

TD5 - Adèle Marcon

Liste des couleurs présentes dans une image et leur fréquence

Cette première partie permet de définir une méthode d'affichage pour la suite: soit en ligne, soit en grille

In [138...]

```
from PIL import Image
import matplotlib.pyplot as plt
from IPython.display import display, HTML

def afficher_images(images, titres=None, disposition='ligne', colonnes=3,
                    imgs = []
                    for img in images:
                        imgs.append(img)

n_images = len(imgs)

if titres is None:
    titres = [f'Image {i+1}' for i in range(n_images)]

if disposition == 'ligne':
    lignes, cols = 1, n_images
    taille_fig = (taille_fig[0], taille_fig[1])
elif disposition == 'grille':
    cols = min(colonnes, n_images)
    lignes = (n_images + cols - 1) // cols
    taille_fig = (taille_fig[0], taille_fig[1] * lignes / 2)
else:
    raise ValueError("disposition doit être 'ligne' ou 'grille')

fig, axes = plt.subplots(lignes, cols, figsize=taille_fig)

if n_images == 1:
    axes = [axes]
else:
    axes = axes.flatten() if hasattr(axes, 'flatten') else axes
for i, (img, titre) in enumerate(zip(imgs, titres)):
    axes[i].imshow(img)
    axes[i].set_title(titre, fontsize=12, pad=10)
    axes[i].axis('off')
for i in range(n_images, len(axes) if hasattr(axes, '__len__') else 1):
    axes[i].axis('off')

plt.tight_layout()
plt.show()
```

Cette deuxième partie permet de charger les images, je décide de créer im2 et im3 pour naviguer plus facilement entre les versions rétouchées et originales de chaque image

Le choix des images repose sur plusieurs critères: une diversité des couleurs et une visualisation rapide des différentes couleurs, une complexité de dégradé pour la

première image et une complexité de diversité importante des couleurs pour la deuxième image

```
In [139...]: # On charge les images
im1 = Image.open("soleil.jpg").convert("RGB")
px1 = im1.load()
im2 = Image.new('RGB', (im1.width, im1.height))
px2 = im2.load()
im3 = Image.new('RGB', (im1.width, im1.height))
px3 = im3.load()
W1, H1 = im1.size

im4 = Image.open("couleurs.jpg").convert("RGB")
px4 = im4.load()
im5 = Image.new('RGB', (im4.width, im4.height))
px5 = im5.load()
im6 = Image.new('RGB', (im4.width, im4.height))
px6 = im6.load()
W2, H2 = im4.size

# Afficher en ligne
afficher_images(
    [im1, im4],
    titres=['Image 1 originale', 'Image 2 originale'],
    disposition='ligne'
)
```



Cette troisième partie du code permet de créer un dictionnaire possédant pour clés les couleurs et pour valeur leur fréquence d'apparition dans l'image

```
In [140...]: def couleurs_presentes(px,W,H):
    couleurs = {}
    for x in range (W):
        for y in range (H):
            if px[x,y] not in couleurs:
                couleurs[px[x,y]] = 1
            else:
                couleurs[px[x,y]] += 1
    return couleurs
```

Présentation d'une méthode naïve de construction d'une palette de k couleurs et affichage de la palette

```
In [141...]: def choix_palette(n,px,W,H):
    D = couleurs_presentes(px,W,H)
    C = [(k,v) for k,v in D.items()]
    C = C[:n]
    C.sort(key = lambda x: x[1])
    for k,v in D.items():
        if v > C[0][1]:
            C[0] = (k,v)
    C.sort(key = lambda x: x[1])
    return C

In [142...]: k = 10
C1 = choix_palette(k,px1,W1,H1)
C2 = choix_palette(k,px4,W2,H2)

def draw_rectangle(rgb_color):
    color = f'rgb({rgb_color[0]}, {rgb_color[1]}, {rgb_color[2]})'
    html = f'<svg width="100" height="100"><rect width="100" height="100" fill={color}></rect></svg>'
    return html

html = f'<svg width="100" height="100"><rect width="100" height="100" fill={color}></rect></svg>'
for i in range (1,k):
    html += draw_rectangle(C1[i][0])
display(HTML(html))

html = f'<svg width="100" height="100"><rect width="100" height="100" fill={color}></rect></svg>'
for i in range (1,k):
    html += draw_rectangle(C2[i][0])
display(HTML(html))
```





Recoloriage de chaque image grâce à la palette obtenue par méthode naïve - choix d'un calcul de distance euclidien

In [143...]

```
from math import sqrt
def distance(c1: tuple, c2: tuple) -> float:
    r1,g1,b1 = c1
    r2,g2,b2 = c2
    return sqrt((r2-r1)**2 + (g2-g1)**2 + (b2-b1)**2)
```

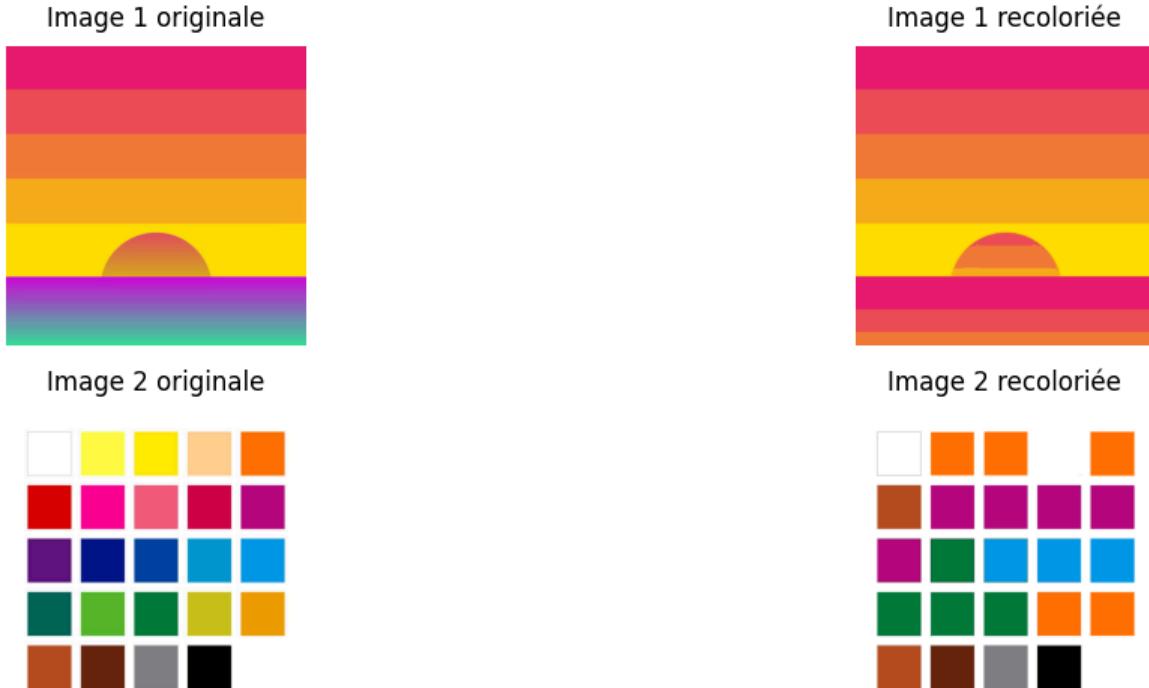
In [144...]

```
def recoloriage(px, px2, W, H, k):
    C = choix_palette(k, px, W, H)
    for x in range(W):
        for y in range(H):
            choix = C[0][0]
            for c in C:
                if distance(px[x,y], choix) > distance(px[x,y], c[0]):
                    choix = c[0]
            px2[x,y] = choix
```

In [145...]

```
recoloriage(px1,px2,W1,H1,10)
recoloriage(px4,px5,W2,H2,10)

afficher_images(
    [im1, im2, im4, im5],
    titres=['Image 1 originale', 'Image 1 recoloriée', 'Image 2 originale',
    disposition='grille',
    colonnes=2
)
```



Calcul d'un score pour chaque image et représentation de ce score

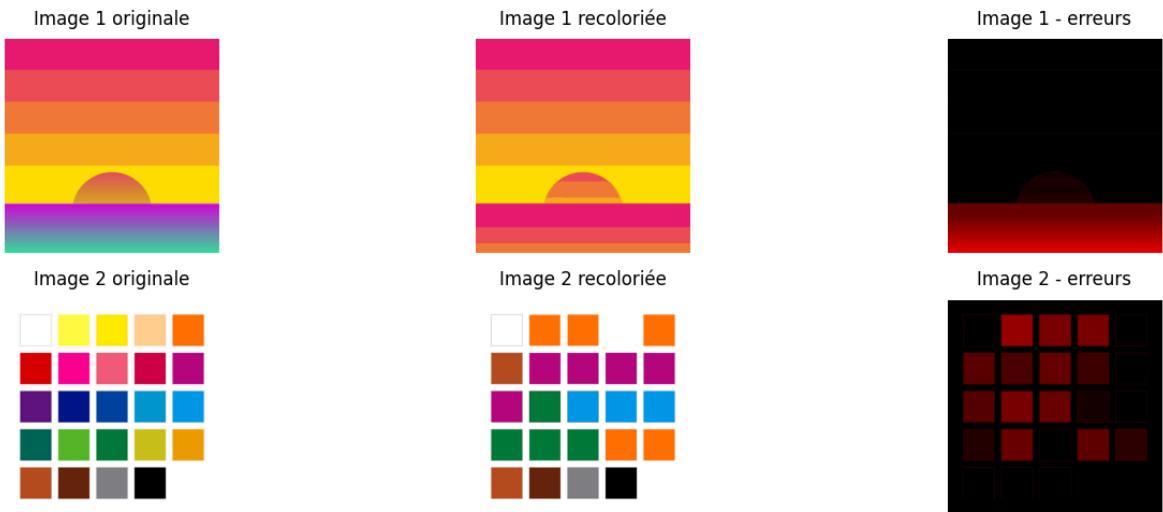
```
In [146...]: def score(px,px2,W,H,k):
    S = 0
    N = W*H
    for x in range (W):
        for y in range (H):
            S += distance(px[x,y],px2[x,y])
    print(f"Le score de l'image {k} est:", (256 - S/N)/256)
```

```
In [147...]: score(px1,px2,W1,H1,1)
score(px4,px5,W2,H2,2)
```

Le score de l'image 1 est: 0.8544392395261857
Le score de l'image 2 est: 0.8823569559836902

```
In [148...]: def score_image(px,px2,W,H):
    for x in range(W):
        for y in range(H):
            d = distance(px[x,y],px2[x,y])
            d = int(d)
            if W == W1:
                px3[x,y] = (d,0,0)
            if W == W2:
                px6[x,y] = (d,0,0)
```

```
In [149...]: score_image(px1,px2,W1,H1)
score_image(px4,px5,W2,H2)
afficher_images(
    [im1, im2, im3, im4, im5, im6],
    titres=['Image 1 originale','Image 1 recolorisée','Image 1 - erreurs',
    disposition='grille',
    colonnes=3
)
```



Deuxième méthode pour choisir la palette

```
In [150...]: def choix_palettes2(n, px, W, H, i):
    D = couleurs_presentes(px, W, H)
    C = [(k, v) for k, v in D.items()]
    C = C[:i*n]
    C.sort(key = lambda x: x[1])
    for k, v in D.items():
        if v > C[0][1]:
            C[0] = (k, v)
            C.sort(key = lambda x: x[1])
    L = []
    for k in range (n):
        L.append(C[i*k + 1])
    return L
```



```
In [151...]: k = 10
C1 = choix_palettes2(k, px1, W1, H1, 3)

from IPython.display import display, HTML

def draw_rectangle(rgb_color):
    color = f'rgb({rgb_color[0]}, {rgb_color[1]}, {rgb_color[2]})'
    html = f'<svg width="100" height="100"><rect width="100" height="100" fill={color}></rect></svg>'
    return html

html = f'<svg width="100" height="100"><rect width="100" height="100" fill={C1[0]}></rect></svg>'
for i in range (1,k):
    html += draw_rectangle(C1[i][0])
display(HTML(html))

C2 = choix_palettes2(k, px4, W2, H2, 3)

html = f'<svg width="100" height="100"><rect width="100" height="100" fill={C2[0]}></rect></svg>'
for i in range (1,k):
    html += draw_rectangle(C2[i][0])
display(HTML(html))
```

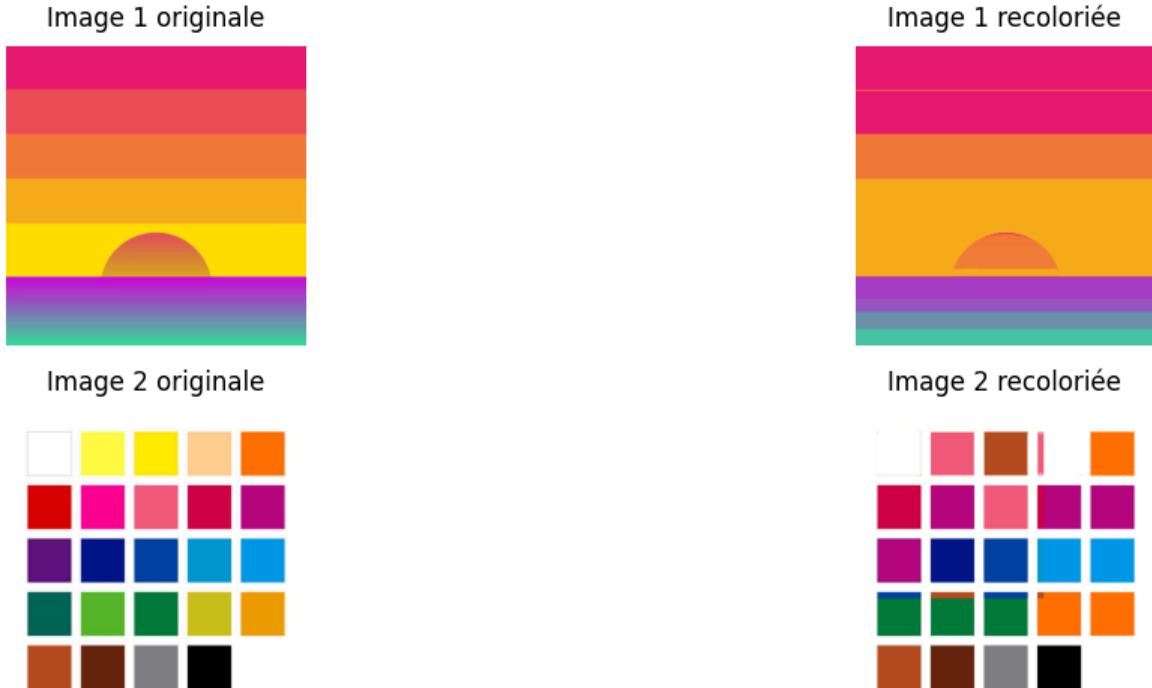


On répète les étapes précédentes pour comparer les résultats obtenus

```
In [152...]: def recoloriage2(px,px2,W,H,k,palette):
    for x in range(W):
        for y in range(H):
            choix = palette[0][0]
            for c in palette:
                if distance(px[x,y],choix) > distance(px[x,y],c[0]):
                    choix = c[0]
            px2[x,y] = choix
```

```
In [153...]: recoloriage2(px1,px2,W1,H1,100,C1)
recoloriage2(px4,px5,W1,H1,100,C2)

afficher_images(
    [im1, im2, im4, im5],
    titres=['Image 1 originale', 'Image 1 recoloriée', 'Image 2 originale',
    disposition='grille',
    colonnes=2
)
```



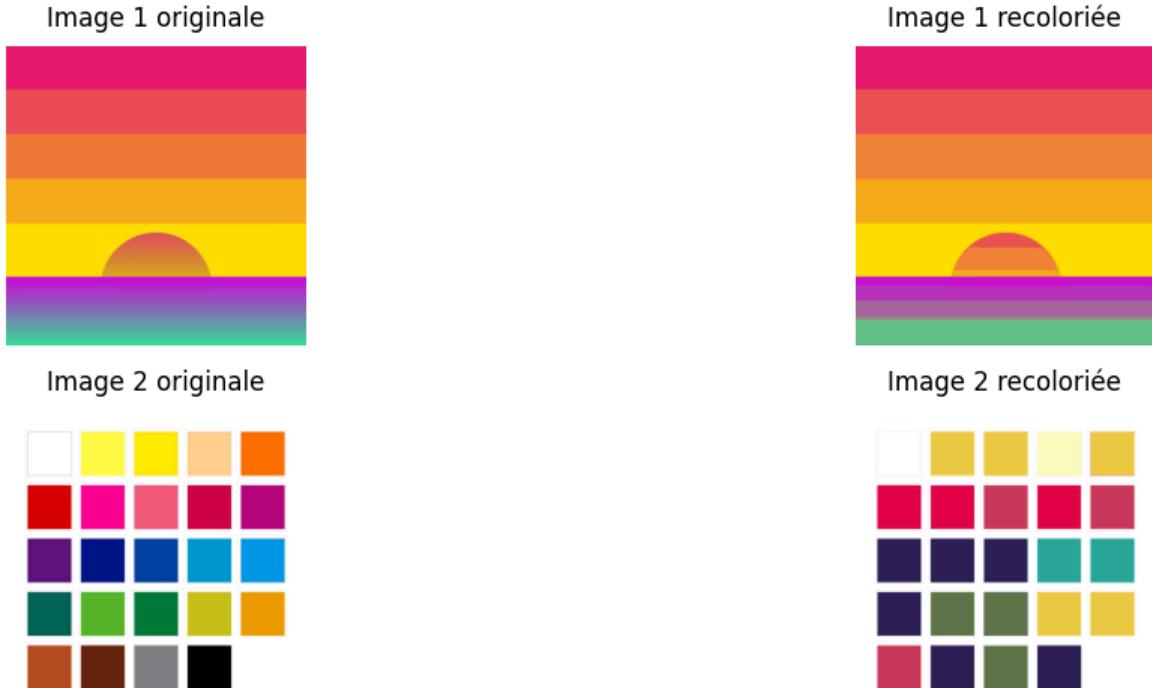
```
In [154...]: score(px1,px2,W1,H1,1)
          score(px4,px5,W2,H2,2)
```

Le score de l'image 1 est: 0.9121610637472928
 Le score de l'image 2 est: 0.9037310203285439

Le score de chaque image à été amélioré par rapport à la méthode naïve

Comparaison des méthodes obtenues avec une méthode existante: fonction quantize de Pil

```
In [155...]: im_quantize1 = im1.quantize(colors=10).convert("RGB")
im_quantize2 = im4.quantize(colors=10).convert("RGB")
afficher_images(
    [im1, im_quantize1, im4, im_quantize2],
    titres=['Image 1 originale', 'Image 1 recoloriée', 'Image 2 originale',
            disposition='grille',
            colonnes=2
        )
```



```
In [156...]: px7 = im_quantize1.load()
px8 = im_quantize2.load()

score(px1,px7,W1,H1,1)
score(px4,px8,W2,H2,2)
```

Le score de l'image 1 est: 0.9513629279024471
 Le score de l'image 2 est: 0.8565612976787099

Pré-traitement des images: Lissage et Flou Gaussien

Lissage

```
In [157...]: from math import sqrt
def distance(c1: tuple, c2: tuple) -> float:
    r1,g1,b1 = c1
    r2,g2,b2 = c2

    return sqrt((r2-r1)**2 + (g2-g1)**2 + (b2-b1)**2)
```

```
In [158...]: def floodFill(w: int, h: int, start_x: int, start_y: int, seuil: int, px,
directions = [(-1,0),(1,0),(0,-1),(1,0),(-1,-1),(-1,1),(1,1),(-1,-1)]
visited = set()
not_visited = {(start_x,start_y)}
unique_colors_used = set()

while not_visited:
    q = [not_visited.pop()]
    c = px[q[0][0],q[0][1]]
    unique_colors_used.add(c)

    while q:
        x,y = q.pop()
        visited.add((x,y))
        px2[x,y] = c
```

```

    for dirx, diry in directions:
        tx, ty = x + dirx, y + diry
        if (0 <= tx < w) and (0 <= ty < h):
            if (tx,ty) not in visited:
                if distance(px[tx,ty],c) < seuil:
                    q.append((tx,ty))
            else:
                not_visited.add((tx,ty))

    return visited, not_visited, unique_colors_used

```

In [159...]

```

seuil = 100
start_x, start_y = 0, 0

visited, not_visited, colors = floodFill(W1, H1, start_x, start_y, seuil,
visited, not_visited, colors = floodFill(W2, H2, start_x, start_y, seuil,
afficher_images(
    [im3, im6],
    titres=['Image 1 lissée', 'Image 2 lissée'],
    disposition='ligne'
)

```



In [160...]

```

recoloriage(px3,px2,W1,H1,10)
recoloriage(px6,px5,W1,H1,10)

afficher_images(
    [im2, im5],
    titres=['Image 1 retouchée', 'Image 2 retouchée'],
    disposition='ligne'
)

```



```
In [161...]: score(px1,px2,W1,H1,1)
score(px4,px5,W2,H2,2)
```

Le score de l'image 1 est: 0.8674025019277546
 Le score de l'image 2 est: 0.9249620814023384

Ici on a donc réussi à améliorer le score de l'image avec un pré-traitement de lissage avant le recoloriage par rapport à la méthode naïve

Flou Gaussien

```
In [162...]: gauss3 = [[1,2,1],
              [2,4,2],
              [1,2,1]]

gauss7 = [[1,1,2,2,2,1,1],
           [1,2,2,4,2,2,1],
           [2,2,4,8,4,2,2],
           [2,4,8,16,8,4,2],
           [2,2,4,8,4,2,2],
           [1,2,2,4,2,2,1],
           [1,1,2,2,2,1,1]]
```

```
In [163...]: def somme_matrice(m: list = []) -> float:

    s = 0
    for e in m:
        for k in e:
            s += k
    return s
```

```
In [164...]: def convolution(px, W: int, H: int, m: list) -> None:
    w = len(m)
    h = len(m[0])
    wp = int((w-1)/2)
    hp = int((h-1)/2)
    for x in range(wp,W-wp):
        for y in range(hp,H-hp):
            c1 = 0
            c2 = 0
            c3 = 0
            for i in range(-wp,wp + 1):
```

```

for j in range (-hp, hp + 1):
    c1 += px[x+i,y+j][0]*m[i + wp][j + wp]
    c2 += px[x+i,y+j][1]*m[i + wp][j + wp]
    c3 += px[x+i,y+j][2]*m[i + wp][j + wp]

    c1 = c1//somme_matrice(m)
    c2 = c2//somme_matrice(m)
    c3 = c3//somme_matrice(m)
    px[x,y] = c1,c2,c3

```

In [165...]
`im3 = im1
im6 = im4`

`convolution(px3, W1, H1, gauss7)
convolution(px6, W2, H2, gauss7)`

In [166...]
`afficher_images(
[im3, im6],
titres=['Image 1 floutée', 'Image 2 floutée'],
disposition='ligne'
)`



In [167...]
`k = 10
C1 = choix_palettes(k,px3,W1,H1)
C2 = choix_palettes(k,px6,W2,H2)

def draw_rectangle(rgb_color):
 color = f'rgb({rgb_color[0]}, {rgb_color[1]}, {rgb_color[2]})'
 html = f'<svg width="100" height="100"><rect width="100" height="100" fill={color}></rect></svg>'
 return html

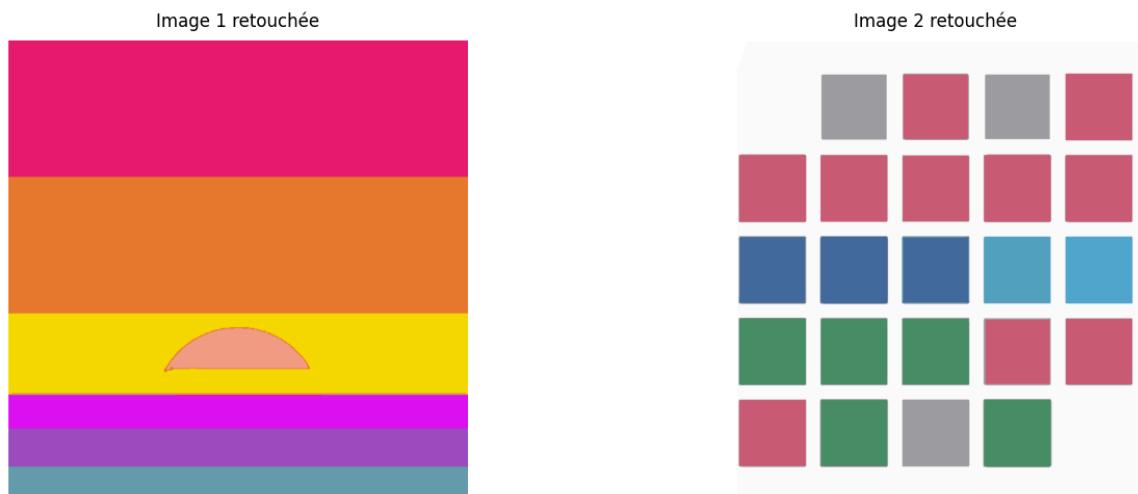
html = f'<svg width="100" height="100"><rect width="100" height="100" fill={C1[0]}></rect></svg>'
for i in range (1,k):
 html += draw_rectangle(C1[i][0])
display(HTML(html))

html = f'<svg width="100" height="100"><rect width="100" height="100" fill={C2[0]}></rect></svg>'
for i in range (1,k):
 html += draw_rectangle(C2[i][0])
display(HTML(html))`



```
In [168]: recoloriage(px3,px2,W1,H1,10)
recoloriage(px6,px5,W2,H2,10)

afficher_images(
    [im2, im5],
    titres=['Image 1 retouchée', 'Image 2 retouchée'],
    disposition='ligne'
)
```



```
In [169]: score(px1,px2,W1,H1,1)
score(px4,px5,W2,H2,2)
```

Le score de l'image 1 est: 0.861242837209088
 Le score de l'image 2 est: 0.7830483686288254

Dans le cas de l'image 2, le flou gaussien détériore le résultat. Le flou gaussien ne semble donc pas, dans certains cas, être un choix pertinent

Calcul de distance entre deux couleurs: 2 nouvelles méthodes proposées

Première méthode: Distance RGB pondérée

L'idée est de modifier le calcul de distance en prenant en compte la perception humaine

```
In [170...]: from math import sqrt

def distance_rgb_ponderee(c1, c2):
    r1, g1, b1 = c1
    r2, g2, b2 = c2
    r_mean = (r1 + r2) / 2
    delta_r = r2 - r1
    delta_g = g2 - g1
    delta_b = b2 - b1

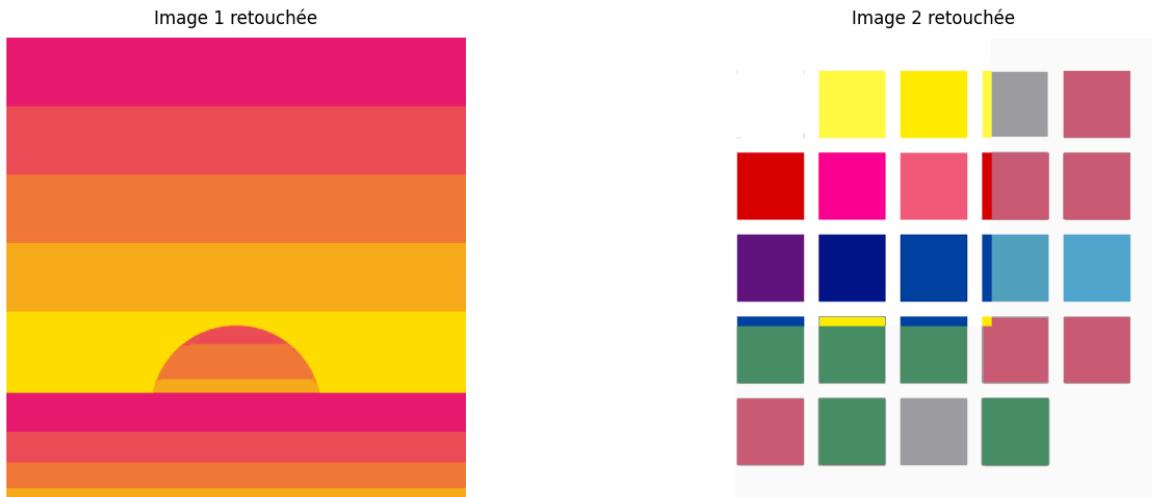
    return sqrt(
        (2 + r_mean/256) * delta_r**2 +
        4 * delta_g**2 +
        (2 + (255-r_mean)/256) * delta_b**2
    )
```

On utilise encore la méthode naïve de choix de la palette pour comparer les résultats

```
In [171...]: def recoloriage3(px, px2, W, H, k):
    C = choix_palette(k, px, W, H)
    for x in range(W):
        for y in range(H):
            choix = C[0][0]
            for c in C:
                if distance_rgb_ponderee(px[x,y], choix) > distance_rgb_ponderee(px2[x,y], choix):
                    choix = c[0]
            px2[x,y] = choix
```

```
In [172...]: recoloriage3(px1, px2, W1, H1, 10)
recoloriage3(px4, px5, W1, H1, 10)

afficher_images(
    [im2, im5],
    titres=['Image 1 retouchée', 'Image 2 retouchée'],
    disposition='ligne'
)
```



```
In [173...]: def score_rgb(px, px2, W, H, k):
    S = 0
    N = W*H
    for x in range (W):
        for y in range (H):
            S += distance_rgb_ponderee(px[x,y], px2[x,y]))
    print(f"Le score de l'image {k} est:", (256 - S/N)/256)
```

```
In [174...]: score_rgb(px1,px2,W1,H1,1)
score_rgb(px4,px5,W2,H2,2)
```

Le score de l'image 1 est: 0.7629293517120905
 Le score de l'image 2 est: 0.7606655488353479

Deuxième méthode: Distance LAB

```
In [175...]: from math import sqrt
# Ici aide de Claude AI pour la compréhension de la conversion du RGB en
def rgb_to_lab(r, g, b):
    """Convertit RGB (0-255) en LAB"""

    # 1. RGB vers RGB normalisé (0-1)
    r, g, b = r/255.0, g/255.0, b/255.0

    # 2. Correction gamma (RGB vers RGB linéaire)
    def gamma_correction(c):
        return ((c + 0.055) / 1.055) ** 2.4 if c > 0.04045 else c / 12.92

    r = gamma_correction(r)
    g = gamma_correction(g)
    b = gamma_correction(b)

    # 3. RGB linéaire vers XYZ (matrice sRGB)
    x = r * 0.4124564 + g * 0.3575761 + b * 0.1804375
    y = r * 0.2126729 + g * 0.7151522 + b * 0.0721750
    z = r * 0.0193339 + g * 0.1191920 + b * 0.9503041

    # 4. XYZ vers LAB (illuminant D65)
    x = x / 0.95047
    y = y / 1.00000
    z = z / 1.08883

    def f(t):
```

```

        return t ** (1/3) if t > 0.008856 else (7.787 * t) + (16/116)

x = f(x)
y = f(y)
z = f(z)

L = (116 * y) - 16
a = 500 * (x - y)
b_lab = 200 * (y - z)

return (L, a, b_lab)

def distance_lab(c1, c2):
    L1, a1, b1 = rgb_to_lab(*c1)
    L2, a2, b2 = rgb_to_lab(*c2)

    return sqrt((L2-L1)**2 + (a2-a1)**2 + (b2-b1)**2)

```

In [176]:

```

def recoloriage4(px, px2, W, H, k):
    C = choix_palette(k, px, W, H)
    for x in range(W):
        for y in range(H):
            choix = C[0][0]
            for c in C:
                if distance_lab(px[x,y], choix) > distance_lab(px[x,y], c[0]):
                    choix = c[0]
            px2[x,y] = choix

```

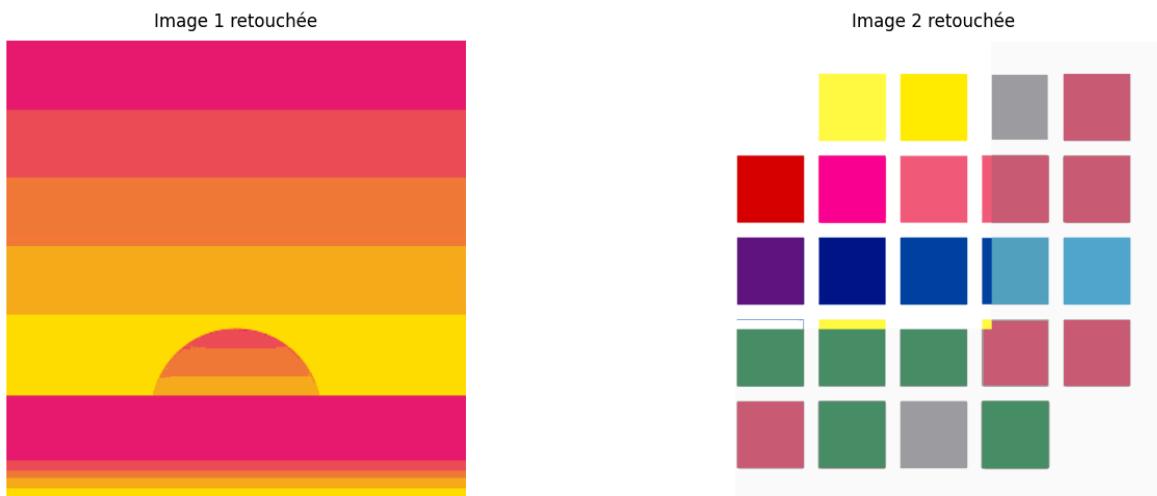
In [177]:

```

recoloriage4(px1, px2, W1, H1, 10)
recoloriage4(px4, px5, W1, H1, 10)

afficher_images(
    [im2, im5],
    titres=['Image 1 retouchée', 'Image 2 retouchée'],
    disposition='ligne'
)

```



In [178]:

```

def score_lab(px, px2, W, H, k):
    S = 0
    N = W*H
    for x in range(W):
        for y in range(H):

```

```
S += distance_lab(px[x,y],px2[x,y])
print(f"Le score de l'image {k} est:", (256 - S/N)/256)
```

In [179...]
`score_lab(px1,px2,W1,H1,1)
score_lab(px4,px5,W2,H2,2)`

Le score de l'image 1 est: 0.931323002618337
 Le score de l'image 2 est: 0.942148227425682

Avec ces deux méthodes, le score de l'image ne semble pas s

Comparaison des méthodes décrites précédemment

Méthode	Complexité temporelle	Complexité spatiale	Avantages	Inconvénients
Recoloriage naïf	O(W×H×k)	O(W×H)	Simple	Lent pour grande palette
Palette naïve	O(W×H + k log k)	O(couleurs_uniques)	Rapide, peu de mémoire	Couleurs pas représentatives
Palette K-means	O(W×H×k×iter)	O(W×H)	Couleurs représentatives optimales	Plus lent, besoin sklearn (j'ai eu des problèmes pour l'installer sur pc...)
Distance RGB	O(1)	O(1)	Très rapide	Moins uniforme
Distance LAB (sans cache)	O(1)	O(1)	Perceptuellement correct	Calculs complexes répétés

Parmi le calcul de distance, le choix de la palette et le recoloriage, le choix de la palette semble celui posant le plus de problème et entraîne un mauvais "résumé" de l'image de départ: On se propose ici de l'améliorer

On se propose d'utiliser l'algorithme des K-moyens pour construire une palette représentative

In [180...]
`from sklearn.cluster import KMeans
from collections import Counter
import numpy as np

def choix_palette_kmeans(image, n_colors):
 img_array = np.array(image)
 pixels = img_array.reshape(-1, 3)

 kmeans = KMeans(n_clusters=n_colors, random_state=42, n_init=10)
 kmeans.fit(pixels)

 # Les centres des clusters sont les couleurs représentatives
 colors = kmeans.cluster_centers_.astype(int)

 # Compter combien de pixels sont assignés à chaque cluster
 labels = kmeans.labels_
 counts = Counter(labels)`

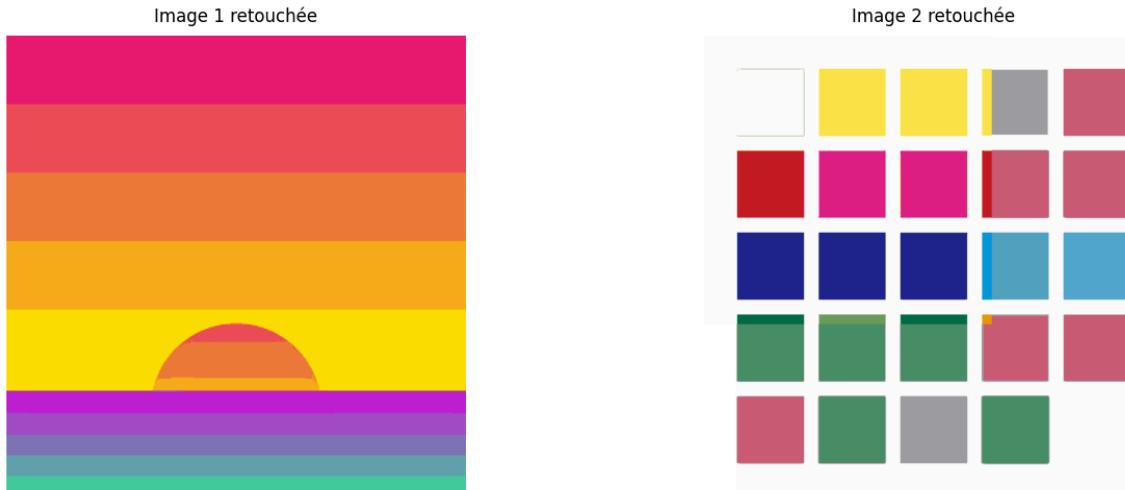
```
# Retourner au format de votre code (couleur, fréquence)
palette = [((int(colors[i][0]), int(colors[i][1]), int(colors[i][2])))
           for i in range(n_colors)]

return palette
```

```
In [181...]: def recoloriage5(im,px,px2,W,H,k):
    C = choix_palette_kmeans(im,k)
    for x in range(W):
        for y in range(H):
            choix = C[0][0]
            for c in C:
                if distance_rgb_ponderee(px[x,y],choix) > distance_rgb_ponderee(px2[x,y],c):
                    choix = c[0]
            px2[x,y] = choix
```

```
In [182...]: recoloriage5(im1,px1,px2,W1,H1,10)
recoloriage5(im4,px4,px5,W1,H1,10)

afficher_images(
    [im2, im5],
    titres=['Image 1 retouchée', 'Image 2 retouchée'],
    disposition='ligne'
)
```



```
In [183...]: score_rgb(px1,px2,W1,H1,1)
score_rgb(px4,px5,W2,H2,2)
```

Le score de l'image 1 est: 0.9552617998641758
Le score de l'image 2 est: 0.7138620127289836

La nouvelle méthode de choix de palette est très concluante pour l'image 1 puisqu'il permet d'obtenir sensiblement le même score qu'avec la méthode quantize mais ne fonctionne pas pour l'image 2.

En conclusion, pour la première image l'algorithme K-means avec distance_rgb permet les meilleurs résultats (sans prendre en compte la complexité) alors que pour la deuxième image, la deuxième méthode de choix de la palette est la plus concluante.