur en rouge (r) et de la teneur en jaune (y) pour analyser et comparer leurs quantités. On a remarqué que la teneur en rouge (r) se situe entre 3% et 36% dans la PN et entre 2% et 48% dans la PEH. On observe l'existence d'une couleur purement rouge [26], d'une couleur purement jaune [13], de 10 couleurs *jaune rougeâtre*, de 11 couleurs *rouges jaunâtres* ($y < r$), en plus de 3 autres couleurs égales de jaune et de rouge : [7, 19, 20]. Le pourcentage de la teneur en jaune moyen est de 21% dans la PN et de 17,39% dans la PEH. Quant à la teneur en rouge, il est de 14,83% dans la PN et 14% dans la PEH. (Figure 3.14)

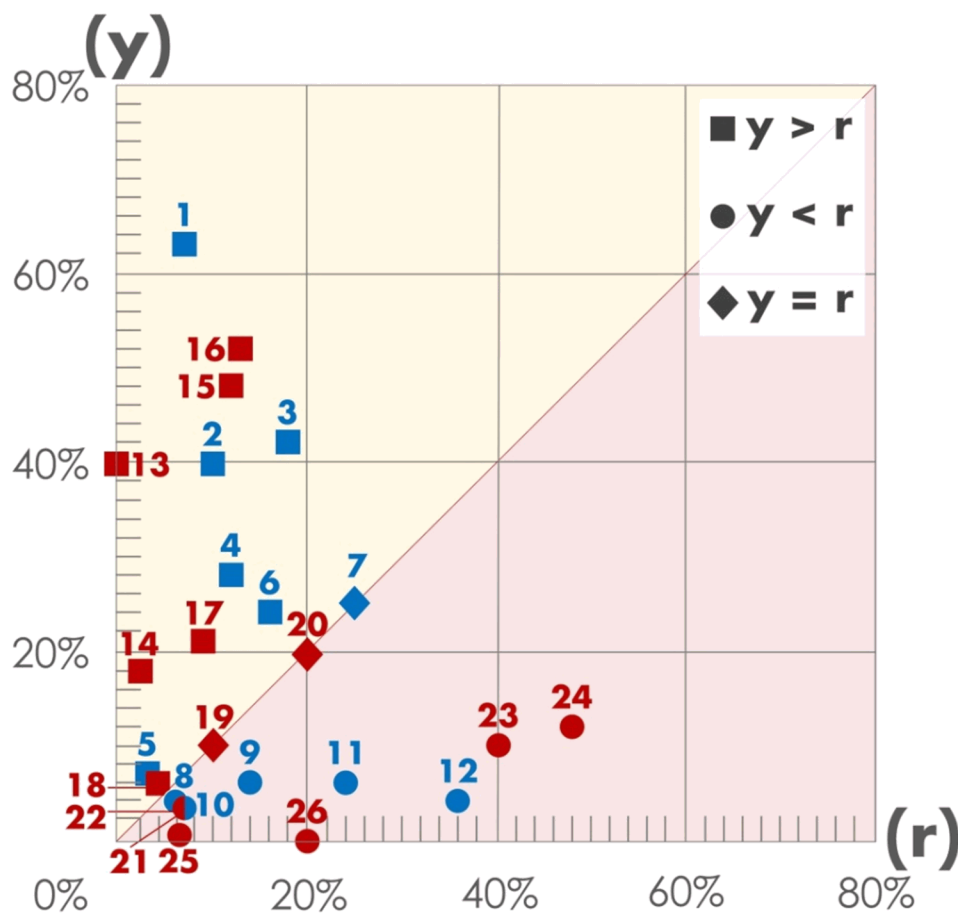


Figure 3.14: La teneur en jaune (y) et la teneur en rouge (r) des deux palettes PN et PEH
 Source : auteur de la thèse

En utilisant une précision de $\pm 3\%$, 20 corrélations ont été prises dans la teneur en jaune et 38 dans la teneur en rouge. Parmi tous les attributs, ce dernier (la teneur en rouge) contient le plus grand nombre de corrélations dans cette étude. Fondamentalement, il n'y a pas de différences significatives dans le pourcentage de la teneur en rouge et de la teneur en jaune entre les palettes PN et PEH. Concernant la PN, les pourcentages de la teneur en jaune s'étendent entre 3% et 63% avec une moyenne de 21%, et entre 3% et 36% avec une moyenne de 14,83% dans la teneur en rouge. Pour les couleurs de la PEH, leurs valeurs se situent entre 0,5% et 48%, avec une moyenne de 17,39% pour la teneur en jaune, et entre 2% et 48% avec une moyenne de 14% pour la teneur en rouge. Dans le tableau 3.2 nous mentionnons tous les pourcentages de teneur en jaune de et de teneur en rouge NCS ainsi que leurs descriptions chromatiques.

Couleur Id.	NCS Notations	Pourcentages		Description
		y	r	
01	S 0570-Y10R	y=63%	r=07%	Jaune rougeâtre y > r
02	S 2050-Y20R	y=40%	r=10%	
03	S 3060-Y30R	y=42%	r=18%	
04	S 4040-Y30R	y=28%	r=12%	
05	S 7010-Y30R	y=07%	r=03%	
06	S 4040-Y40R	y=24%	r=16%	
14	S 6020-Y10R	y=18%	r=02%	
15	S 0560-Y20R	y=48%	r=12%	
16	S 3065-Y20R	y=52%	r=13%	
17	S 6030-Y30R	y=21%	r=09%	
18	S 2010-Y40R	y=06%	r=04%	
08	S 3010-Y60R	y=04%	r=06%	
09	S 0520-Y70R	y=06%	r=14%	
10	S 4010-Y70R	y=03%	r=07%	
11	S 3030-Y80R	y=06%	r=24%	
12	S 5040-Y90R	y=04%	r=36%	
21	S 6010-Y70R	y=03%	r=07%	
22	S 8010-Y70R	y=03%	r=07%	
23	S 3050-Y80R	y=10%	r=40%	
24	S 3560-Y80R	y=12%	r=48%	
25	S 2005-Y90R	y=0,5%	r=4,5%	Jaune / Rouge y = r
07	S 4550-Y50R	y=25%	r=25%	
19	S 4020-Y50R	y=10%	r=10%	
20	S 5040-Y50R	y=20%	r=20%	Rouge
26	S 2020-R	r=20%	-	
27	S 2050-B	b=50%	-	Bleu
13	S 4040-Y	y=40%	-	Jaune
28	S 2040-B40G	b=24%	g=16%	Bleu verdâtre

Tableau 3.2 : les pourcentages de la teneur en jaune (y) et la teneur en rouge (r) et ses descriptions chromatiques

Source : auteur de la thèse

Comme j'ai mentionné ci-dessus, les couleurs [27] et [28] créent un aspect hétérogène avec les autres couleurs mozabites; sachant qu'ils n'existent pas dans aucun échantillon de l'étude du paysage naturel. Nous avons constaté que les habitants mozabites utilisent généralement ces couleurs dans leurs terrasses, patios et toits. En outre, des contours verts sont utilisés dans plusieurs entrées de mosquées et de mausolées. Ces tons bleu et vert créent dans le paysage mozabite un contraste froid / chaud. (Figure 3.15)



Figure 3.15: l'utilisation du bleu et du vert dans les terrasses Mozabites, Ksar de Beni Isguen

Source : George Steinmetz / ASA

Jean Philippe Lenclos a interprété la présence de couleurs vertes dans les colonies mozabites par un symbolisme religieux: « *Dans de nombreuses religions, le vert symbolise le premier degré de la régénération spirituelle, la couleur de la résurrection. Dans l'islam le vert évoque le 'Jardin des délices', l'Eden promis aux croyants, la couleur du prophète. A Ghardaia, comme ailleurs dans le M'zab, les maisons peintes dans des tonalités verte ou*

turquoise indiquent que les habitants ont fait le pèlerinage à la Mecque ». **(Lenclos & Lenclos, 1999)**

La coloriste américaine Leatrice Eiseman a confirmé l'interprétation de Lenclos sur l'utilisation du vert dans les civilisations islamiques. Elle a écrit : « *Pour le musulman, le vert est associé à la mère mondiale; et seuls les plus saints - ceux qui sont les descendants du prophète Mohammed et ont fait un pèlerinage à La Mecque - sont autorisés à porter un turban vert. Cela concerne les jardins vert foncé de la demeure éternelle filiale avec des arbres fruitiers et des fontaines que le Coran promet aux dévots. La vie éternelle est prédite comme harmonieuse, et partout la couleur verte.* » Elle a ajouté aussi: « *Dans le désert, le vert marque clairement l'espace entre la vie et la mort. Pour cette raison, c'est devenu la couleur spéciale du prophète Mohamed. C'est l'une des couleurs sacrées de l'Islam, présente dans les drapeaux de presque tous les pays musulmans, y compris l'Iran, l'Irak, le Pakistan, le Soudan et la Jordanie* ». **(Eiseman, 2000)**

J'ai effectué quelques questionnaires avec des habitants mozabites, ils m'ont confirmé qu'ils n'utilisent plus la tradition de coloration du vert des maisons des pèlerins. Cette tradition a existé durant les années 80 et 90, sachant que les études de Lenclos ont été effectuées en 1982. Ils ont justifié l'utilisation du bleu dans les terrasses des habitations pour repousser les moustiques et les insectes. Ils utilisent le colorant indigo, connu en Algérie sous le nom de « Nila », pour obtenir ces tons de bleu et de vert.

Ce Nila est un des composés organiques les plus anciens dans l'histoire avec une couleur bleue distinctive. Sa formule chimique est $[C_{16}H_{10}N_2O_2]$, il est extrait de la plante *Indigofera Tinctoria*. **(Stasiak, Kukula-Koch, & Glowniak, 2014)** En Algérie, on trouve le Nila est dérivé de la plante *Isatis Tinctoria*, (communément appelé en Anglais 'Woad') comme 1/30 la quantité d'indigo dans sa matière colorante. **(Orna, 2012; Stasiak et al., 2014)** Je considère l'usage de cette matière dans la coloration mozabite comme une adaptation à l'environnement qui a eu lieu il y a plusieurs siècles pour lutter contre le climat saharien chaud de la région.

4.4 Les identités relationnelles

D'autre part, nous avons étudié un autre type de corrélations appelé *identités relationnelles* à travers les attributs suivants: teinte (ϕ), saturation (m), identité delta (δ) et identité bêta (β).

Hård et Sivik ont conçu l'attribut de la saturation NCS (m) comme le rapport entre l'intensité chromatique (c) et la teneur en blanc (w). Elle est calculée suivant les formules suivantes: $[m = c / (c + w)]$ ou $[m = c / (100 - s)]$. (Hård & Sivik, 2001; Hård, Sivik, & Tonnquist, 1996a) De nombreux scientifiques ont prouvé l'importance de la saturation d'une manière qui diffère nettement de l'intensité chromatique. Kuehni considère l'intensité chromatique comme une valeur absolue du contenu chromatique d'une couleur quelle que soit sa luminosité, alors que la saturation est une mesure de l'intensité chromatique des couleurs de même luminosité. (Kuehni, 1983) Néanmoins, Fridell Anter *et al.* considèrent cette relation comme un terme ambigu, ils proposent son élimination du système colorimétrique NCS. (Fridell Anter, Arnkil, & Klarén, 2015)

Les corrélations identifiées dans la saturation (m) sont classées en 6 classes de similitudes: 0,15, 0,23, 0,33, 0,65, 0,74 et 0,90. On a identifié les 18 corrélations dans le triangle colorimétrique NCS et dans l'espace de couleur NCS par une ligne virtuelle partante du point de coin S et se connecte à l'axe W-C. (Figure 3.16)

Hård et Sivik ont également développé des autres attributs des identités relationnelles dans NCS, NCS Delta et NCS Beta, sachant qu'elles ont jamais été étudiées, ni même nommées dans aucune étude scientifique. (Hård & Sivik, 2001) L'identité Delta (δ) est la relation constante entre l'intensité chromatique et la teneur en noir, elle est définie par la formule suivante : $[\delta = c / (c + s)]$. L'identité bêta (β) est la relation constante entre la teneur en noir et la teneur en blanc, définie par la formule suivante : $[\beta = s / (s + w)]$. Nous avons présenté dans la figure 3.16 les valeurs réels des identités relationnelles : NCS saturation (m), NCS delta (δ) et NCS beta (β).

22 corrélations sont trouvées à travers 6 classes de similitudes de NCS delta tandis que 16 corrélations sont de NCS beta avec 6 classes aussi. Les similitudes dans NCS delta sont représentées par une ligne virtuelle partant du point de coin W et se connectant à l'axe S-C,

alors que dans la NCS beta, la ligne virtuelle part du coin C et rejoint l'axe S-W. (Figure 3.16)

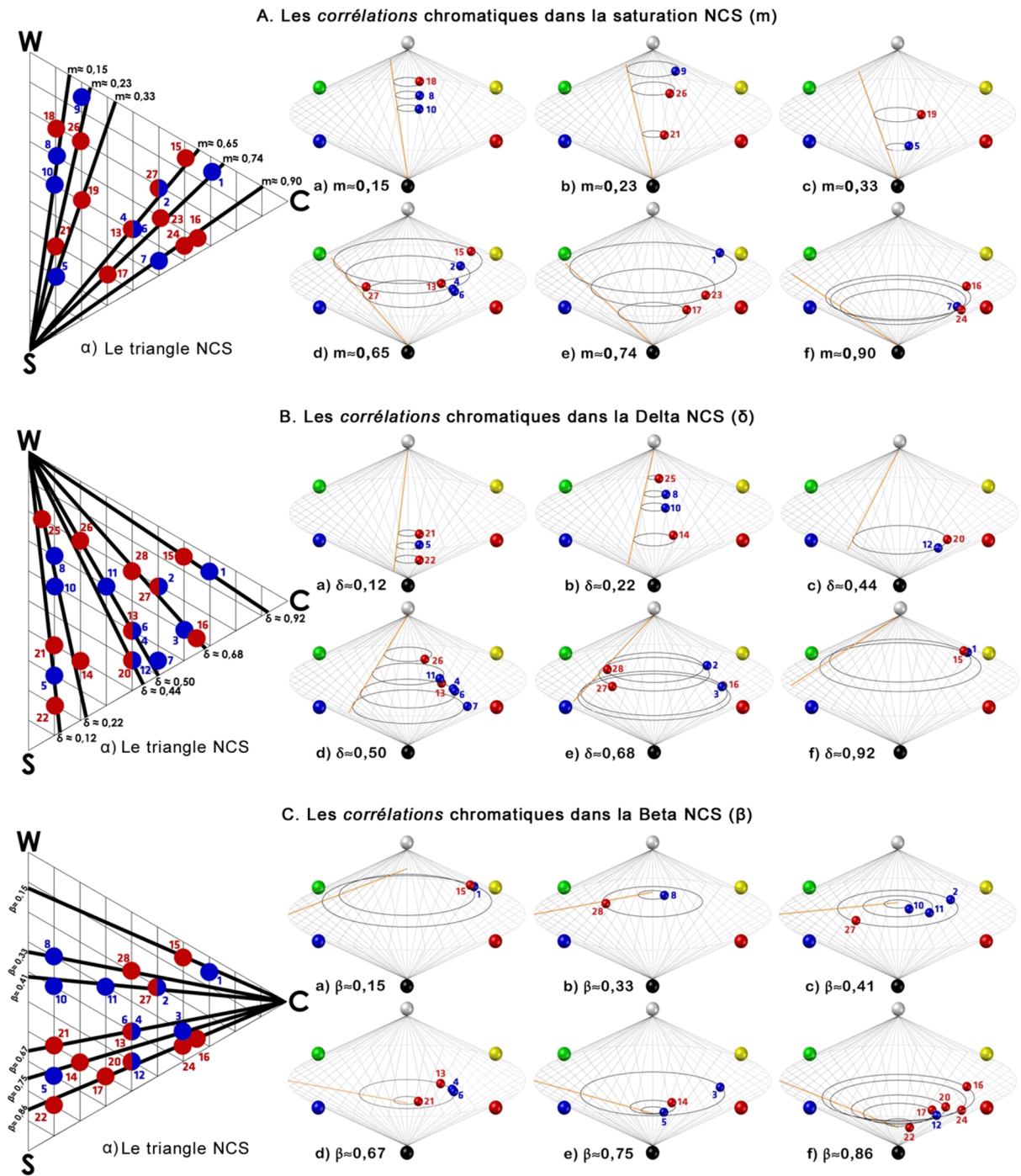


Figure 3.16: Les corrélations chromatiques (m), (δ) et (β) des deux palettes PN et PEH dans le triangle NCS et l'espace colorimétrique NCS

Source : auteur de la thèse

4.5 Récapitulatif des corrélations

Sur la figure 3.17, les 28 couleurs des deux palettes PN et PEH sont représentées perpendiculairement, afin de démontrer toutes les corrélations possibles que nous avons déjà identifiées dans chaque combinaison (une paire de couleurs). Nous avons représenté cinq attributs NCS de ressemblance des identités nominales: teneur en noir (s), teneur en blanc (w), intensité chromatique (c), teneur en jaune (y) et teneur en rouge (r).

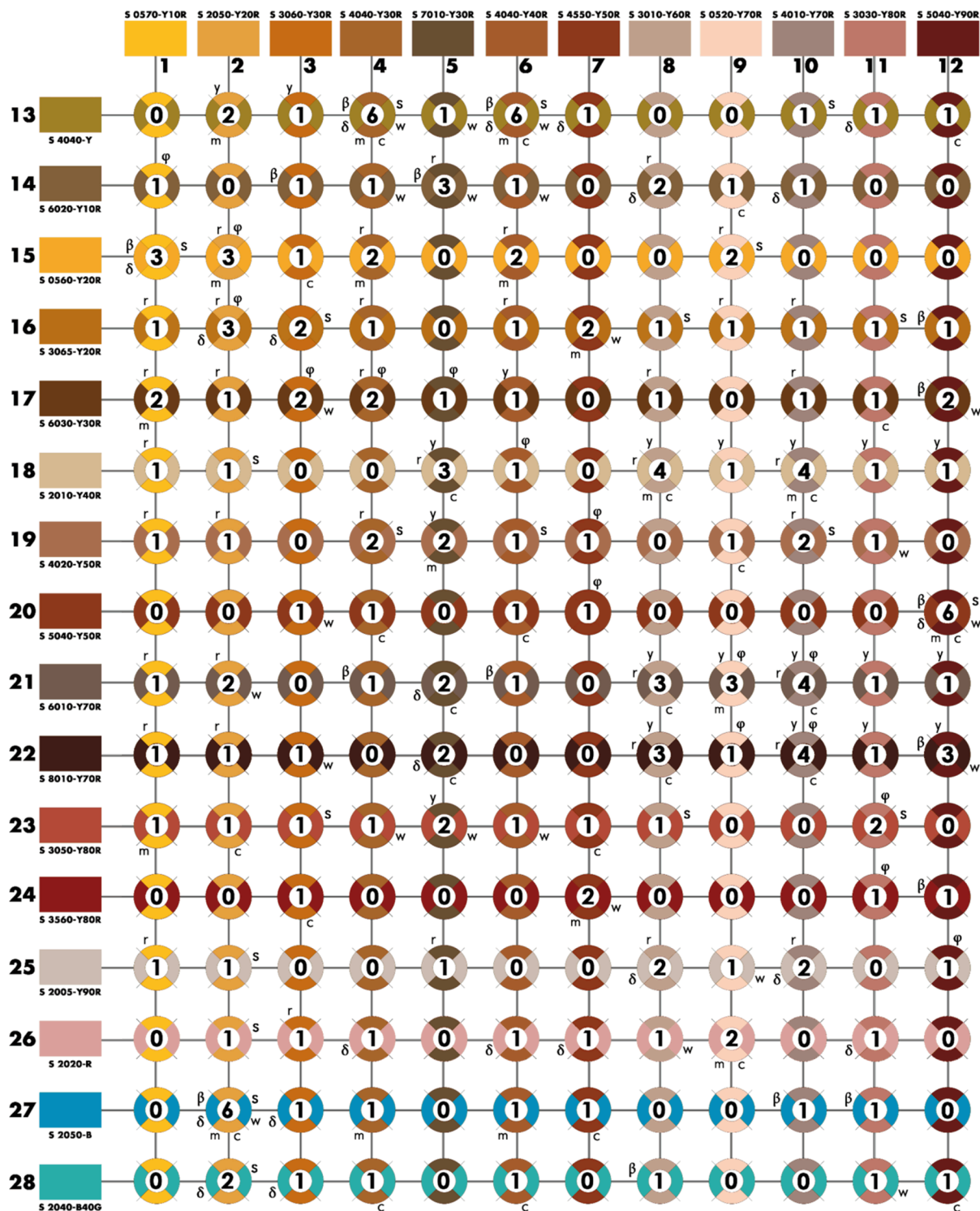


Figure 3.17: récapitulatif des corrélations chromatiques des deux palettes PN et PEH

Source : auteur de la thèse

Comme récapitulation des corrélations des deux palettes PN et PEH, on a trouvé 201 corrélations identifiées à travers 9 attributs NCS. On a noté l'existence de quatre (4) catégories de corrélations classées selon leur nombre:

1. Il existe 4 *corrélations hexadécimales* comprenant 6 relations par combinaison (s, w, c, m, δ , β); elles résultent de similitudes dans les nuances trouvées dans [4,13]; [6,13]; [12,20]; et [2,27].
2. Il y a 3 *corrélations tétrades* qui contiennent 4 corrélations de deux types : (c, m, r, y) et (ϕ , c, r, y), situées dans [8,18]; [10,18]; [10,21]; et [10,22].
3. Il y a aussi 9 *corrélations triades* qui contiennent 3 corrélations par type. Elles sont classifiées en 7 types : (c, r, y); (w, β , y); (w, β , r); (ϕ , m, y); (ϕ , m, r); (ϕ , δ , r); (s, δ , β) et situées dans [5,14]; [1-2,15]; [2,16]; [5,18]; [8-9,21]; [8,22]; et [12,22].
4. Finalement, on trouve 24 *corrélations dyades* (2 corrélations) et 86 *corrélations monades* (une corrélation). Ces derniers constituent 55% du nombre complet des corrélations.

5. Conclusion

En guise de conclusion de ce chapitre, je peux dire que la polychromie du paysage urbain du M'zab est très similaire à celle du paysage naturel, tout en suivant la méthode des corrélation/similitudes des couleurs qu'on a développée. Une forte intégration chromatique a été identifiée grâce à l'évaluation des corrélations des identités nominales : teneur en noir (s), teneur en blanc (w), intensité chromatique. Ceci confirme les hypothèses qu'on a proposé au début du travail relatives aux similitudes perceptives qu'ils existent entre les deux paysages, mais aussi on confirme la théorie de l'intégration paysagère du chercheur Juan Serra, et qui a déjà fait l'objet de la méthodologie proposée dans ce chapitre.

Références bibliographiques

- Adad, M. C., & Mazouz, M. T. (2013). Les anciens et nouveaux ksour: étude comparative. Cas du M'zab. *Courrier du Savoir*, 22, 77-87.
- Agoston, G. A. (1987). *Color Systems Color Theory and Its Application in Art and Design* (pp. 105-141). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Azzouz, K. (2013). *Esthétique et poétique de la coloration dans l'architecture traditionnelle et contemporaine dans les villes du sud tunisien*. (PhD Thesis), Université Toulouse 2, France. Retrieved from <http://www.theses.fr/2013TOU20094/document> Available from <http://www.theses.fr/2013TOU20094>
- Bekkouche, S., Benouaz, T., Cherier, M. K., Hamdani, M., Yaiche, R. M., & Khanniche, R. (2013). Influence of building orientation on internal temperature in Saharan climates, building located in Ghardaïa region (Algeria). *Thermal Science*, 17(2), 349-364.
- Bell, S. (2004). *Elements of Visual Design in the Landscape*: Spon Press.
- Biggam, C. P. (2011). *New Directions in Colour Studies*: John Benjamins Publishing Company.
- Billger, M. (1999). *Colour in Enclosed Space Observation of Colour Phenomena and Development of Methods for Identification of Colour Appearance in Rooms*: Chalmers University of Technology.
- Caivano, J. L. (2006). Research on color in architecture and environmental design: Brief history, current developments, and possible future. *Color Research & Application*, 31(4), 350-363. doi: 10.1002/col.20224
- de Heer, J. (2009). *The Architectonic Colour: Polychromy in the Purist Architecture of Le Corbusier*: 010 Publishers.
- Eiseman, L. (2000). *Colors for Your Every Mood: Discover Your True Decorating Colors*: Capital Books.
- Fridell Anter, K., Arnkil, H., & Klarén, U. (2015). *The ambiguous term of "saturation"*. Paper presented at the AIC2015 TOKYO - Color and Image, Japan.
- Fridell Anter, K., & Billger, M. (2010). Colour research with architectural relevance: How can different approaches gain from each other? *Color Research & Application*, 35(2), 145-152. doi: 10.1002/col.20565
- Garcia-Codoñer, A., Verdú, J. L., Barchino, A. T., Guillén, R. V., & Lluch, J. S. (2009). Colour as a structural variable of historical urban form. *Color Research & Application*, 34(3), 253-265. doi: 10.1002/col.20491
- Hård, A., & Sivik, L. (1981). NCS—Natural Color System: A Swedish Standard for Color Notation. *Color Research & Application*, 6(3), 129-138. doi: 10.1002/col.5080060303
- Hård, A., & Sivik, L. (2001). A theory of colors in combination—A descriptive model related to the NCS color-order system. *Color Research & Application*, 26(1), 4-28. doi: 10.1002/1520-6378(200102)26:1<4::AID-COL3>3.0.CO;2-T
- Hård, A., Sivik, L., & Tonnquist, G. (1996a). NCS, natural color system—From concept to research and applications. Part I. *Color Research & Application*, 21(3), 180-205. doi: 10.1002/(SICI)1520-6378(199606)21:3<180::AID-COL2>3.0.CO;2-O

- Hård, A., Sivik, L., & Tonnquist, G. (1996b). NCS, natural color system—From concept to research and applications. Part II. *Color Research & Application*, 21(3), 206-220. doi: 10.1002/(SICI)1520-6378(199606)21:3<206::AID-COL3>3.0.CO;2-W
- Hardin, C. L., & Maffi, L. (1997). *Color Categories in Thought and Language*: Cambridge University Press.
- Hårleman, M. (2007). *Daylight influence on colour design: empirical study on perceived colour and colour experience indoors*. Stockholm: Axl Books.
- Kuehni, R. G. (1983). *Color, Essence and Logic*: Van Nostrand Reinhold.
- Kuehni, R. G. (2003). *Color Space and Its Divisions: Color Order from Antiquity to the Present*: Wiley.
- Lenclos, J. P., & Lenclos, D. (1982). *Les couleurs de la France: maisons et paysages*: Moniteur.
- Lenclos, J. P., & Lenclos, D. (1995). *Les couleurs de l'Europe: géographie de la couleur*: Le Moniteur.
- Lenclos, J. P., & Lenclos, D. (1999). *Couleurs du monde: géographie de la couleur*: Le Moniteur Editions.
- Llopis, J., Torres, A., Serra, J., & García, Á. (2015). The preservation of the chromatic image of historical cities as a cultural value. The old city of Valencia (Spain). *Journal of Cultural Heritage*, 16(5), 611-622. doi: 10.1016/j.culher.2015.01.005
- Nemcsics, A., & Caivano, J. L. (2014). Color Order Systems. In R. Luo (Ed.), *Encyclopedia of Color Science and Technology* (pp. 1-16). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Nguyen, L., & Teller, J. (2013). La couleur dans l'environnement urbain. Validation d'un protocole de caractérisation chromatique. *Ambiances. Environnement sensible, architecture et espace urbain*. doi: 10.4000/ambiances.365
- Nguyen, L., & Teller, J. (2016). Color in the urban environment: A user-oriented protocol for chromatic characterization and the development of a parametric typology. *Color Research & Application*, n/a-n/a. doi: 10.1002/col.22022
- Orna, M. V. (2012). *The Chemical History of Color*: Springer Berlin Heidelberg.
- Ronchi, L. R. (2010). *Color communication in architecture dealt with by AIC from 1982 to 2008*: Fondazione Giorgio Ronchi.
- Serra, J. (2013). Three color strategies in architectural composition. *Color Research & Application*, 38(4), 238-250. doi: 10.1002/col.21717
- Serra, J., Llopis, J., Torres, A., & Gimenez, M. (2016). Color combination criteria in Le Corbusier's Purist architecture based on Salubra claviers from 1931. *Color Research and Application*, 41(1), 85-100. doi: 10.1002/col.21940
- Servantie, M. P. (2007). *Chromo-architecture: l'art de construire en couleur*: Alternatives.
- Sivik, L., & Hård, A. (1994). Some reflections on studying colour combinations. *Color Research & Application*, 19(4), 286-295. doi: 10.1002/col.5080190409
- Stasiak, N., Kukula-Koch, W., & Glowniak, K. (2014). Modern industrial and pharmacological applications of indigo dye and its derivatives--a review. *Acta Pol Pharm*, 71(2), 215-221.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Au terme de cette thèse, je récapitule les conclusions et les résultats auxquelles mon étude a aboutie.

J'ai réalisé une nouvelle étude sur le caractère chromatique du paysage Ksourien de la vallée du M'zab en Algérie. Une méthode originale est développée pour évaluer « l'intégration chromatique » des établissements humains mozabites dans le paysage naturel du M'zab. En utilisant le modèle combinatoire NCS développé par Anders Hård et Lars Sivik, la théorie des corrélations de couleurs a été appliquée pour comparer la palette naturelle (PN) et la palette des établissements humains (PEH) et identifier les similitudes et les corrélations perceptibles dans le paysage Ksourien du M'zab.

Mon travail a fait l'objet de 201 corrélations à partir des 28 couleurs trouvées dans 192 combinaisons PN-PEH. Dans les identités nominales, on a fait ressortir 20 corrélations dans la teneur noir (s), 23 dans la teneur en blanc (w), 28 dans l'intensité chromatique, 20 dans la teneur en jaune et 38 dans la teneur en rouge. D'autre part, à partir des identités relationnelles, j'ai ressorti 16 corrélation de teinte (ϕ), 18 en saturation (m), 22 en delta (δ) et 16 en bêta (β). Par conséquent, on peut déduire que les caractères chromatiques des paysages urbain et naturel du M'zab sont très similaires; démontrant la forte intégration chromatique des établissements humain vernaculaires au paysage naturel. Cette adaptation est due à l'utilisation des matériaux locaux disponibles dans la région, à l'expression des traditions locales de la culture mozabite et aux stratégies de protection de l'identité architecturale effectuées par les autorités algériennes.

Ces résultats soulignent l'importance du facteur de la couleur et de polychromie dans la valeur de la vallée du M'zab et ce m'a amené à développer un nouveau concept de recherche, pour la première fois dans le domaine de la couleur, intitulé : *la polychromie Ksourienne*. Il sert à étudier la polychromie architecturale et urbaine dans le paysage du Ksour d'Afrique du Nord, en tenant compte du contexte environnemental, culturel, architectural, urbain et historique dans lequel ils existent.

Le paysage Ksourien du M'zab est un patrimoine culturel, historique et architectural très intéressant dans le monde. Sa sélection comme cas d'étude de pour ce travail a ouvert de nombreuses perspectives riches et originales. Les particularités chromatiques du M'zab sont très importantes. Ils constituent un intérêt historique et sociologique indissociable du patrimoine architectural et culturel. L'architecture vernaculaire Mozabite est caractérisée par son identité chromatique originale, adaptée à l'environnement naturel grâce aux propriétés chromatiques des matériaux de construction ancestraux et à la culture et les traditions mozabites.

Le concept de « l'intégration chromatique » est un élément essentiel dans les caractéristiques visibles du paysage mozabite. Il peut être utilisé dans de futures études concernant la préservation du caractère chromatique du M'zab ou d'autres sites patrimoniaux. Cette préservation nécessite une gestion permanente des bâtiments et une stratégie de conversation bien adaptée au caractère chromatique du patrimoine architectural mozabite. Ce caractère chromatique est une valeur patrimoniale qui doit être appliquée dans les processus de restauration urbaine. Ainsi, les analyses et les résultats présentés dans cette thèse sont des observations objectives des états chromatiques réels. Ils peuvent être utilisés dans de futurs travaux académiques et professionnels pour la restauration du patrimoine du M'zab.

Dans la vallée du M'zab, la couleur blanche pure est un élément important dans certains quartiers. C'est dû à l'utilisation de la chaux (oxyde de calcium, CaO) ou hydroxyde de calcium, Ca(OH)_2 qui aide à refléter la chaleur du soleil. Il a aussi un symbolisme social et spirituel pour les habitants Mozabite. En raison de contraintes pratiques, ce travail ne prend pas en considération l'étude et l'analyse de la couleur blanche dans aucun échantillon chromatique. Une autre étude est en cours d'élaboration au sein de notre groupe de recherche au laboratoire LCTPE pour étudier plusieurs contextes de la couleur blanche dans une méthodologie très détaillée.

Dans plusieurs domaines de la couleur, le NCS est en train de devenir un instrument clé pertinent dans les études académiques et professionnelles, en raison de son plus grand

ensemble de données disponibles pour ses trois attributs: teneur en noir, teneur en blanc et l'intensité chromatique. Dans cette recherche, j'ai pris l'initiative de travailler sur d'autres attributs NCS: la saturation NCS, le delta NCS et le bêta NCS. Ce travail ouvre une nouvelle perspective pour faire progresser la compréhension et l'utilisation de ces caractéristiques à travers le triangle de couleur NCS et l'espace colorimétrique NCS.

D'autre part, les principales perspectives de recherche qui apparaissent à l'issue de cette thèse concernent la réutilisabilité de mon travail dans les Ksour vernaculaires de l'Algérie tel que Ghassoul, Tiout, Boussemgoun, Kenadsa, Timimoun, Beni Ounif...etc. Ces Ksour sont des exemples originaux en matière de polychromie urbaine et de matériaux ancestraux, et peuvent faire l'objet de plusieurs recherches académiques.

Cette étude peut être un point de départ pour intégrer les palettes chromatiques Mozabites PN et PEH dans des études académiques de restauration du patrimoine culturel et architectural de la Vallée du M'zab. En outre, ces palettes peuvent être utilisées pour évaluer les préférences de couleurs chez les mozabites et leurs relations avec leurs cultures, leur savoir-faire et leur héritage immatériel.

Bibliographie

Références Bibliographiques

- 1) Adad, M. C., & Mazouz, M. T. (2013). Les anciens et nouveaux ksour: étude comparative. Cas du M'zab. *Courrier du Savoir*, 22, 77-87.
- 2) Agoston, G. A. (1987). *Color Systems Color Theory and Its Application in Art and Design* (pp. 105-141). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- 3) Azzouz, K. (2013). *Esthétique et poïétique de la coloration dans l'architecture traditionnelle et contemporaine dans les villes du sud tunisien*. (PhD Thesis), Université Toulouse 2, France. Retrieved from <http://www.theses.fr/2013TOU20094/document> Available from <http://www.theses.fr/2013TOU20094>
- 4) Bekkouche, S., Benouaz, T., Cherier, M. K., Hamdani, M., Yaiche, R. M., & Khanniche, R. (2013). Influence of building orientation on internal temperature in Saharan climates, building located in Ghardaïa region (Algeria). *Thermal Science*, 17(2), 349-364.
- 5) Bell, S. (2004). *Elements of Visual Design in the Landscape*: Spon Press.
- 6) Benyoucef, B. (1986). *Le M'zab: les pratiques de l'espace*. Alger: Editions Entreprise Nationale du Livre.
- 7) Benyoucef, B. (1992). *Le M'zab: espace et société*. Alger: éditions IBD.
- 8) Benyoucef, B. (2010). *Le m'zab parcours millenaire*. Alger: Edition Alpha.
- 9) Beretta, G., & Nonaka, Y. (2000). House painting with NCS in the USA. *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi LV (1)*, 93-118.

-
- 10) Biggam, C. P. (2011). *New Directions in Colour Studies*: John Benjamins Publishing Company.
 - 11) Biggam, C. P., Hough, C. A., Kay, C. J., & Simmons, D. R. (2011). *New Directions in Colour Studies*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
 - 12) Billger, M. (1999). *Colour in Enclosed Space Observation of Colour Phenomena and Development of Methods for Identification of Colour Appearance in Rooms*: Chalmers University of Technology.
 - 13) Billmeyer, F. W. (1987). Survey of color order systems. *Color Research & Application*, 12(4), 173-186. doi: 10.1002/col.5080120405
 - 14) Billmeyer, F. W., & Bencuya, A. K. (1987). Interrelation of the natural color system and the munsell color order system. *Color Research & Application*, 12(5), 243-255. doi: 10.1002/col.5080120505
 - 15) Birren, F. (1988). *Light, Color & Environment: Presenting a Wealth of Data on the Biological and Psychological Effects of Color, with Detailed Recommendations for Practical Color Use, Special Attention to Computer Facilities, and a Historic Review of Period Styles*: Schiffer Pub.
 - 16) Bouchair, A. (2004). Decline of urban ecosystem of Mزاب valley. *Building and Environment*, 39(6), 719-732. doi: 10.1016/j.buildenv.2003.12.001
 - 17) Bouchair, A. (2015). Sustainability features of vernacular architecture in Southern Algeria. Paper presented at the VerSus 2014 / 2nd Mediterra / 2nd ResTapia - International Conference on Vernacular Heritage, Sustainability and Earthen Architecture, Valencia.

-
- 18)** Bouchair, A., & Dupagne, A. (2003). Building traditions of Mزاب facing the challenges of re-shaping of its built form and society. *Building and Environment*, 38(11), 1345-1364. doi: 10.1016/S0360-1323(03)00065-9
- 19)** Caivano, J. L. (2006). Research on color in architecture and environmental design: Brief history, current developments, and possible future. *Color Research & Application*, 31(4), 350-363. doi: 10.1002/col.20224
- 20)** Chevreul, M. E., & Martel, C. (1981). *The Principles of Harmony and Contrast of Colours, and Their Applications to the Arts: Including Painting, Interior Decoration, Tapestries, Carpets, Mosaics, Coloured Glazing, Paper-staining, Calico-printing, Letterpress Printing, Map-colouring, Dress, Landscape and Flower Gardening, Etc:* Henry G. Bohn.
- 21)** Codoñer, Á. G., de Oliveira, I. B., Barchino, A. T., Lluch, J. S., & Verdú, J. L. (2016). Putting the Colour Back into the Rua Junqueira in Lisbon. Paper presented at the Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica.
- 22)** de Heer, J. (2009). *The Architectonic Colour: Polychromy in the Purist Architecture of Le Corbusier*: 010 Publishers.
- 23)** Didillon, H., & Donnadieu, C. (1977). *Habiter le désert: les maisons mozabites : recherches sur un type d'architecture traditionnelle pré-saharienne*. Liège: Éditions Mardaga.
- 24)** Dluzewska, A., & Dluzewski, M. (2017). Tourism versus the transformation of ksours-Southern Morocco case study. *Bulletin of Geography*, 36(36), 77-86. doi: 10.1515/bog-2017-0015
- 25)** Eiseman, L. (2000). *Colors for Your Every Mood: Discover Your True Decorating Colors*: Capital Books.

-
- 26)** Elbl, M. M. (2008). Qasba in the Maghrib. In H. Selin (Ed.), *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures* (pp. 1-15). Dordrecht: Springer Netherlands.
- 27)** Fairchild, M. D. (2013). *Color Appearance Models*: Wiley.
- 28)** Fehrman, K., & Fehrman, C. (1999). *Colour: the Secret Influence*: Pearson Education, Limited.
- 29)** Fråginstitutet (Ed.). (2007). *NCS Digital Atlas 1950*. Sweden: Scandiaviska Fråginstitutet AB.
- 30)** Fridell Anter, K. (2000). *What colour is the red house? Perceived colour of painted facades*: Stockholm: Architecture, Royal Institute of Technology.
- 31)** Fridell Anter, K., & Billger, M. (2010). *Colour research with architectural relevance: How can different approaches gain from each other?* *Color Research & Application*, 35(2), 145-152. doi: 10.1002/col.20565
- 32)** Fridell Anter, K., Arnkil, H., & Klarén, U. (2015). *The ambiguous term of "saturation"*. Paper presented at the AIC2015 TOKYO - Color and Image, Japan.
- 33)** Gage, J. (1999). *Color and Culture: Practice and Meaning from Antiquity to Abstraction*: University of California Press.
- 34)** García, L., Hernández, J., & Ayuga, F. (2006). *Analysis of the materials and exterior texture of agro-industrial buildings: a photo-analytical approach to landscape integration*. *Landscape and Urban Planning*, 74(2), 110-124. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.10.007>

- 35)** Garcia-Codoñer, A., Verdú, J. L., Barchino, A. T., Guillén, R. V., & Lluch, J. S. (2009). Colour as a structural variable of historical urban form. *Color Research & Application*, 34(3), 253-265. doi: 10.1002/col.20491
- 36)** Hård, A. (1970). Qualitative Attributes of Colour Perception: Color 69.
- 37)** Hard, A., & Sivik, L. (1979). Outlines of a theory of colors in combination. *Man-Environment-Systems*, 9, 217-228.
- 38)** Hård, A., & Sivik, L. (1981). NCS—Natural Color System: A Swedish Standard for Color Notation. *Color Research & Application*, 6(3), 129-138. doi: 10.1002/col.5080060303
- 39)** Hård, A., & Sivik, L. (1986). Distinctness of border: An alternative concept for a uniform color space. *Color Research & Application*, 11(2), 169-175. doi: 10.1002/col.5080110215
- 40)** Hard, A., & Sivik, L. (1989). On studying color combinations—some reflections and preliminary results. *Göteborg Psychological Reports*, 19(2).
- 41)** Hård, A., & Sivik, L. (2001). A theory of colors in combination—A descriptive model related to the NCS color-order system. *Color Research & Application*, 26(1), 4-28. doi: 10.1002/1520-6378(200102)26:1<4::AID-COL3>3.0.CO;2-T
- 42)** Hård, A., Sivik, L., & Tonnquist, G. (1996a). NCS, natural color system—From concept to research and applications. Part I. *Color Research & Application*, 21(3), 180-205. doi: 10.1002/(SICI)1520-6378(199606)21:3<180::AID-COL2>3.0.CO;2-O
- 43)** Hård, A., Sivik, L., & Tonnquist, G. (1996b). NCS, natural color system—From concept to research and applications. Part II. *Color Research & Application*, 21(3), 206-220. doi: 10.1002/(SICI)1520-6378(199606)21:3<206::AID-COL3>3.0.CO;2-W

-
- 44) Hardin, C. L., & Maffi, L. (1997). *Color Categories in Thought and Language*: Cambridge University Press.
- 45) Hårleman, M. (2007). *Daylight influence on colour design: empirical study on perceived colour and colour experience indoors*. Stockholm: Axl Books.
- 46) Helen, V. (1983). *Colour*. Marshall Editions, London.
- 47) Hering, E. (1878). *Zur lehre vom lichtsinn: Sechs mittheilungen an die Kaiserl : Akademie der wissenschaften im Wien*: C. Gerold's Sohn.
- 48) Hering, E. (1964). *Outlines of a theory of the light sense*: Harvard University Press.
- 49) Hesselgren, S. (1952). *Hesselgrens Färgatlas kortfattad färglära*: T. Palmer AB, Stockholm.
- 50) Holtzschue, L. (2012). *Understanding Color: An Introduction for Designers*: Wiley.
- 51) Itten, J. (2004). *Art de la couleur*: Dessain et Tolra.
- 52) Jackson, J. B. (1984). *Discovering the Vernacular Landscape*. New Haven: Yale University Press.
- 53) Jin, H.-R., Yu, M., Kim, D.-W., Kim, N.-G., & Chung, A. (2009). Study on physiological responses to colour stimulation. Paper presented at the International Association of Societies of Design Research: Proceedings of an international conference held in COEX, Seoul.
- 54) Johansson, T. (1936). *Färgkomposition (Color composition)*. Unpublished work.
- 55) Johansson, T. (1937). *Färg*: Lindfors Bokförlag, AB.
- 56) Kaiser, P. K. (1984). Physiological response to color: A critical review. *Color Research & Application*, 9(1), 29-36. doi: doi:10.1002/col.5080090106

-
- 57) Kuehni, R. G. (1983). *Color, Essence and Logic*: Van Nostrand Reinhold.
- 58) Kuehni, R. G. (1986). *COLOR TECHNOLOGY in the textile industry* Second Edition: Aatcc.
- 59) Kuehni, R. G. (2003). *Color Space and Its Divisions: Color Order from Antiquity to the Present*: Wiley.
- 60) Kuehni, R. G. (2004). *Color: An Introduction to Practice and Principles*: Wiley.
- 61) Larousse. (2015). *Dictionnaire Larousse de poche plus*: Larousse.
- 62) Lenclos, J. P., & Lenclos, D. (1982). *Les couleurs de la France: maisons et paysages*. Paris: Editions du Moniteur.
- 63) Lenclos, J. P., & Lenclos, D. (1995). *Les couleurs de l'Europe: géographie de la couleur*. Paris: Editions du Moniteur.
- 64) Lenclos, J. P., & Lenclos, D. (1999). *Couleurs du monde: géographie de la couleur*. Paris: Editions du Moniteur.
- 65) Llopis, J., Torres, A., Serra, J., & García, Á. (2015). The preservation of the chromatic image of historical cities as a cultural value. The old city of Valencia (Spain). *Journal of Cultural Heritage*, 16(5), 611-622. doi: 10.1016/j.culher.2015.01.005
- 66) Lluch, J. S., Barchino, A. T., de la Torre Fornés, I., & Codoñer, Á. G. (2016). *Experimentation with Colour in Architectural Spaces*. Paper presented at the Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica.
- 67) Mahnke, F. H. (1996). *Color, Environment, and Human Response: An Interdisciplinary Understanding of Color and Its Use as a Beneficial Element in the Design of the Architectural Environment*: Wiley.

-
- 68) Martinson, B. E., & Bukoski, K. (2005). Seeing Color. *Implications*, 3, 1-6.
- 69) Massia, J. V., García Codoñer, Á., Torres Barchino, A., Llopis Verdú, J., & Villaplana, R. (1995). El color del centro histórico. *Arquitectura histórica y color en el Barrio del Carmen de Valencia*.
- 70) Mazouz, S., & Zerouala, M. S. (1999). The Derivation and Re-Use of Vernacular Urban Space Concepts. *Architectural Science Review*, 42(1), 3-13. doi: 10.1080/00038628.1999.9696843
- 71) Meerwein, G., Rodeck, B., & Mahnke, F. H. (2007). *Color - Communication in Architectural Space*: Birkhäuser Basel.
- 72) Moussaoui, A. (2002). *Espace et sacré au Sahara: ksour et oasis du sud-ouest algérien*. Paris: CNRS Éditions.
- 73) Munzi, M., Schirru, G., & Tantillo, I. (2014). Centenarium. *Libyan Studies*, 45, 49-64.
- 74) Nemcsics, A., & Caivano, J. L. (2014). Color Order Systems. In R. Luo (Ed.), *Encyclopedia of Color Science and Technology* (pp. 1-16). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- 75) Nguyen, L., & Teller, J. (2013). La couleur dans l'environnement urbain. Validation d'un protocole de caractérisation chromatique. *Ambiances. Environnement sensible, architecture et espace urbain*. doi: 10.4000/ambiances.365
- 76) Nguyen, L., & Teller, J. (2016). Color in the urban environment: A user-oriented protocol for chromatic characterization and the development of a parametric typology. *Color Research & Application*, n/a-n/a. doi: 10.1002/col.22022
- 77) Orna, M. V. (2012). *The Chemical History of Color*: Springer Berlin Heidelberg.

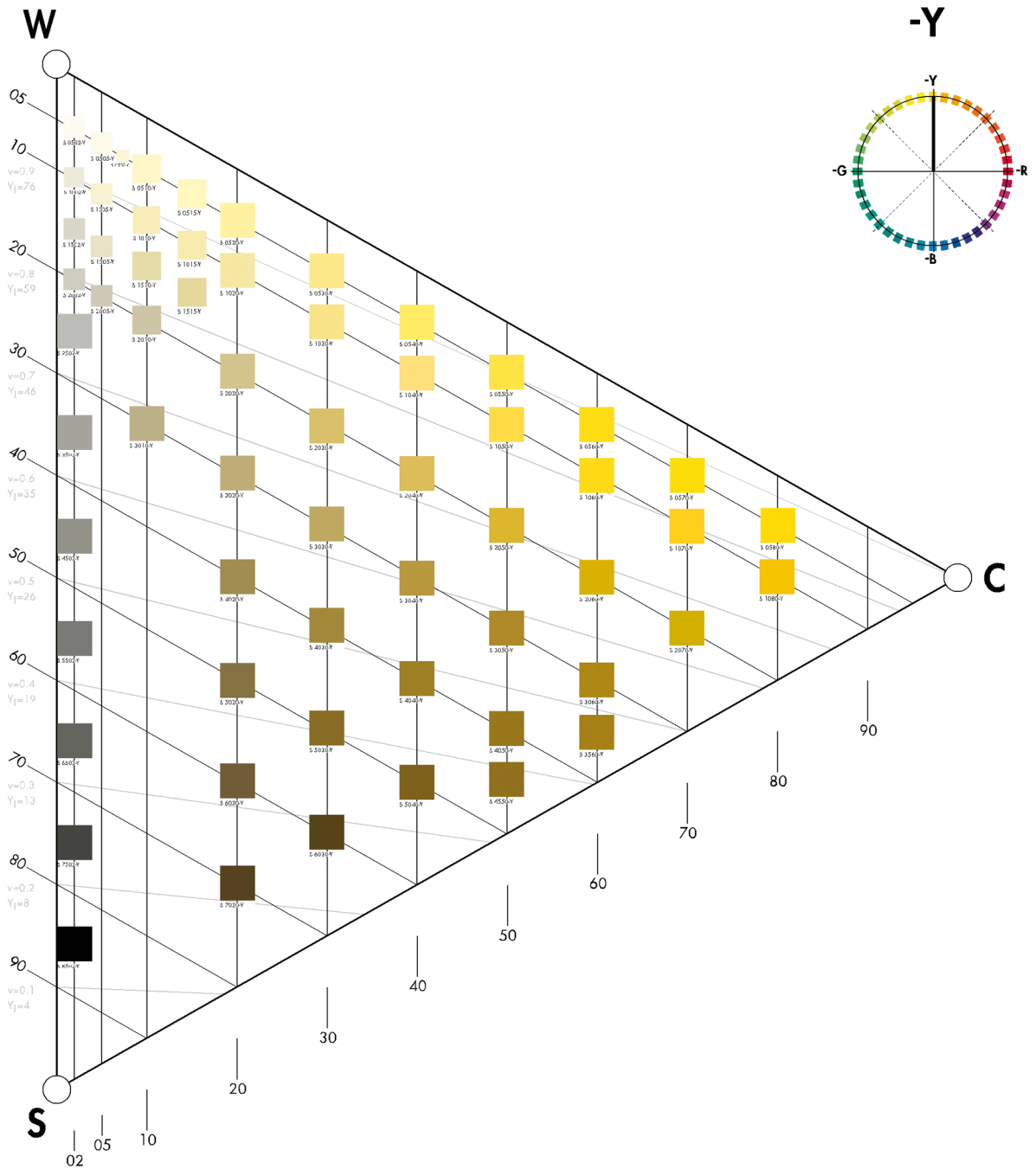
-
- 78) Ravéreau, A., & Roche, M. (1981). *Le M'Zab, une leçon d'architecture*. Paris: Sindbad.
- 79) Ravéreau, A., Baudouï, R., & Potié, P. (2003). *André Ravéreau: l'atelier du désert*. Marseille: Editions Parenthèses.
- 80) Robert, W. G. H. (1991). *Measuring colour*: Ellis Horwood Limited.
- 81) Roche, M. (1970). *Le M'zàb: architecture ibadite en Algérie*. Paris: Editions Arthaud.
- 82) Roche, M., & Mammeri, M. (2003). *Le M'Zab: cités millénaires du Sahara*. France: Etudes & Communications éditions.
- 83) Ronchi, L. R. (2010). *Color communication in architecture dealt with by AIC from 1982 to 2008*: Fondazione Giorgio Ronchi.
- 84) Roth, E. G., & Eckert, J. K. (2011). The Vernacular Landscape of Assisted Living. *J Aging Stud*, 25(3), 215-224. doi: 10.1016/j.jaging.2011.03.005
- 85) Schindler, V. M. (2005). Colour as vocation: Werner Spillmann's contribution to environmental colour design. *Color Research & Application*, 30(1), 53-65. doi: 10.1002/col.20075
- 86) Serra, J. (2010). CONTEMPORARY ARCHITECTURE AND COLOR OF THE LANDSCAPE: BETWEEN MIMICRY AND UNIQUENESS. *Ega-Revista De Expresion Grafica Arquitectonica*(16), 106-+.
- 87) Serra, J. (2013). Three color strategies in architectural composition. *Color Research & Application*, 38(4), 238-250. doi: 10.1002/col.21717
- 88) Serra, J. (2013a). How to evaluate the chromatic integration of architectures with visual impact on the landscape by using objective and subjective indicators: state of the art. Paper presented at the AIC Colour 2013, Newcastle, UK.

-
- 89) Serra, J. (2013b). Three color strategies in architectural composition. *Color Research & Application*, 38(4), 238-250. doi: 10.1002/col.21717
- 90) Serra, J. (2013c). The versatility of color in contemporary architecture. *Color Research & Application*, 38(5), 344-355. doi: 10.1002/col.21734
- 91) Serra, J., & Codoñer, Á. G. (2014). Color composition in postmodern western architecture. *Color Research & Application*, 39(4), 399-412. doi: 10.1002/col.21814
- 92) Serra, J., Llopis, J., Torres, A., & Gimenez, M. (2016). Color combination criteria in Le Corbusier's Purist architecture based on Salubra claviers from 1931. *Color Research and Application*, 41(1), 85-100. doi: 10.1002/col.21940
- 93) Serra, J. (2019) *Color for architects*, Princeton Architectural Press
- 94) Servantie, M. P. (2007). *Chromo-architecture: l'art de construire en couleur*. Paris: Editions Alternatives.
- 95) Shevell, S. K. (2003). *The Science of Color*: Elsevier Science.
- 96) Sivik, L., & Hård, A. (1994). Some reflections on studying colour combinations. *Color Research & Application*, 19(4), 286-295. doi: 10.1002/col.5080190409
- 97) Spillmann, W. (1985). Color order systems and architectural color design. *Color Research & Application*, 10(1), 5-11. doi: 10.1002/col.5080100104
- 98) Stasiak, N., Kukula-Koch, W., & Glowniak, K. (2014). Modern industrial and pharmacological applications of indigo dye and its derivatives--a review. *Acta Pol Pharm*, 71(2), 215-221.
- 99) UNESCO. (2009, 2009). La vallée du M'zab. from <http://whc.unesco.org/fr/list/188>

- 100)** Wyszecki, G., & Stiles, W. S. (1982). *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*. 2nd edition. New York: Wiley.

Annexes

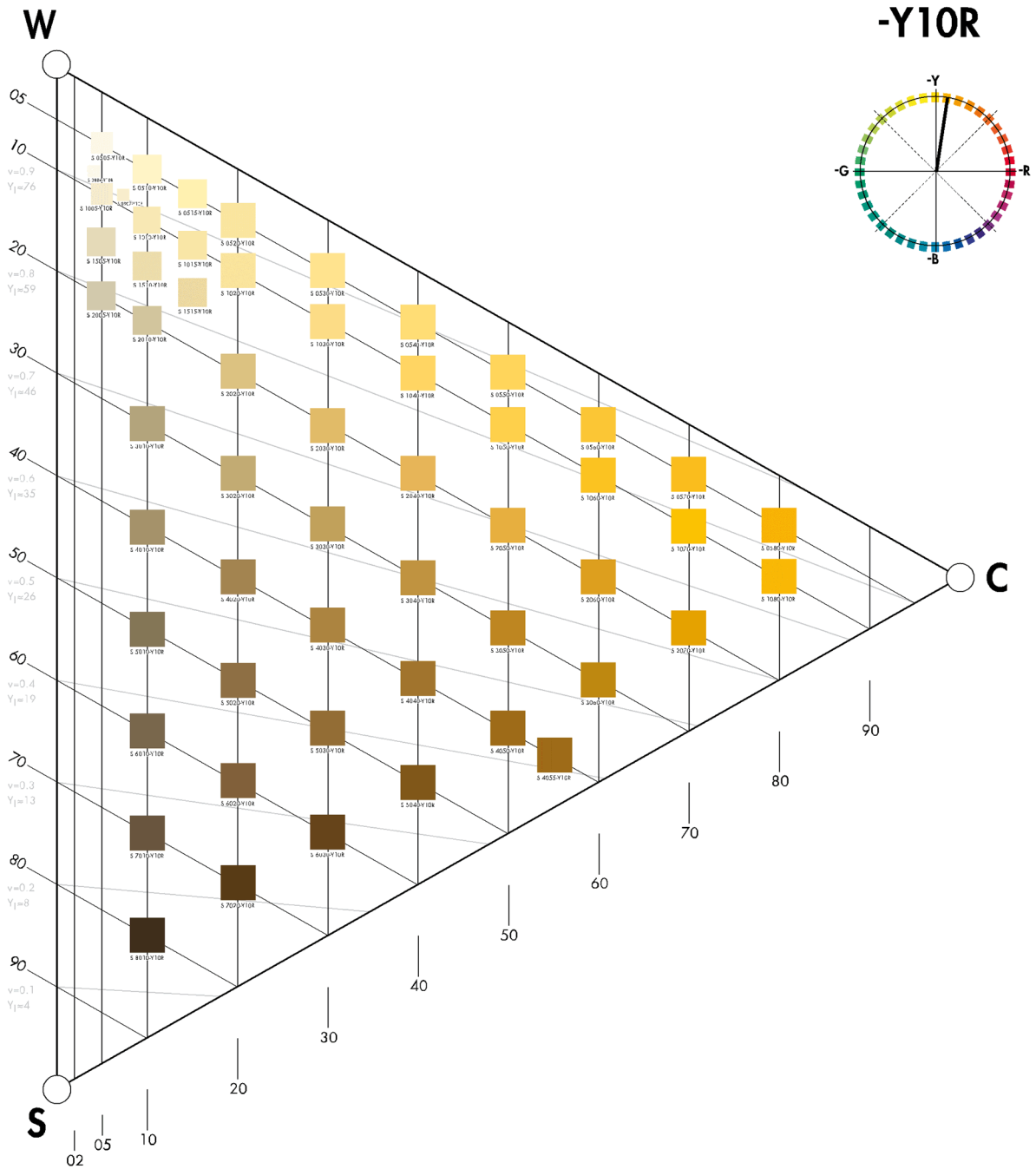
Teinte (Y)



Notation NCS	Notation CMJN				Notation RVB		
	C	M	J	N	R	V	B
S 0505-Y	0	0	14	0	255	251	231
S 0507-Y	0	0	25	0	255	249	214
S 0510-Y	0	0	30	0	255	248	202
S 0515-Y	0	0	35	0	255	246	190
S 0520-Y	0	3	46	0	255	238	167

S 0530-Y	0	3	55	0	255	235	146
S 0540-Y	0	3	70	0	254	230	107
S 0550-Y	0	7	80	0	253	221	78
S 0560-Y	0	10	90	0	253	215	44
S 0570-Y	0	8	100	0	250	213	0
S 0580-Y	0	12	100	0	249	207	0
S 1005-Y	0	0	20	5	245	240	211
S 1010-Y	0	1	35	5	244	234	181
S 1015-Y	0	3	38	4	246	233	176
S 1020-Y	0	4	43	5	244	229	163
S 1030-Y	0	8	55	3	246	222	138
S 1040-Y	0	10	60	2	249	221	128
S 1050-Y	0	12	80	0	254	215	76
S 1060-Y	0	13	90	0	252	211	43
S 1070-Y	0	17	90	2	247	202	39
S 1080-Y	0	20	100	5	236	188	0
S 1505-Y	0	2	20	12	229	223	196
S 1510-Y	0	2	35	15	222	213	165
S 1515-Y	0	4	40	15	221	209	154
S 2005-Y	0	2	20	25	200	196	173
S 2010-Y	0	4	28	25	198	190	158
S 2020-Y	0	5	43	24	200	187	134
S 2030-Y	0	10	60	20	205	184	103
S 2040-Y	0	14	70	18	208	179	83
S 2050-Y	0	18	86	18	206	169	38
S 2060-Y	0	18	95	20	199	163	0
S 2070-Y	0	16	100	23	193	159	0
S 3010-Y	0	6	36	35	175	165	128
S 3020-Y	0	10	48	33	177	161	109
S 3030-Y	0	12	60	33	175	155	88
S 3040-Y	0	20	75	35	168	138	54
S 3050-Y	0	25	85	40	156	122	25
S 3060-Y	0	25	95	40	156	121	0
S 3560-Y	0	28	100	43	152	116	0
S 4020-Y	0	15	60	47	144	126	71
S 4030-Y	0	20	75	45	147	121	46
S 4040-Y	0	23	85	48	139	110	19
S 4050-Y	0	25	90	50	134	104	0
S 4550-Y	0	28	100	53	129	99	0
S 5020-Y	0	17	60	60	116	100	56
S 5030-Y	0	27	82	58	118	91	20
S 5040-Y	0	30	90	62	106	79	0
S 6020-Y	0	25	60	68	98	79	44
S 6030-Y	0	28	100	80	62	48	0
S 7020-Y	0	30	70	80	67	50	18

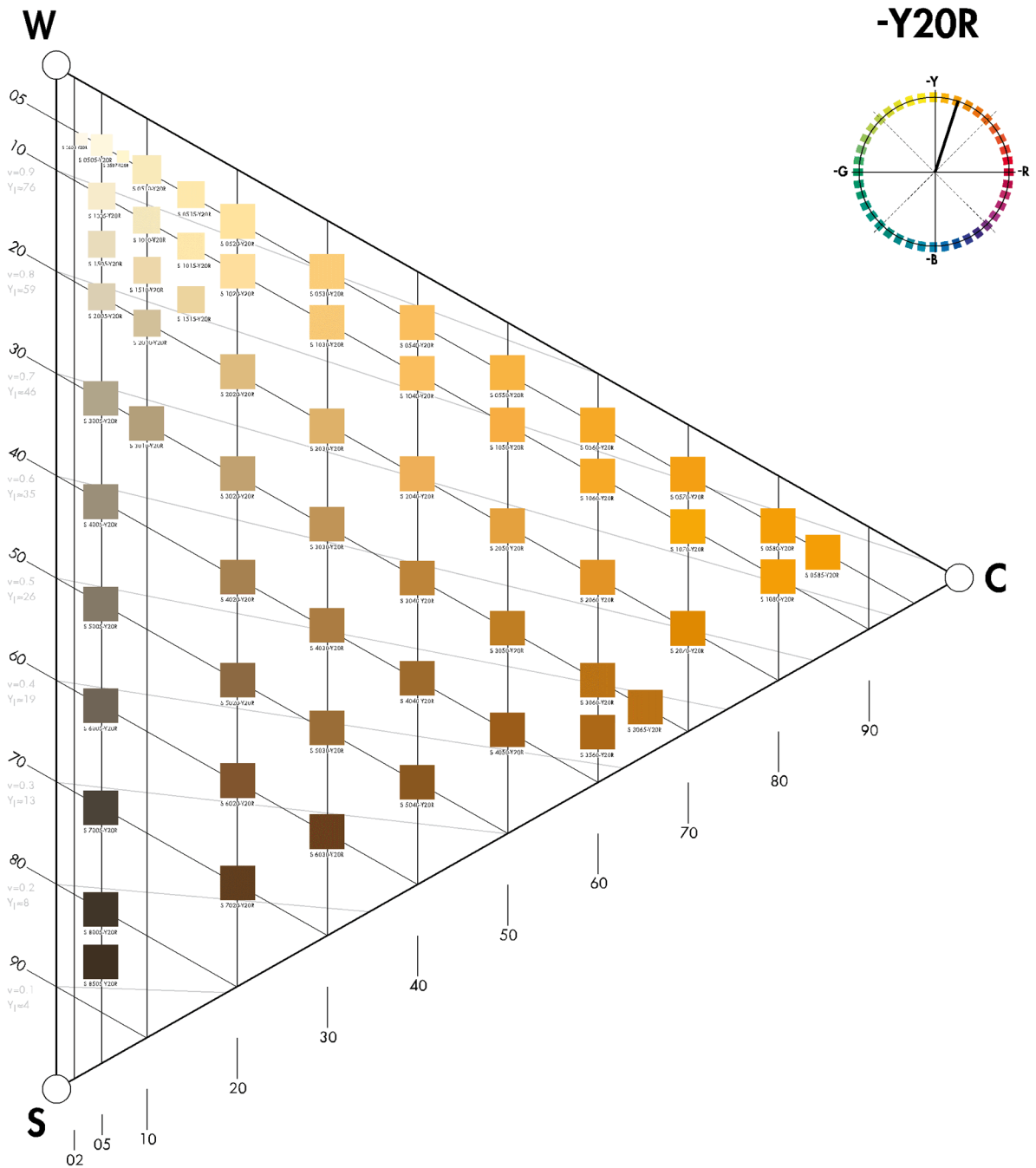
Teinte (Y10R)



Notation NCS	Notation CMJN				Notation RVB		
	C	M	J	N	R	V	B
S 0505-Y10R	0	1	15	0	255	249	229
S 0510-Y10R	0	3	30	0	255	244	200
S 0515-Y10R	0	4	40	0	255	239	179
S 0520-Y10R	0	6	46	0	255	235	165
S 0530-Y10R	0	11	53	0	255	226	146
S 0540-Y10R	0	13	63	0	255	220	122
S 0550-Y10R	0	17	72	0	255	213	98

S 0560-Y10R	0	25	85	0	253	195	54
S 0570-Y10R	0	29	91	0	251	187	34
S 0580-Y10R	0	34	100	0	248	175	0
S 0804-Y10R	0	1	8	1	253	249	239
S 0907-Y10R	0	3	25	3	249	238	203
S 1005-Y10R	0	3	20	6	243	234	206
S 1010-Y10R	0	5	35	5	243	229	180
S 1015-Y10R	0	7	40	5	040	224	168
S 1020-Y10R	0	8	45	4	245	224	159
S 1030-Y10R	0	13	55	2	250	219	138
S 1040-Y10R	0	17	70	0	255	213	102
S 1050-Y10R	0	20	78	0	255	205	78
S 1060-Y10R	0	26	90	0	251	192	40
S 1070-Y10R	0	26	98	0	249	188	0
S 1080-Y10R	0	30	100	0	248	181	0
S 1505-Y10R	0	4	25	15	222	212	180
S 1510-Y10R	0	5	35	10	232	219	171
S 1515-Y10R	0	8	40	10	231	213	159
S 2005-Y10R	0	5	25	23	203	193	165
S 2010-Y10R	0	6	33	24	200	189	151
S 2020-Y10R	0	12	50	18	210	187	125
S 2030-Y10R	0	20	62	15	216	179	100
S 2040-Y10R	0	27	70	10	225	175	85
S 2050-Y10R	0	30	80	10	222	167	61
S 2060-Y10R	0	35	91	14	209	149	24
S 2070-Y10R	0	36	100	10	225	157	0
S 3010-Y10R	0	10	40	38	167	153	115
S 3020-Y10R	0	15	50	30	182	159	107
S 3030-Y10R	0	20	62	30	180	150	83
S 3040-Y10R	0	30	75	30	176	133	56
S 3050-Y10R	0	38	90	30	175	120	18
S 3060-Y10R	0	37	100	30	181	126	0
S 4010-Y10R	0	15	45	45	150	133	96
S 4020-Y10R	0	25	60	45	146	118	69
S 4030-Y10R	0	30	72	40	156	119	54
S 4040-Y10R	0	37	80	45	145	102	35
S 4050-Y10R	0	43	94	45	145	92	0
S 4055-Y10R	0	44	100	45	149	95	0
S 5010-Y10R	0	15	45	60	117	104	74
S 5020-Y10R	0	30	60	54	127	98	58
S 5030-Y10R	0	35	72	52	130	95	43
S 5040-Y10R	0	43	90	60	113	71	2
S 6010-Y10R	0	20	45	65	106	90	65
S 6020-Y10R	0	36	62	60	114	83	48
S 6030-Y10R	0	45	82	72	83	51	11
S 7010-Y10R	0	27	47	72	90	72	51
S 7020-Y10R	0	45	90	79	68	41	0
S 8010-Y10R	0	35	60	90	46	33	18

Teinte (Y20R)

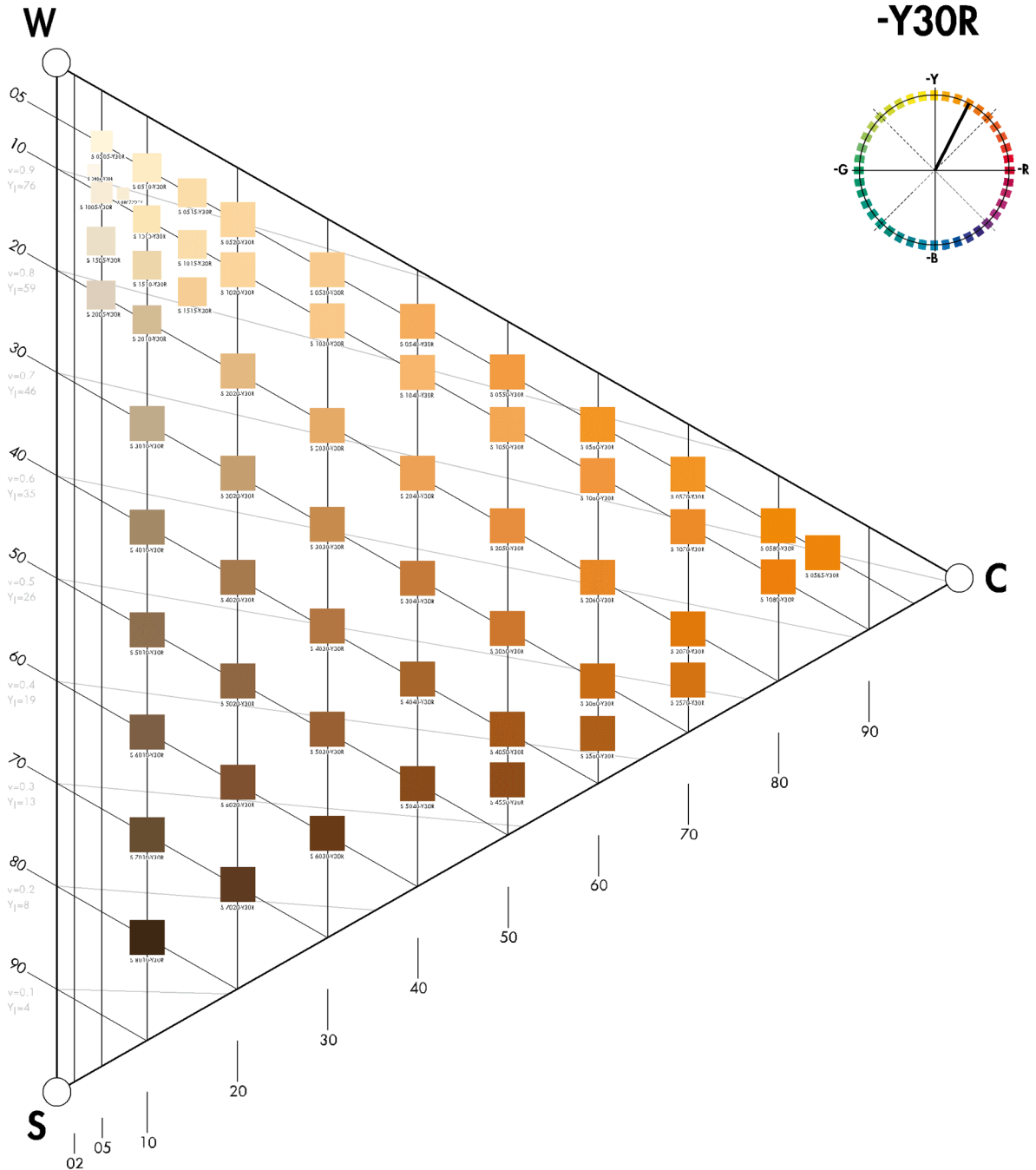


Notation NCS	Notation CMJN				Notation RVB		
	C	M	J	N	R	V	B
S 0505-Y20R	0	2	17	0	255	248	225
S 0507-Y20R	0	3	25	0	255	245	211
S 0510-Y20R	0	5	35	0	255	240	189
S 0515-Y20R	0	8	40	0	255	234	177
S 0520-Y20R	0	11	45	0	255	228	163
S 0530-Y20R	0	21	60	0	255	209	122
S 0540-Y20R	0	30	70	0	255	192	95

S 0550-Y20R	0	35	80	0	251	179	67
S 0560-Y20R	0	40	90	0	248	166	34
S 0570-Y20R	0	45	95	0	244	154	10
S 0580-Y20R	0	45	100	0	244	154	0
S 0585-Y20R	0	45	100	0	244	153	0
S 0603-Y20R	0	1	12	0	255	250	234
S 1005-Y20R	0	4	22	5	244	234	204
S 1010-Y20R	0	5	30	5	244	231	189
S 1015-Y20R	0	10	40	0	255	231	175
S 1020-Y20R	0	15	45	0	255	222	159
S 1030-Y20R	0	25	60	0	255	203	120
S 1040-Y20R	0	30	70	0	255	192	94
S 1050-Y20R	0	39	80	0	250	172	66
S 1060-Y20R	0	40	90	0	248	167	34
S 1070-Y20R	0	40	100	0	245	163	0
S 1080-Y20R	0	45	100	0	244	153	0
S 1505-Y20R	0	5	25	12	228	217	185
S 1510-Y20R	0	10	35	10	231	212	168
S 1515-Y20R	0	12	40	10	231	207	156
S 2005-Y20R	0	6	25	19	212	201	173
S 2010-Y20R	0	10	35	23	201	184	146
S 2020-Y20R	0	20	50	16	214	180	122
S 2030-Y20R	0	27	60	15	214	169	101
S 2040-Y20R	0	35	70	5	235	171	87
S 2050-Y20R	0	38	80	10	219	153	61
S 2060-Y20R	0	45	90	10	215	137	33
S 2070-Y20R	0	50	100	10	221	131	0
S 3005-Y20R	0	7	30	40	164	155	129
S 3010-Y20R	0	15	40	38	166	147	113
S 3020-Y20R	0	22	50	30	181	150	104
S 3030-Y20R	0	30	62	30	176	136	79
S 3040-Y20R	0	40	78	30	173	119	48
S 3050-Y20R	0	45	90	28	178	112	20
S 3060-Y20R	0	50	95	30	175	102	0
S 3065-Y20R	0	52	100	30	179	101	0
S 3560-Y20R	0	52	100	37	164	93	0
S 4005-Y20R	0	10	30	50	142	132	111
S 4020-Y20R	0	30	60	43	149	115	69
S 4030-Y20R	0	38	70	40	154	109	55
S 4040-Y20R	0	43	80	45	143	94	34
S 4050-Y20R	0	55	95	45	143	75	0
S 5005-Y20R	0	12	30	60	119	109	92
S 5020-Y20R	0	35	60	55	125	92	56
S 5030-Y20R	0	40	72	48	139	96	46
S 5040-Y20R	0	50	85	55	123	71	16
S 6005-Y20R	0	13	30	70	95	86	72
S 6020-Y20R	0	46	70	60	113	72	36
S 6030-Y20R	0	55	80	70	89	47	15

S 7005-Y20R	0	15	30	85	60	53	43
S 7020-Y20R	0	47	74	75	78	48	19
S 8005-Y20R	0	20	40	90	48	40	29
S 8505-Y20R	0	30	50	90	47	35	23

Teinte (Y30R)

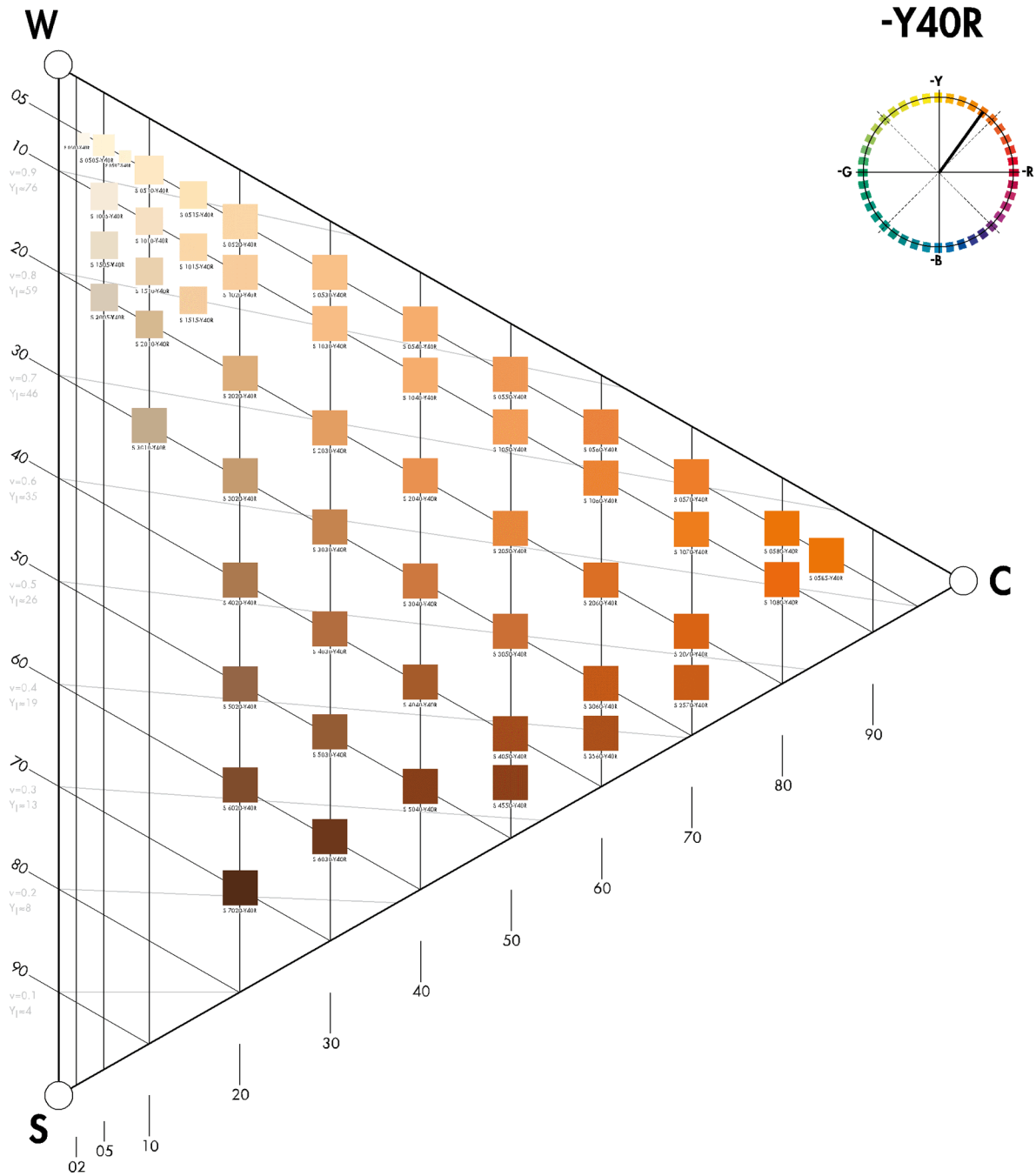


Notation NCS	Notation CMJN				Notation RVB		
	C	M	J	N	R	V	B
S 0505-Y30R	0	4	19	0	255	245	220

S 0510-Y30R	0	7	30	0	255	239	198
S 0515-Y30R	0	14	40	0	255	225	170
S 0520-Y30R	0	19	44	0	255	216	158
S 0530-Y30R	0	24	49	0	255	206	144
S 0540-Y30R	0	38	68	0	254	178	95
S 0550-Y30R	0	48	80	0	247	153	59
S 0560-Y30R	0	49	91	0	244	148	30
S 0570-Y30R	0	51	91	0	243	143	27
S 0580-Y30R	0	55	100	0	240	132	0
S 0585-Y30R	0	58	98	0	240	126	0
S 0804-Y30R	0	4	15	0	255	246	226
S 0907-Y30R	0	6	20	3	249	236	210
S 1005-Y30R	0	4	16	5	245	235	214
S 1010-Y30R	0	10	35	2	251	228	182
S 1015-Y30R	0	15	38	0	255	224	174
S 1020-Y30R	0	20	43	0	255	214	159
S 1030-Y30R	0	26	51	0	255	203	138
S 1040-Y30R	0	34	61	0	254	186	111
S 1050-Y30R	0	42	72	0	253	169	81
S 1060-Y30R	0	50	80	0	247	149	58
S 1070-Y30R	0	55	90	0	243	135	28
S 1080-Y30R	0	60	98	0	239	121	0
S 1505-Y30R	0	5	20	10	233	222	196
S 1510-Y30R	0	10	35	10	231	211	167
S 1515-Y30R	0	20	45	5	241	203	147
S 2005-Y30R	0	7	20	18	214	203	181
S 2010-Y30R	0	15	37	22	202	179	141
S 2020-Y30R	0	26	49	12	221	178	126
S 2030-Y30R	0	35	62	10	223	164	99
S 2040-Y30R	0	42	70	5	233	158	83
S 2050-Y30R	0	51	79	6	225	135	60
S 2060-Y30R	0	55	90	5	224	125	32
S 2070-Y30R	0	60	100	8	222	113	0
S 2570-Y30R	0	60	100	15	206	104	0
S 3010-Y30R	0	15	35	32	179	160	129
S 3020-Y30R	0	28	50	27	185	147	104
S 3030-Y30R	0	40	68	25	184	128	71
S 3040-Y30R	0	50	78	25	180	109	48
S 3050-Y30R	0	55	85	20	188	105	35
S 3060-Y30R	0	60	100	22	192	96	0
S 3560-Y30R	0	60	100	35	166	82	0
S 4010-Y30R	0	23	45	45	148	124	92
S 4020-Y30R	0	37	60	42	150	109	68
S 4030-Y30R	0	46	70	35	162	104	55
S 4040-Y30R	0	53	82	40	151	85	30
S 4050-Y30R	0	62	98	40	155	72	0
S 4550-Y30R	0	62	100	50	136	63	0
S 5010-Y30R	0	30	50	55	126	98	69

S 5020-Y30R	0	40	60	53	127	89	55
S 5030-Y30R	0	50	72	48	136	82	41
S 5040-Y30R	0	60	90	55	122	56	1
S 6010-Y30R	0	35	50	62	111	83	60
S 6020-Y30R	0	50	68	60	112	67	37
S 6030-Y30R	0	60	85	70	89	41	4
S 7010-Y30R	0	35	60	72	88	64	37
S 7020-Y30R	0	51	71	76	76	44	21
S 8010-Y30R	0	50	80	90	45	27	3

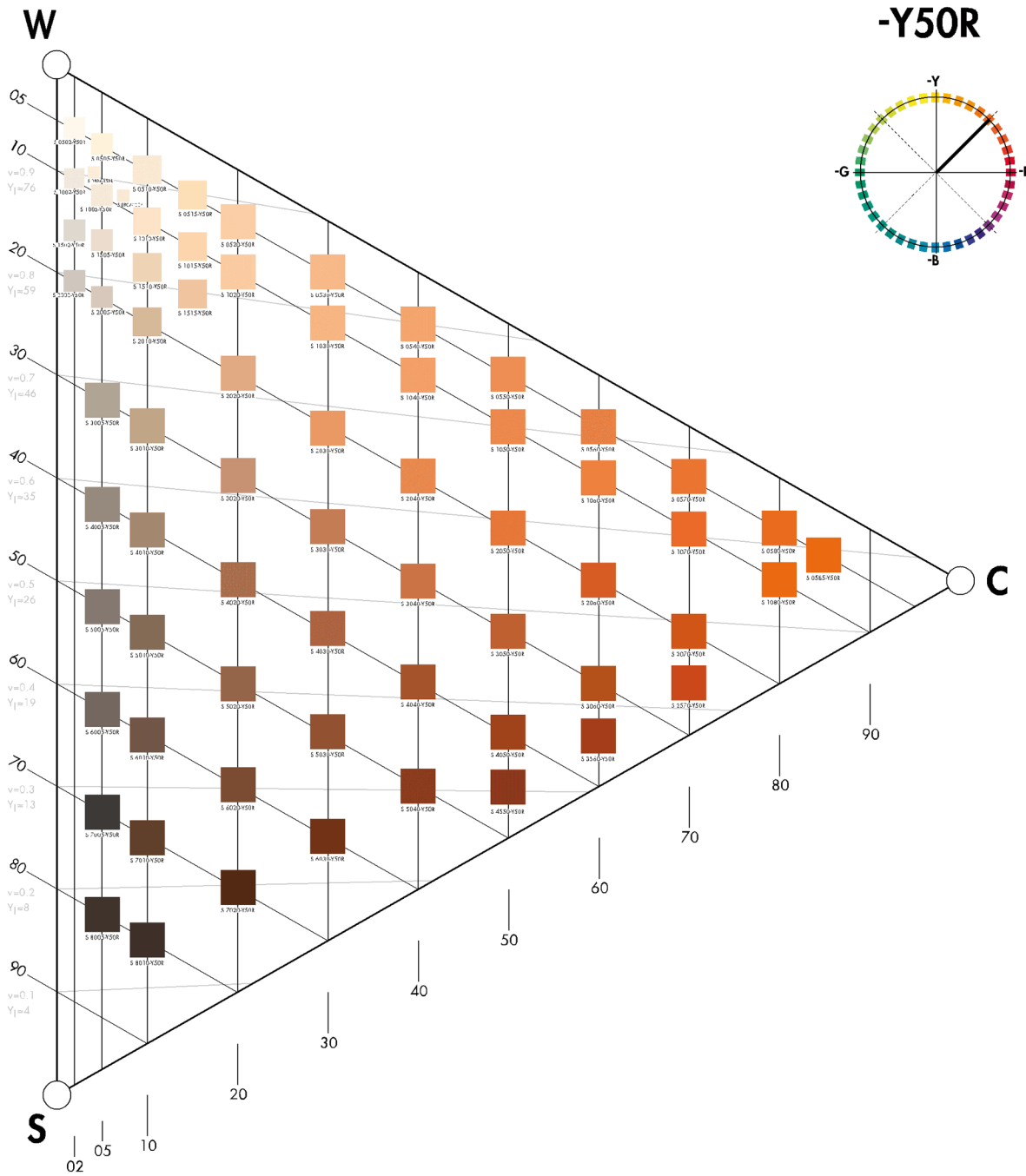
Teinte (Y40R)



Notation NCS	Notation CMJN				Notation RVB		
	C	M	J	N	R	V	B
S 0505-Y40R	0	5	21	0	255	243	215
S 0507-Y40R	0	6	23	0	255	242	211
S 0510-Y40R	0	10	28	0	255	235	199
S 0515-Y40R	0	12	35	0	255	230	184
S 0520-Y40R	0	20	40	0	255	215	165

S 0530-Y40R	0	30	50	0	255	195	136
S 0540-Y40R	0	40	60	0	254	175	109
S 0550-Y40R	0	50	70	0	251	151	77
S 0560-Y40R	0	59	80	0	244	128	50
S 0570-Y40R	0	61	90	0	041	122	26
S 0580-Y40R	0	65	100	0	236	109	0
S 0585-Y40R	0	65	100	0	236	109	0
S 0603-Y40R	0	2	12	0	255	249	233
S 1005-Y40R	0	5	15	5	244	233	214
S 1010-Y40R	0	13	25	3	248	223	194
S 1015-Y40R	0	18	38	0	255	219	171
S 1030-Y40R	0	32	51	0	255	191	132
S 1040-Y40R	0	40	60	0	254	175	109
S 1050-Y40R	0	47	70	0	252	158	80
S 1060-Y40R	0	59	85	0	244	128	42
S 1070-Y40R	0	61	95	0	240	120	0
S 1080-Y40R	0	70	100	0	236	98	0
S 1505-Y40R	0	6	20	11	230	218	194
S 1510-Y40R	0	15	30	10	231	205	172
S 1515-Y40R	0	20	40	5	241	204	157
S 2005-Y40R	0	9	20	20	210	196	176
S 2010-Y40R	0	19	39	20	205	176	137
S 2020-Y40R	0	30	50	15	213	165	118
S 2030-Y40R	0	41	62	10	220	152	95
S 2040-Y40R	0	50	70	5	230	141	77
S 2050-Y40R	0	55	80	5	226	128	55
S 2060-Y40R	0	64	90	10	209	100	26
S 2070-Y40R	0	70	100	10	214	88	0
S 2570-Y40R	0	70	100	18	198	81	0
S 3010-Y40R	0	17	35	30	184	161	131
S 3020-Y40R	0	30	50	27	184	143	102
S 3030-Y40R	0	45	65	25	181	119	71
S 3040-Y40R	0	55	75	20	186	106	55
S 3050-Y40R	0	60	80	20	185	96	44
S 3060-Y40R	0	70	98	22	189	76	0
S 3560-Y40R	0	70	100	35	163	64	0
S 4020-Y40R	0	40	60	40	153	107	68
S 4030-Y40R	0	52	70	35	159	93	52
S 4040-Y40R	0	60	80	40	148	75	31
S 4050-Y40R	0	70	90	40	148	56	4
S 4550-Y40R	0	72	100	50	133	48	0
S 5020-Y40R	0	45	58	50	133	87	59
S 5030-Y40R	0	51	71	50	131	77	40
S 5040-Y40R	0	70	90	54	122	43	0
S 6020-Y40R	0	55	70	60	112	61	33
S 6030-Y40R	0	65	80	68	94	40	14
S 7020-Y40R	0	64	80	80	68	30	6

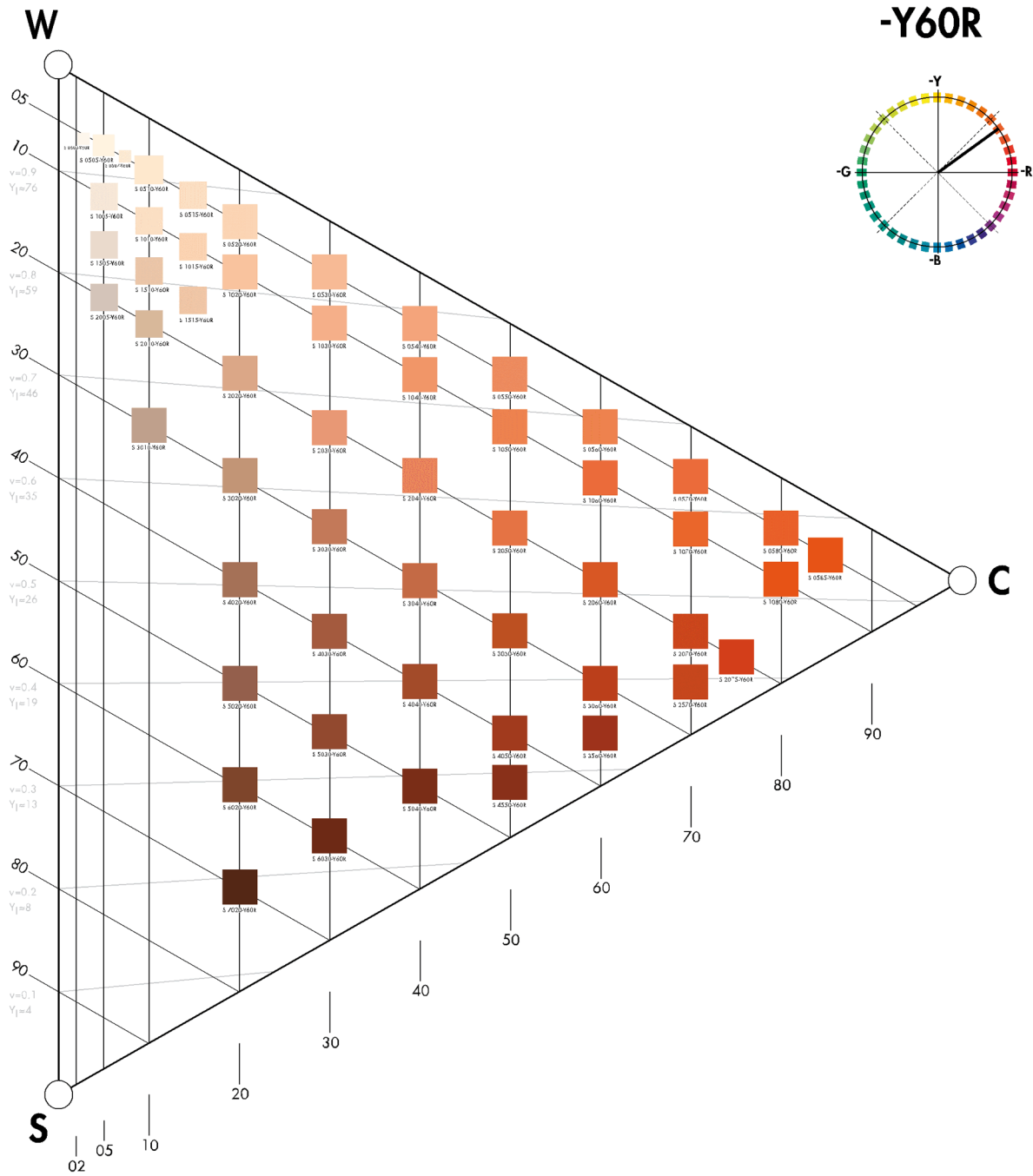
Teinte (Y50R)



Notation NCS	Notation CMJN				Notation RVB		
	C	M	J	N	R	V	B
S 0505-Y50R	0	6	18	0	255	243	219
S 0510-Y50R	0	10	20	0	255	236	212
S 0515-Y50R	0	15	32	0	255	226	186
S 0520-Y50R	0	24	38	0	255	208	165
S 0530-Y50R	0	34	49	0	255	187	134
S 0540-Y50R	0	44	59	0	254	166	106
S 0550-Y50R	0	54	69	0	250	141	76
S 0560-Y50R	0	60	75	0	246	126	61
S 0570-Y50R	0	65	85	0	241	112	36
S 0580-Y50R	0	70	95	0	236	98	2
S 0585-Y50R	0	70	100	0	236	97	0
S 0804-Y50R	0	4	15	3	248	239	219
S 0907-Y50R	0	8	18	3	249	233	211
S 1005-Y50R	0	5	15	5	244	233	215
S 1010-Y50R	0	15	25	0	255	228	199
S 1015-Y50R	0	20	35	0	255	216	175
S 1020-Y50R	0	25	40	0	255	206	161
S 1030-Y50R	0	36	51	0	255	183	128
S 1040-Y50R	0	46	61	0	254	161	99
S 1050-Y50R	0	56	71	0	248	136	71
S 1060-Y50R	0	60	80	0	244	125	50
S 1070-Y50R	0	70	90	0	238	99	22
S 1080-Y50R	0	70	100	0	235	97	0
S 1505-Y50R	0	8	15	10	233	219	203
S 1510-Y50R	0	15	28	8	235	209	179
S 1515-Y50R	0	25	37	5	239	195	158
S 2005-Y50R	0	10	15	20	209	195	183
S 2010-Y50R	0	19	34	20	205	177	145
S 2020-Y50R	0	34	46	12	218	164	125
S 2030-Y50R	0	47	60	5	233	149	97
S 2040-Y50R	0	55	70	5	228	130	73
S 2050-Y50R	0	62	80	5	223	113	51
S 2060-Y50R	0	73	90	11	203	80	23
S 2070-Y50R	0	75	100	14	203	73	0
S 2570-Y50R	0	80	100	17	197	60	0
S 3005-Y50R	0	10	20	40	165	155	141
S 3010-Y50R	0	21	36	30	182	154	126
S 3020-Y50R	0	38	45	25	187	136	107
S 3030-Y50R	0	50	60	25	180	112	76
S 3040-Y50R	0	58	70	20	186	102	61
S 3050-Y50R	0	65	80	25	174	82	39
S 3060-Y50R	0	72	100	30	171	64	0
S 3560-Y50R	0	80	100	37	156	45	0
S 4005-Y50R	0	13	20	52	136	125	115
S 4010-Y50R	0	25	37	45	148	123	102
S 4020-Y50R	0	48	58	40	151	96	66

S 4030-Y50R	0	58	65	35	158	86	56
S 4040-Y50R	0	65	80	40	147	67	30
S 4050-Y50R	0	75	100	40	151	52	0
S 4550-Y50R	0	80	100	50	132	37	0
S 5005-Y50R	0	14	20	60	119	109	101
S 5010-Y50R	0	27	40	60	116	94	75
S 5020-Y50R	0	45	54	50	133	88	63
S 5030-Y50R	0	59	69	50	129	68	40
S 5040-Y50R	0	72	85	52	124	43	10
S 6005-Y50R	0	17	20	68	100	89	83
S 6010-Y50R	0	35	40	68	98	74	61
S 6020-Y50R	0	53	62	62	108	62	40
S 6030-Y50R	0	72	90	66	98	33	0
S 7005-Y50R	0	15	20	90	47	41	37
S 7010-Y50R	0	45	58	75	81	53	34
S 7020-Y50R	0	67	85	80	67	27	0
S 8005-Y50R	0	25	30	90	47	38	32
S 8010-Y50R	0	30	35	90	48	37	30

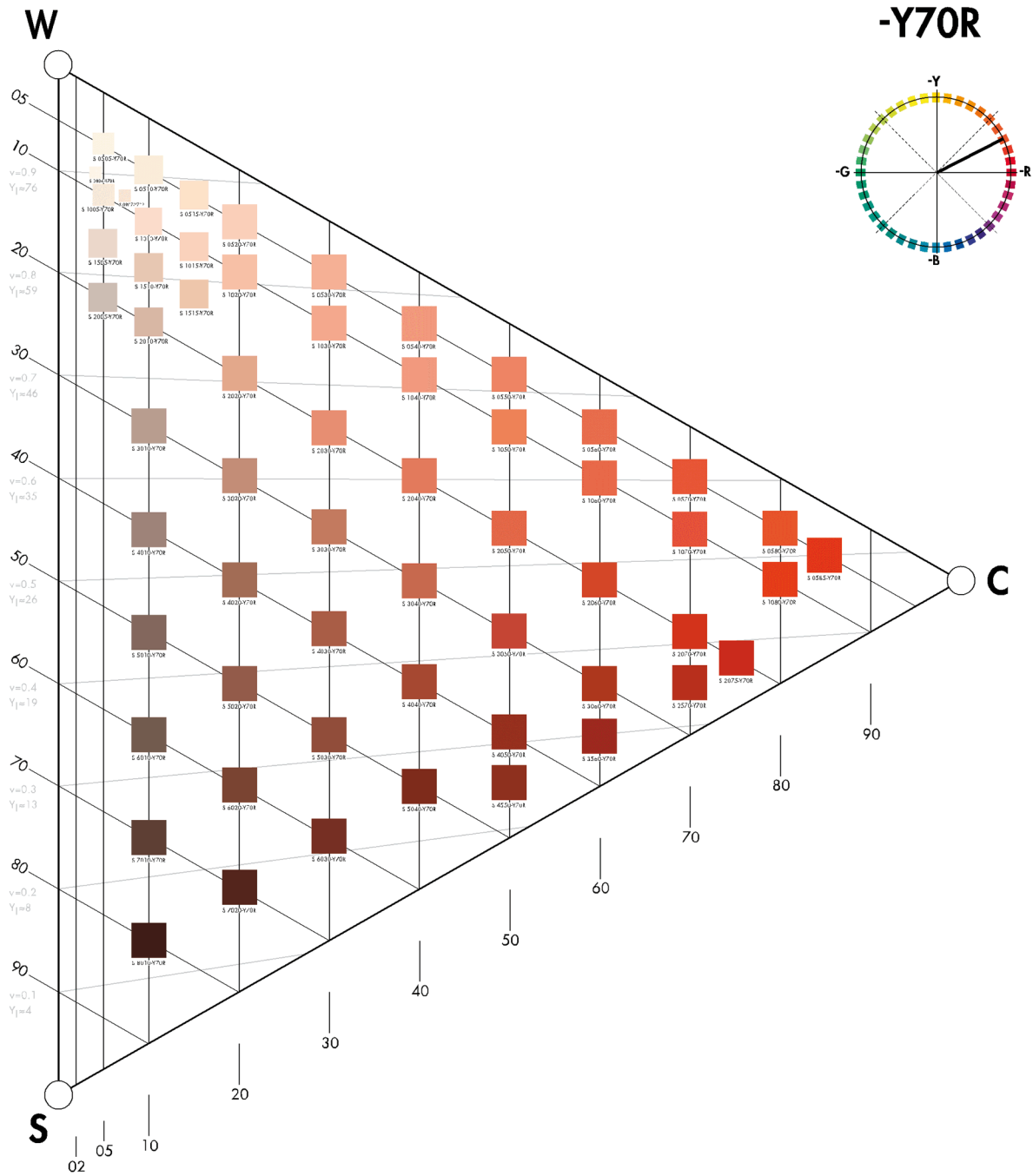
Teinte (Y60R)



Notation NCS	Notation CMJN				Notation RVB		
	C	M	J	N	R	V	B
S 0505-Y60R	0	6	15	0	255	243	224
S 0507-Y60R	0	8	20	0	255	240	214
S 0510-Y60R	0	11	21	0	255	234	208
S 0515-Y60R	0	15	27	0	255	227	196
S 0520-Y60R	0	21	31	0	255	215	182
S 0530-Y60R	0	35	42	0	255	186	146
S 0540-Y60R	0	45	51	0	253	162	118

S 0550-Y60R	0	55	61	0	251	140	91
S 0560-Y60R	0	60	71	0	247	127	68
S 0570-Y60R	0	70	80	0	240	100	44
S 0580-Y60R	0	75	90	0	235	87	22
S 0585-Y60R	0	80	100	0	231	72	0
S 0603-Y60R	0	3	10	0	255	248	236
S 1005-Y60R	0	7	15	5	244	231	213
S 1010-Y60R	0	16	25	0	255	226	198
S 1015-Y60R	0	22	33	0	255	213	177
S 1020-Y60R	0	30	39	0	255	196	157
S 1030-Y60R	0	40	45	0	253	174	134
S 1040-Y60R	0	51	59	0	252	149	98
S 1050-Y60R	0	60	70	0	248	127	70
S 1060-Y60R	0	70	80	0	240	100	44
S 1070-Y60R	0	71	89	0	238	97	25
S 1080-Y60R	0	80	100	0	231	72	0
S 1505-Y60R	0	10	15	10	232	216	201
S 1510-Y60R	0	20	30	10	229	196	167
S 1515-Y60R	0	25	35	5	240	196	163
S 2005-Y60R	0	11	15	22	205	190	178
S2010-Y60R	0	22	33	18	209	176	148
S 2020-Y60R	0	35	41	15	212	159	129
S 2030-Y60R	0	48	51	5	234	149	113
S 2040-Y60R	0	58	61	5	228	124	86
S 2050-Y60R	0	65	75	5	223	107	58
S 2060-Y60R	0	75	90	10	205	77	24
S 2070-Y60R	0	82	94	15	195	55	6
S 2075-Y60R	0	86	100	10	208	50	0
S 2570-Y60R	0	80	100	20	191	58	0
S 3010-Y60R	0	25	30	30	181	150	132
S 3020-Y60R	0	34	43	28	183	138	110
S 3030-Y60R	0	52	57	25	180	109	79
S 3040-Y60R	0	61	68	23	179	93	60
S 3050-Y60R	0	73	90	25	175	64	11
S 3060-Y60R	0	82	100	25	179	50	0
S 3560-Y60R	0	85	100	40	150	35	0
S 4020-Y60R	0	45	50	42	149	100	77
S 4030-Y60R	0	60	65	40	147	77	51
S 4040-Y60R	0	70	80	40	146	60	28
S 4050-Y60R	0	80	90	40	146	39	5
S 4550-Y60R	0	82	90	52	125	29	3
S 5020-Y60R	0	50	50	50	132	83	65
S 5030-Y60R	0	65	70	50	128	60	36
S 5040-Y60R	0	80	90	60	110	27	0
S 6020-Y60R	0	60	70	60	111	56	31
S 6030-Y60R	0	80	90	67	95	24	0
S 7020-Y60R	0	70	80	80	68	25	4

Teinte (Y70R)

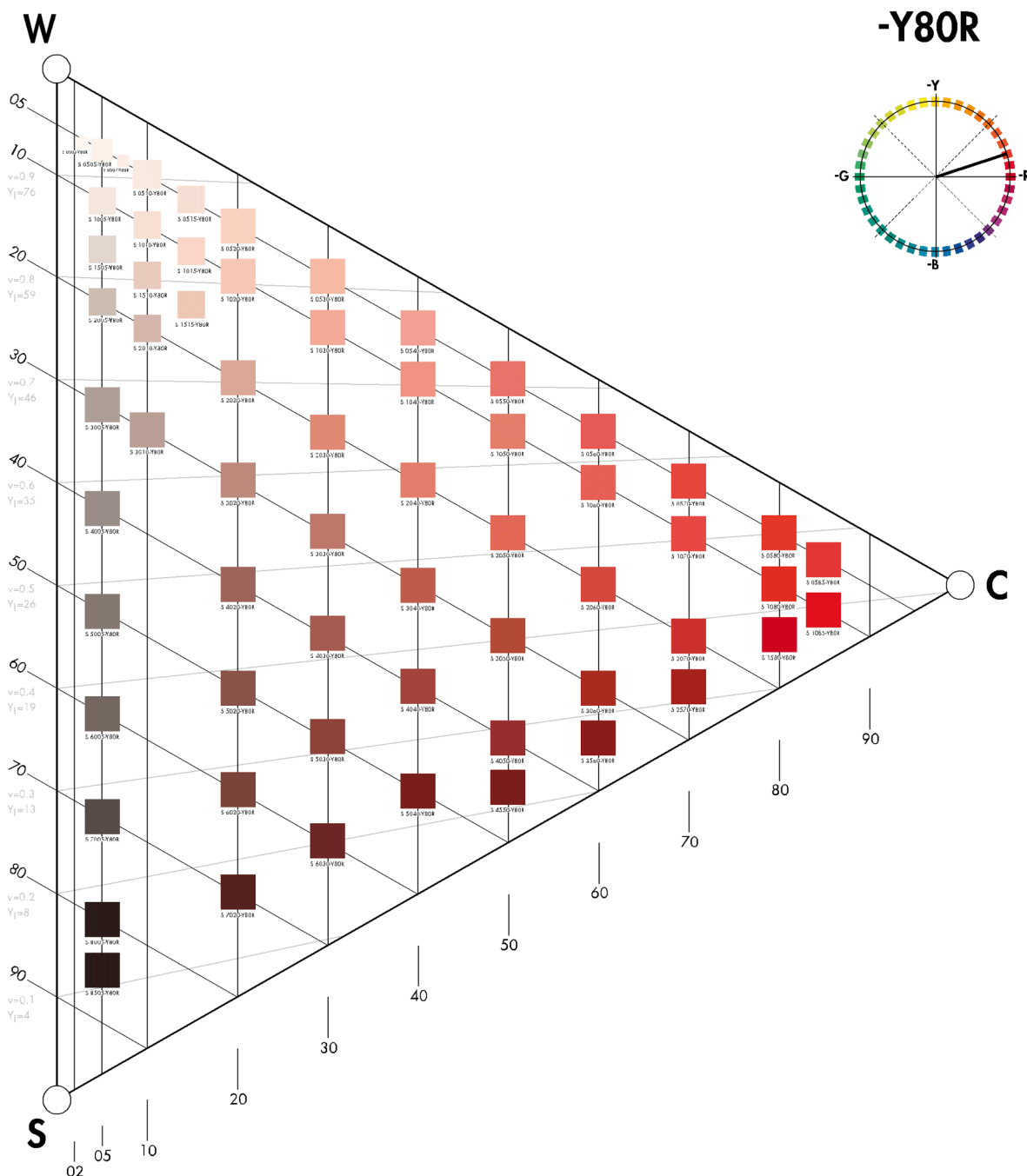


Notation NCS	Notation CMJN				Notation RVB		
	C	M	J	N	R	V	B
S 0505-Y70R	0	7	13	0	255	242	226
S 0510-Y70R	0	8	17	0	255	240	219
S 0515-Y70R	0	15	23	0	255	228	202
S 0520-Y70R	0	25	27	0	255	208	184
S 0530-Y70R	0	40	39	0	254	174	145
S 0540-Y70R	0	50	48	0	254	153	120
S 0550-Y70R	0	59	59	0	251	131	92

S 0560-Y70R	0	69	69	0	245	106	68
S 0570-Y70R	0	79	81	0	237	78	41
S 0580-Y70R	0	80	90	0	233	72	21
S 0585-Y70R	0	90	100	0	224	47	7
S 0804-Y70R	0	5	8	0	255	245	236
S 0907-Y70R	0	10	17	4	247	228	209
S 1005-Y70R	0	7	15	5	244	231	213
S 1010-Y70R	0	18	20	0	255	221	202
S 1015-Y70R	0	24	26	0	255	210	187
S 1020-Y70R	0	32	33	0	255	193	166
S 1030-Y70R	0	43	41	0	255	168	139
S 1040-Y70R	0	51	46	0	255	151	124
S 1050-Y70R	0	60	65	0	249	128	80
S 1060-Y70R	0	71	71	0	244	101	63
S 1070-Y70R	0	81	79	0	236	75	48
S 1080-Y70R	0	88	100	0	226	52	3
S 1505-Y70R	0	12	15	10	231	212	199
S 1510-Y70R	0	20	25	10	229	197	176
S 1515-Y70R	0	25	30	5	240	196	170
S 2005-Y70R	0	12	15	25	198	182	172
S 2010-Y70R	0	23	26	18	209	175	158
S 2020-Y70R	0	38	40	10	222	161	135
S 2030-Y70R	0	52	50	5	233	140	111
S 2040-Y70R	0	60	59	7	222	119	88
S 2050-Y70R	0	70	70	5	223	98	65
S 2060-Y70R	0	82	88	10	203	64	30
S 2070-Y70R	0	90	100	10	205	42	3
S 2075-Y70R	0	92	100	15	194	35	8
S 2570-Y70R	0	90	100	25	177	35	4
S 3010-Y70R	0	22	25	35	172	147	133
S 3020-Y70R	0	40	40	27	183	131	111
S 3030-Y70R	0	52	52	25	180	110	86
S 3040-Y70R	0	63	62	22	183	94	69
S 3050-Y70R	0	80	75	20	183	64	48
S 3060-Y70R	0	84	90	33	160	39	11
S 3560-Y70R	0	90	90	40	146	26	14
S 4010-Y70R	0	27	25	47	144	119	110
S 4020-Y70R	0	47	50	43	146	95	74
S 4030-Y70R	0	60	60	38	152	80	59
S 4040-Y70R	0	72	72	38	150	62	41
S 4050-Y70R	0	84	90	45	138	31	7
S 4550-Y70R	0	82	84	50	129	34	15
S 5010-Y70R	0	32	30	60	116	91	83
S 5020-Y70R	0	53	50	50	131	78	63
S 5030-Y70R	0	63	61	50	129	64	47
S 5040-Y70R	0	82	84	58	114	28	11
S 6010-Y70R	0	30	35	68	99	78	67
S 6020-Y70R	0	60	60	62	107	55	40

S 6030-Y70R	0	76	71	63	104	37	25
S 7010-Y70R	0	45	45	76	79	52	42
S 7020-Y70R	0	70	64	80	68	28	19
S 8010-Y70R	0	65	50	90	46	20	16

Teinte (Y80R)

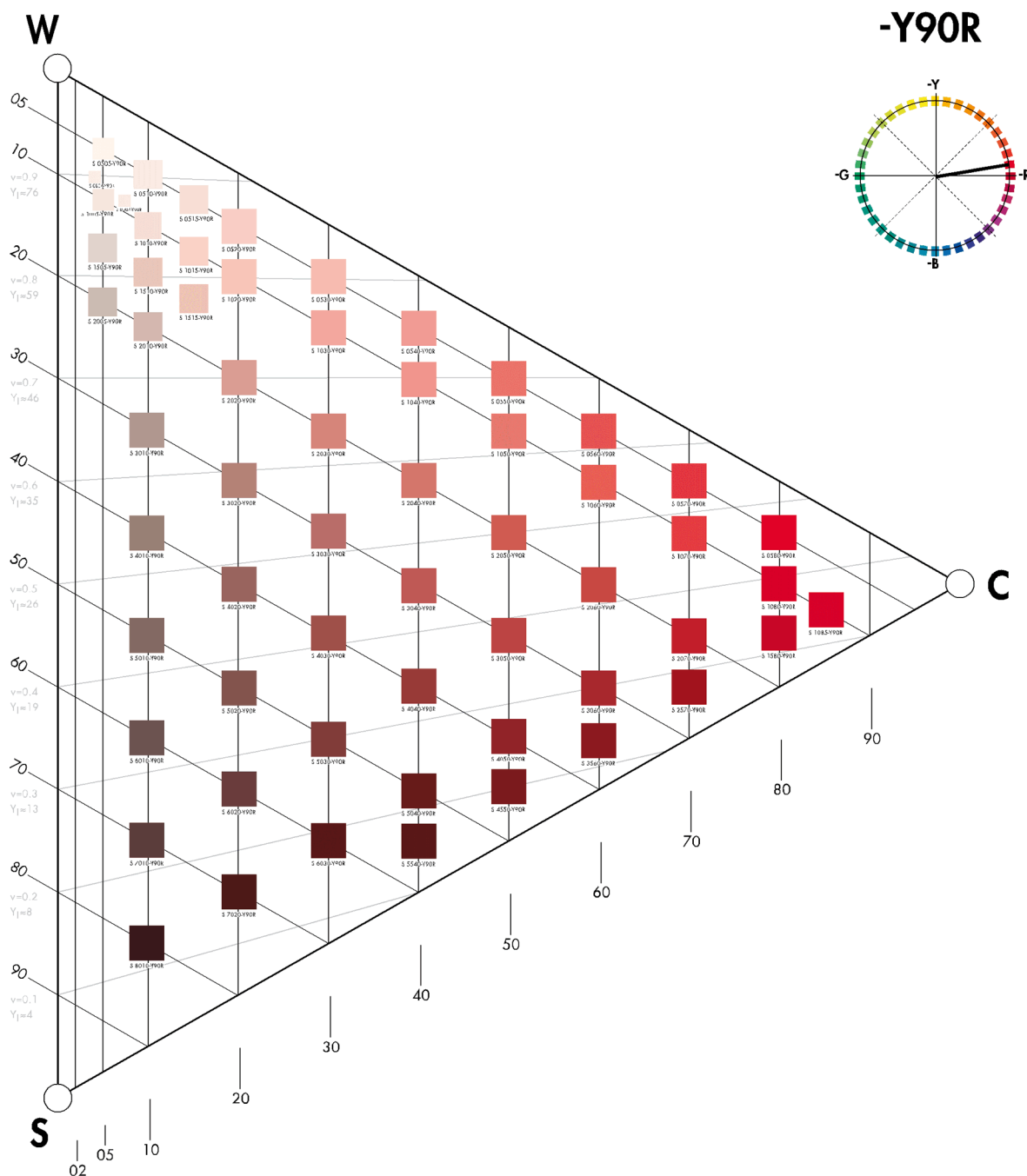


Notation NCS	Notation CMJN				Notation RVB		
	C	M	J	N	R	V	B
S 0505-Y80R	0	7	10	0	255	242	231

S 0507-Y80R	0	8	12	0	255	241	227
S 0510-Y80R	0	10	12	0	255	238	225
S 0515-Y80R	0	16	17	0	255	226	210
S 0520-Y80R	0	24	23	0	255	211	192
S 0530-Y80R	0	36	33	0	255	185	162
S 0540-Y80R	0	48	35	0	255	164	153
S 0550-Y80R	0	67	49	0	250	120	113
S 0560-Y80R	0	78	58	0	242	90	89
S 0570-Y80R	0	85	75	0	233	71	60
S 0580-Y80R	0	90	90	0	226	52	32
S 0585-Y80R	0	90	80	0	227	56	50
S 0603-Y80R	0	2	5	0	255	250	244
S 1005-Y80R	0	7	10	5	243	231	221
S 1010-Y80R	0	15	15	2	251	223	211
S 1015-Y80R	0	23	20	0	255	212	198
S 1020-Y80R	0	29	27	0	255	200	179
S 1030-Y80R	0	43	36	0	255	171	151
S 1040-Y80R	0	54	41	0	255	150	137
S 1050-Y80R	0	62	52	0	251	128	107
S 1060-Y80R	0	74	59	0	244	102	91
S 1070-Y80R	0	84	70	0	235	75	68
S 1080-Y80R	0	93	95	0	222	42	25
S 1085-Y80R	0	98	100	0	218	29	22
S 1505-Y80R	0	7	10	15	222	211	203
S 1510-Y80R	0	17	20	10	230	203	187
S 1515-Y80R	0	25	25	5	240	197	179
S 1580-Y80R	0	100	95	10	198	18	26
S 2005-Y80R	0	12	15	25	198	182	172
S 2010-Y80R	0	22	20	20	206	175	165
S 2020-Y80R	0	35	32	15	213	161	144
S 2030-Y80R	0	52	45	10	222	136	117
S 2040-Y80R	0	60	50	5	234	126	109
S 2050-Y80R	0	70	59	5	228	103	87
S 2060-Y80R	0	82	70	10	206	70	61
S 2070-Y80R	0	90	80	15	191	48	43
S 2570-Y80R	0	95	100	35	158	23	11
S 3005-Y80R	0	15	15	40	165	150	143
S 3010-Y80R	0	22	20	35	173	149	140
S 3020-Y80R	0	40	35	30	177	127	114
S 3030-Y80R	0	52	43	28	177	108	96
S 3040-Y80R	0	68	60	25	176	83	67
S 3050-Y80R	0	75	70	30	164	65	48
S 3060-Y80R	0	90	90	35	155	29	16
S 3560-Y80R	0	95	90	50	126	14	15
S 4005-Y80R	0	15	15	50	141	129	124
S 4020-Y80R	0	50	42	45	142	90	80
S 4030-Y80R	0	60	50	40	150	81	70
S 4040-Y80R	0	75	60	40	149	60	54

S 4050-Y80R	0	85	70	45	137	39	37
S 4550-Y80R	0	95	90	60	107	11	10
S 5005-Y80R	0	15	20	60	119	108	100
S 5020-Y80R	0	55	45	55	123	71	63
S 5030-Y80R	0	70	60	50	130	57	47
S 5040-Y80R	0	90	80	60	108	19	17
S 6005-Y80R	0	17	20	68	100	89	82
S 6020-Y80R	0	60	50	62	109	58	50
S 6030-Y80R	0	80	62	68	94	30	27
S 7005-Y80R	0	20	20	80	73	62	58
S 7020-Y80R	0	75	60	80	67	24	19
S 8005-Y80R	0	40	25	95	35	22	22
S 8505-Y80R	0	40	30	95	35	23	21

Teinte (Y90R)

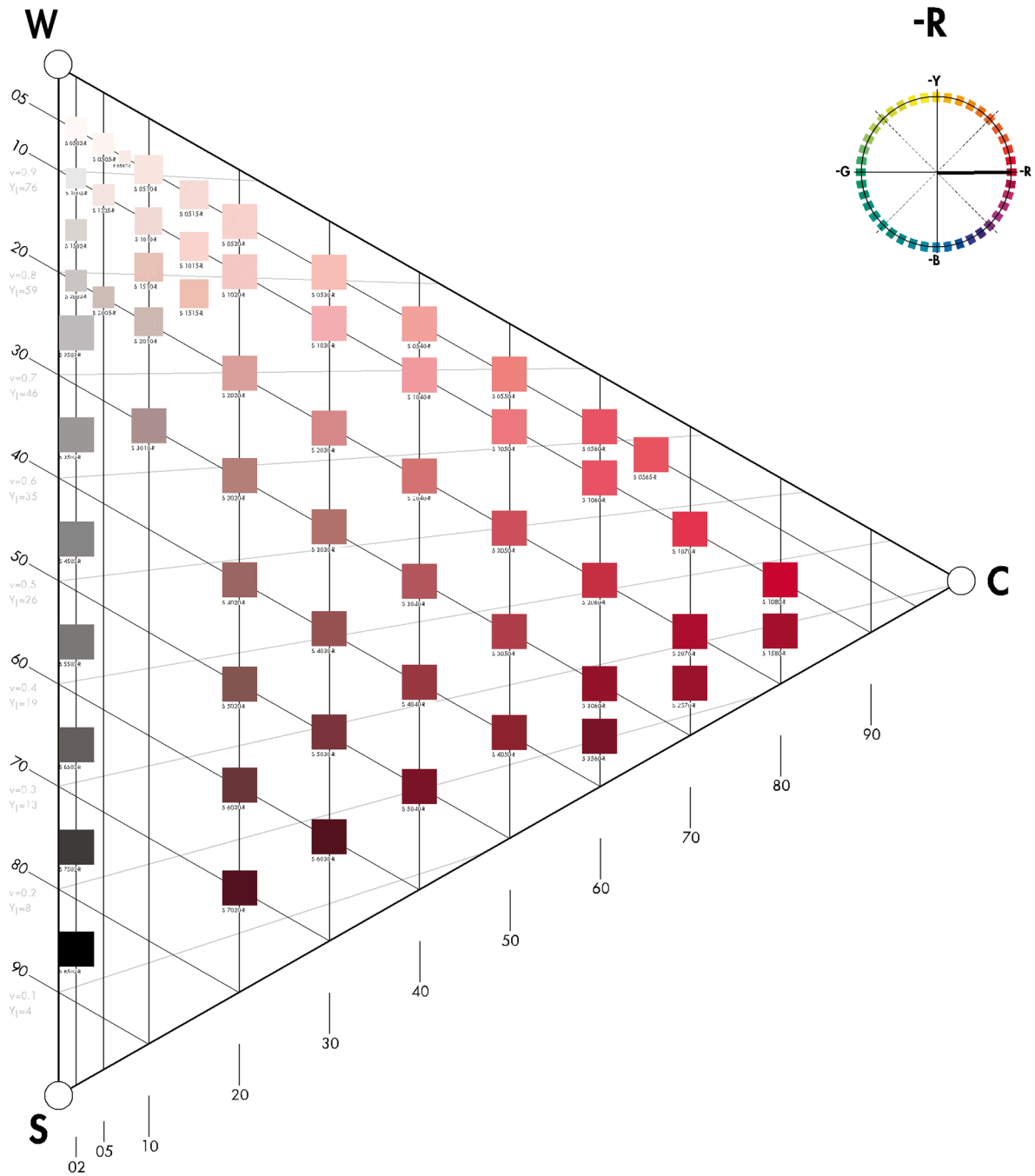


Notation NCS	Notation CMJN				Notation RVB		
	C	M	J	N	R	V	B
S 0505-Y90R	0	6	8	0	255	245	236
S 0510-Y90R	0	12	10	0	255	233	226
S 0515-Y90R	0	17	15	0	255	224	213
S 0520-Y90R	0	26	19	0	255	207	197
S 0530-Y90R	0	35	26	0	255	190	178
S 0540-Y90R	0	50	33	0	255	161	157
S 0550-Y90R	0	67	50	0	250	120	112

S 0560-Y90R	0	80	60	0	240	85	84
S 0570-Y90R	0	90	70	0	230	55	63
S 0580-Y90R	0	100	90	0	217	16	35
S 0804-Y90R	0	5	10	2	251	241	229
S 0907-Y90R	0	8	10	2	252	237	227
S 1005-Y90R	0	8	10	5	243	229	220
S 1010-Y90R	0	15	15	2	252	224	211
S 1015-Y90R	0	25	20	0	255	209	196
S 1020-Y90R	0	30	24	0	255	199	185
S 1030-Y90R	0	45	30	0	255	171	164
S 1040-Y90R	0	53	36	0	255	155	149
S 1050-Y90R	0	64	49	0	252	127	115
S 1060-Y90R	0	75	60	0	243	99	89
S 1070-Y90R	0	88	70	0	232	63	65
S 1080-Y90R	0	100	90	5	207	16	33
S 1085-Y90R	0	100	85	5	208	11	37
S 1505-Y90R	0	10	10	15	221	207	200
S 1510-Y90R	0	20	20	10	229	197	183
S 1515-Y90R	0	28	25	5	239	192	176
S 1580-Y90R	0	100	85	15	189	7	33
S 2005-Y90R	0	14	15	25	197	179	171
S 2010-Y90R	0	22	18	20	206	176	168
S 2020-Y90R	0	40	30	15	214	153	144
S 2030-Y90R	0	52	40	15	211	130	119
S 2040-Y90R	0	60	45	15	209	115	106
S 2050-Y90R	0	72	58	15	201	88	78
S 2060-Y90R	0	80	65	18	190	69	63
S 2070-Y90R	0	95	80	20	181	31	39
S 2570-Y90R	0	100	90	37	150	10	24
S 3010-Y90R	0	23	20	38	166	141	134
S 3020-Y90R	0	41	34	35	166	118	108
S 3030-Y90R	0	57	39	30	173	99	96
S 3040-Y90R	0	70	50	25	179	81	79
S 3050-Y90R	0	80	60	25	176	63	62
S 3060-Y90R	0	90	72	35	155	36	40
S 3560-Y90R	0	95	80	50	126	17	24
S 4010-Y90R	0	25	25	50	139	116	107
S 4020-Y90R	0	49	36	47	139	89	84
S 4030-Y90R	0	65	50	43	144	71	65
S 4040-Y90R	0	78	60	45	140	52	49
S 4050-Y90R	0	90	70	48	132	29	34
S 4550-Y90R	0	93	80	60	107	14	18
S 5010-Y90R	0	30	25	60	117	93	88
S 5020-Y90R	0	51	39	58	118	73	68
S 5030-Y90R	0	70	50	58	116	51	49
S 5040-Y90R	0	90	78	70	83	12	7
S 5540-Y90R	0	100	80	75	70	3	4
S 6010-Y90R	0	35	25	70	93	70	68

S 6020-Y90R	0	58	35	70	92	50	51
S 6030-Y90R	0	90	80	77	69	11	0
S 7010-Y90R	0	45	30	78	76	50	48
S 7020-Y90R	0	80	60	83	57	16	12
S 8010-Y90R	0	60	30	92	41	18	20

Teinte (R)



Notation NCS	Notation CMJN				Notation RVB		
	C	M	J	N	R	V	B
S 0505-R	0	6	6	0	255	244	239
S 0507-R	0	10	8	0	255	238	23 ¹
S 0510-R	0	14	10	0	255	231	226
S 0515-R	0	20	14	0	255	220	213
S 0520-R	0	25	15	0	255	211	207
S 0530-R	0	34	23	0	255	193	185
S 0540-R	0	47	31	0	255	167	162
S 0550-R	0	61	41	0	254	135	132
S 0560-R	0	80	45	0	241	82	104
S 0565-R	0	80	50	0	241	83	97
S 1005-R	0	10	8	5	244	227	222
S 1010-R	0	15	10	6	241	217	213
S 1015-R	0	24	15	0	255	213	209
S 1020-R	0	29	15	2	252	200	201
S 1030-R	0	42	20	0	255	178	184
S 1040-R	0	51	26	0	255	159	167
S 1050-R	0	65	37	0	253	125	134
S 1060-R	0	80	45	0	241	82	103
S 1070-R	0	90	60	0	231	52	74
S 1080-R	0	100	75	15	191	0	42
S 1510-R	0	25	20	10	228	189	179
S 1515-R	0	30	25	5	240	188	174
S 1580-R	0	100	70	35	155	0	37
S 2005-R	0	12	12	25	198	183	176
S 2010-R	0	15	15	25	197	178	170
S 2020-R	0	40	25	15	217	156	153
S 2030-R	0	52	30	15	214	132	134
S 2040-R	0	62	40	15	210	112	112
S 2050-R	0	78	45	15	201	76	89
S 2060-R	0	90	60	18	188	45	62
S 2070-R	0	100	75	30	163	0	36
S 2570-R	0	100	70	40	146	0	34
S 3010-R	0	27	15	40	161	133	134
S 3020-R	0	43	32	35	166	115	109
S 3030-R	0	52	35	35	163	101	99
S 3040-R	0	68	40	32	165	78	84
S 3050-R	0	80	50	32	164	57	66
S 3060-R	0	100	65	45	137	0	35
S 3560-R	0	100	65	60	109	0	26
S 4020-R	0	49	32	47	139	90	88
S 4030-R	0	62	40	48	135	71	71
S 4040-R	0	80	50	45	140	49	56
S 4050-R	0	90	60	50	129	28	39
S 5020-R	0	50	35	58	117	74	71
S 5030-R	0	72	40	61	111	47	53
S 5040-R	0	100	60	60	109	0	28

S 6020-R	0	65	35	70	93	44	49
S 6030-R	0	90	50	80	59	3	10
S 7020-R	0	90	50	80	59	3	10

