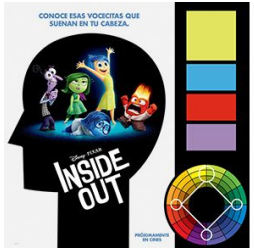
Harmonisation des couleurs

Kai Nigh, Donovann Zassot, Tom Zinck

Définition – Qu’est-ce que l’harmonie colorimétrique ?

L’harmonie colorimétrique désigne une combinaison de couleurs perçue comme agréable, équilibrée et cohérente visuellement.

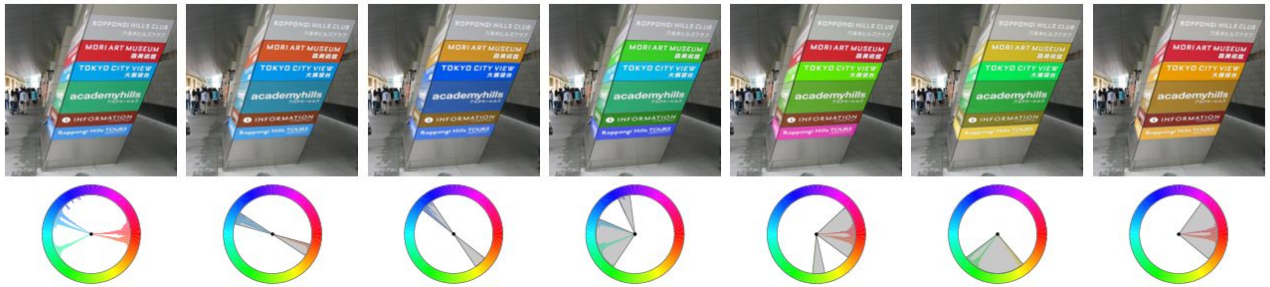
Pourquoi harmoniser les couleurs d'une image ?



État de l'Art – Harmonisation Colorimétrique

I. Approche Classique – Cohen-Or et al. (2006)[1]

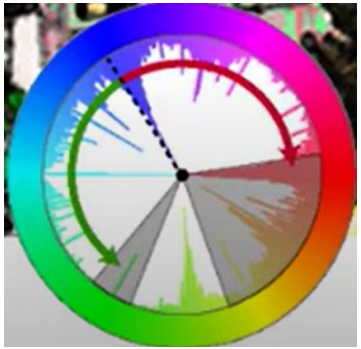
- Utilisation d'histogrammes de teinte dans l'espace HSV.
- Utilisation de templates pour guider la recoloration.
- **Limites :** Nécessite des traitements additionnels pour assurer la cohérence spatiale et préserver les propriétés de luminosité.



1. **Cohen-Or, D., Sorkine, O., Gal, R., Leyvand, T., & Xu, Y.-Q. (2006)**. *Color harmonization. ACM Transactions on Graphics*

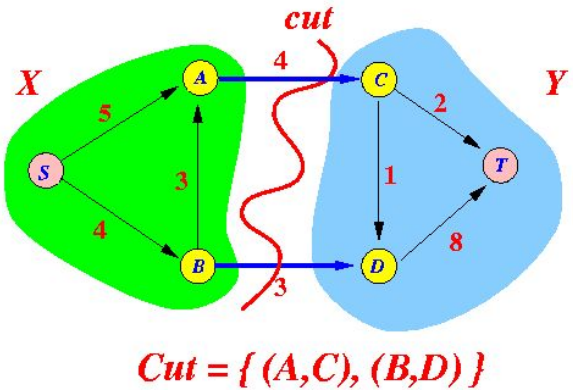
État de l’Art – Harmonisation Colorimétrique

artifacts



État de l'Art – Harmonisation Colorimétrique

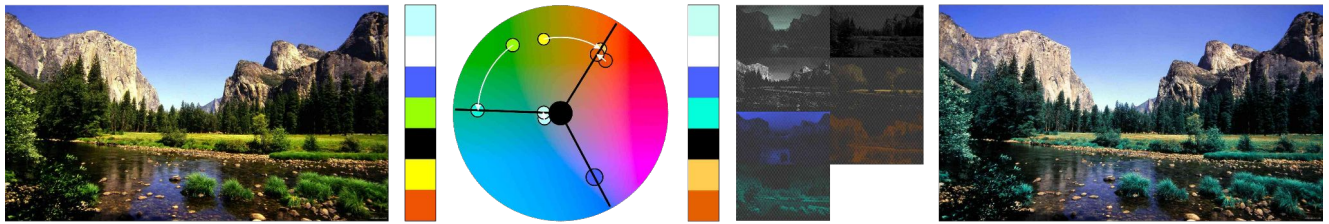
Min Cut Algorithm to Avoid Artifacts



État de l'Art – Harmonisation Colorimétrique

I. Approche Moderne – Tan et al. (2018)[2]

- Extraction d'une palette de couleurs via une simplification de l'enveloppe convexe.
- Utilisation de l'espace LCh pour garantir le respect de la perception humaine
- Utilisation de templates harmoniques dérivés directement de la théorie classique (Itten, Birren & Cleland).



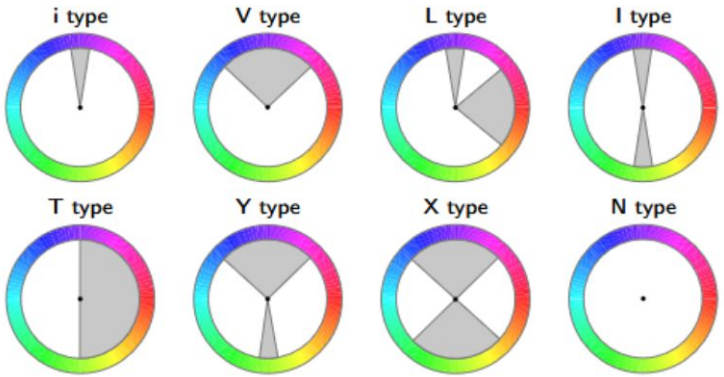
2. **Tan, J., Echevarria, J. I., & Gingold, Y. I. (2018)**. *Palette-based image decomposition, harmonization, and color transfer. ArXiv*

Daniel Cohen-Or, Olga Sorkine, Ran Gal Tommer Leyvand, Ying-Qing Xu (2006)

Color Harmonization

Cohen-Or

- Basé sur des “templates” de couleurs décalés d’un angle (aka “harmonic scheme”)
- Algorithme agissant uniquement sur la teinte



Cohen-Or

Selon une image donnée, deux étapes :

- trouver le meilleur “harmonic scheme” (template décalé d’un angle); aka celui qui correspond le plus aux teintes de l’image

- projeter les couleurs de l’image encore en dehors du scheme sur lui.

Cohen-Or, implémentation

Python? **Bien trop lent** ! (3+ minutes sur notre test de référence)

C++? **Plus rapide** (~10 secondes sur le même test, ~1 seconde avec multithreading) mais **plus dur de faire une interface web**.

Solution retenue, le meilleur des deux mondes :

- algorithme en C++ pour la rapidité d'exécution
- backend de l'interface en python pour la praticité de déploiement
- lien entre les deux par un subprocess python qui lance l'exécutable de l'algo

Cohen-Or

Première étape: Trouver le meilleur scheme

F fonction de pseudo-distance, qui à une image, un template et un angle de décalage, associe une valeur de correspondance des teintes de l'image.

L'objectif est de minimiser F en fonction du template et de l'angle

Dans les fait : Tester "tous" les angles (avec un pas donné), pour tous les templates.

Cohen-Or

Deuxième étape : Projeter les valeurs de teintes sur le scheme idéal

Il suffit maintenant de projeter les teintes de l'images sur le point le plus proche dans le scheme idéal.

Pour cela, on utilise la même fonction de distance que précédemment.
-> Pas idéal (voir exemples).

Le papier propose une meilleure solution qu'on a malheureusement pas eu l'occasion d'implémenter.

Cohen-Or

- résultats harmoniques (youpi !)
- détection automatique minimise bien le changement
- nn peu de tearing avec certains réglages (template I)

Originale. Musée d'art moderne de Strasbourg
photo : Amicale du Conseil de l'Europe, 2014

Recoloration
template & angle automatiques

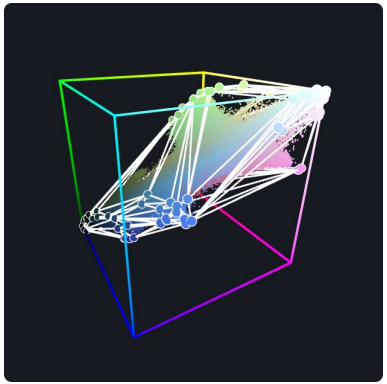
Recoloration
template T, angle automatique

Recoloration
template I, angle automatique

Tan, J., Echevarria, J. I., & Gingold, Y. I. (2018).

Palette-based image decomposition, harmonization, and color transfer

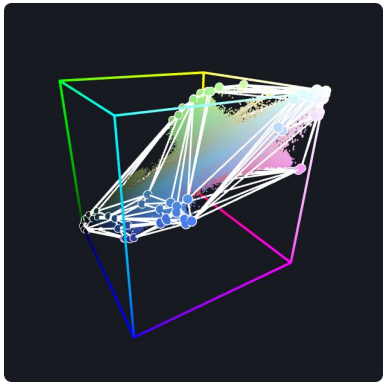
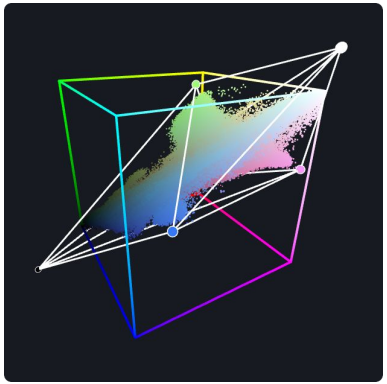
Objectif de l'algorithme :



I – Calcul de la palette de l'image

1. On calcule l'enveloppe convexe des pixels de l'image.
2. On fusionne itérativement les arêtes :
   - Pour chaque arête, on estime le volume ajouté si elle était fusionnée (via optimisation linéaire).
   - On sélectionne celle qui ajoute le moins de volume (déforme le moins l'enveloppe).
   - On clip les sommets de l'enveloppe convexe dans [0, 1].

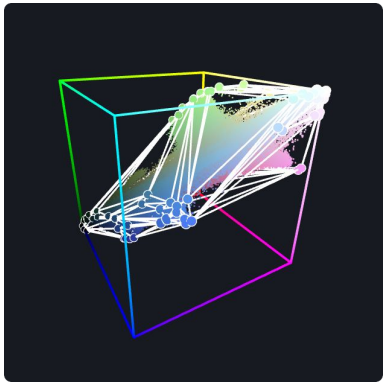
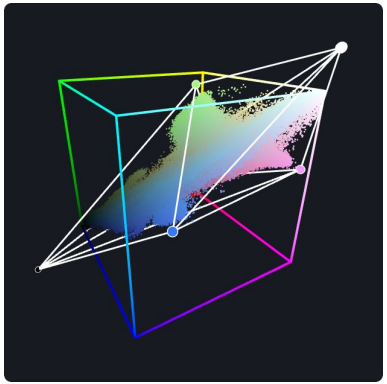
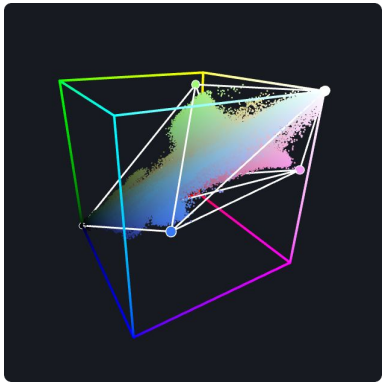
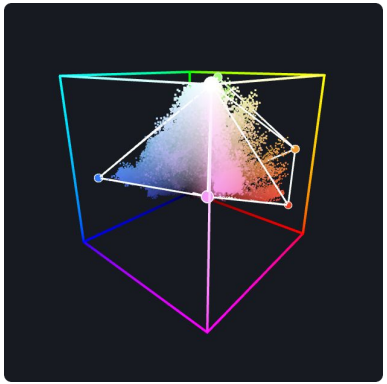
   On vérifie deux conditions d'arrêts :
   - A-t-on atteint le nombre de points cible ?
   - La RMSE dépasse-t-elle le seuil fixé (2/255) ?

I – Calcul de la palette de l'image

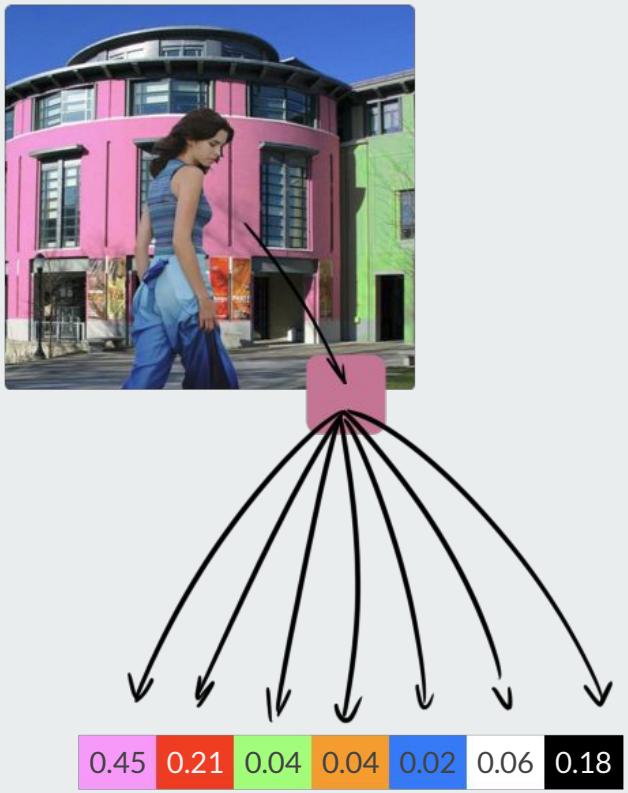
1. On calcule l'enveloppe convexe des pixels de l'image.
2. On fusionne itérativement les arêtes :
    - Pour chaque arête, on estime le volume ajouté si elle était fusionnée (via optimisation linéaire).
    - On sélectionne celle qui ajoute le moins de volume (déforme le moins l'enveloppe).
    - On clip les sommets de l'enveloppe convexe dans [0, 1].

    On vérifie deux conditions d'arrêts :
    - A-t-on atteint le nombre de points cible ?
    - La RMSE dépasse-t-elle le seuil fixé (2/255) ?

I – Simplification de l'enveloppe convexe

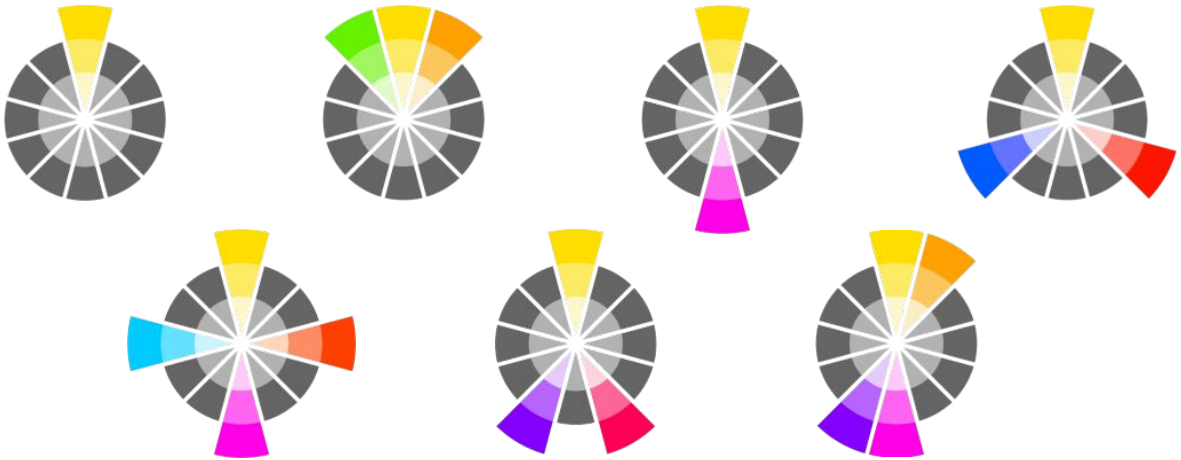
3. On corrige la simplification
    - On clip les sommets de l'enveloppe convexe dans [0, 1].
    - On projette les points hors de l'enveloppe convexe sur les faces de cette dernière



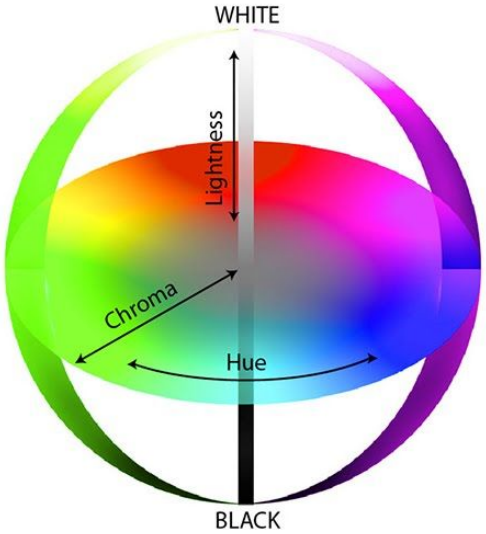
II – Découpage de l’image en poids (espace RGBXY)

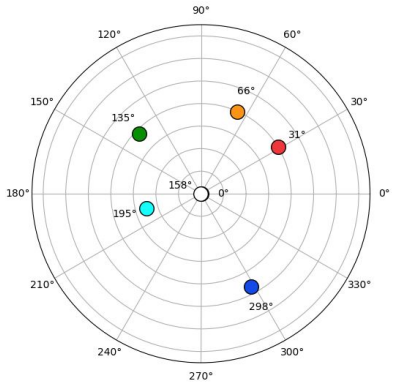
1. On calcule une enveloppe convexe dans l'espace RGBXY.
2. On découpe (ou tesselle) cette enveloppe en plusieurs tétraèdres via une triangulation Delaunay.
3. On calcule les coordonnées barycentriques (les poids) de chaque pixel. Ces poids, représentent la contribution de chacune des couleurs associées aux sommets pour reconstituer la couleur du pixel.

III – Harmonisation de la palette :

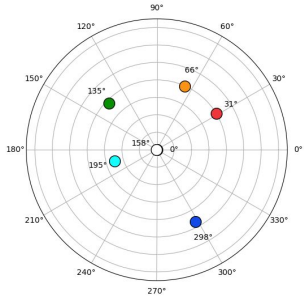


Espace colorimétrique LCh :

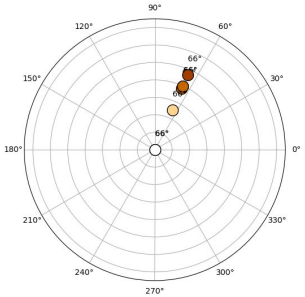




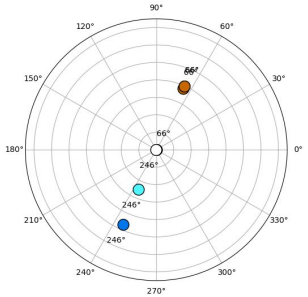
Original



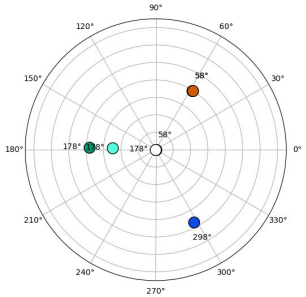
Monochrome



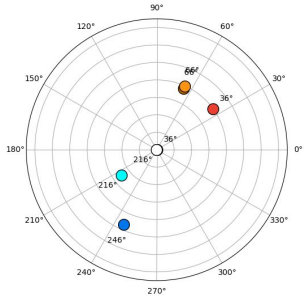
Complémentaire



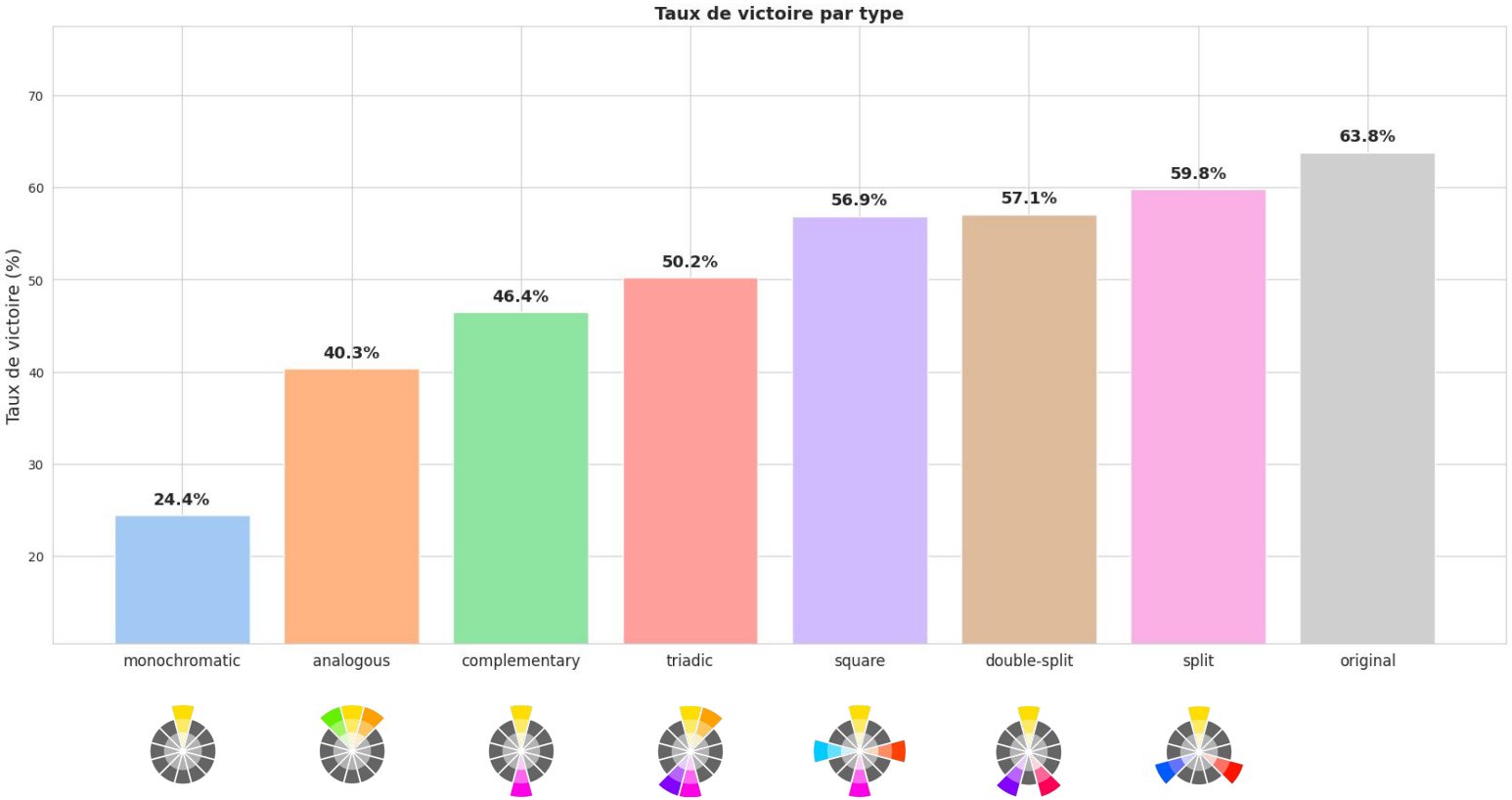
Triadique



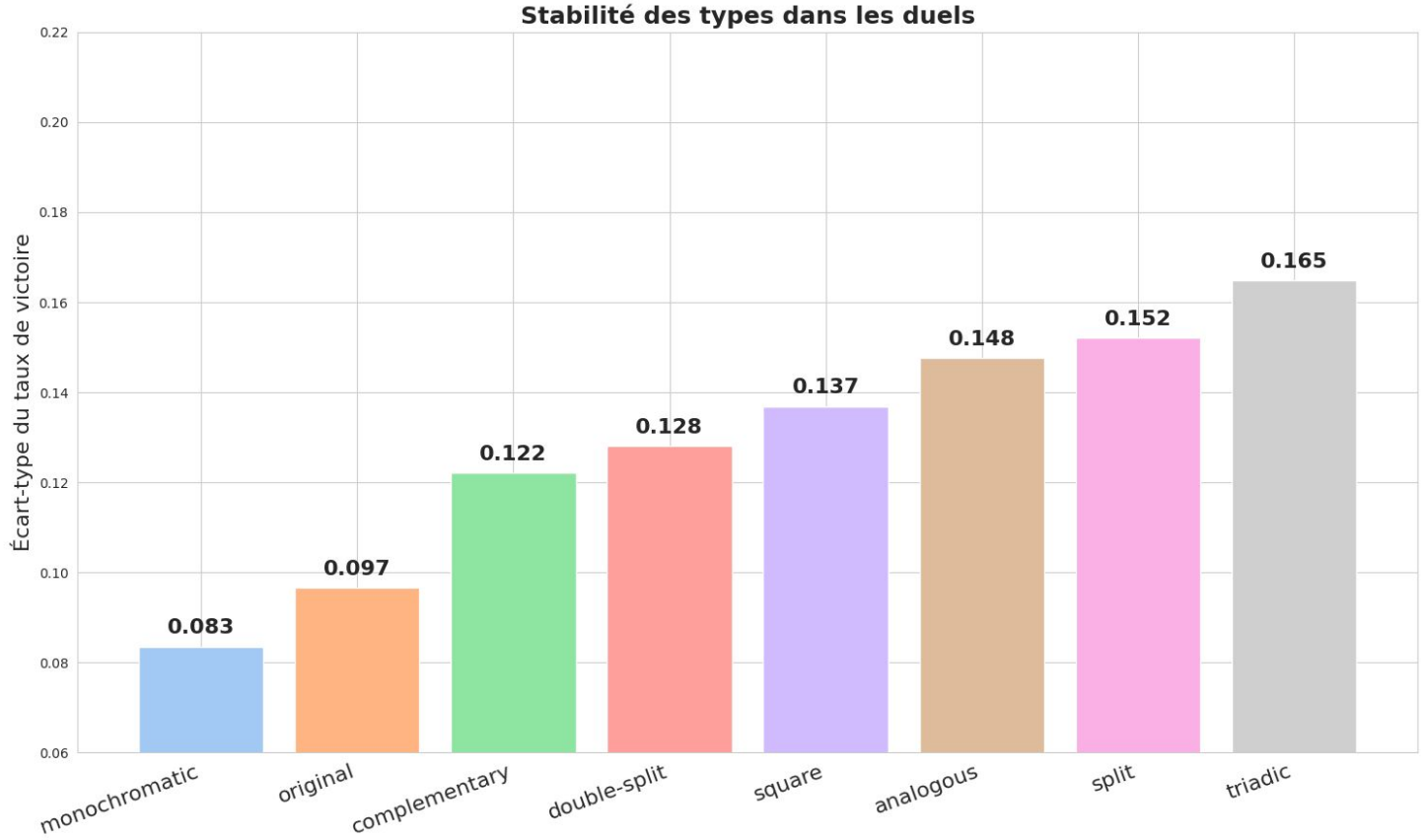
Double-Split



DÉMO



1765 occurences de sondage
base de donnée de ~400 images


Stabilité des types dans les duels
Écart-type du taux de victoire
0.22
0.20
0.18
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.083
0.097
0.122
0.128
0.137
0.148
0.152
0.165
monochromatic
original
complementary
double-split
square
analogous
split
triadic

Merci pour votre attention

Kai Nigh, Donovann Zassot, Tom Zink