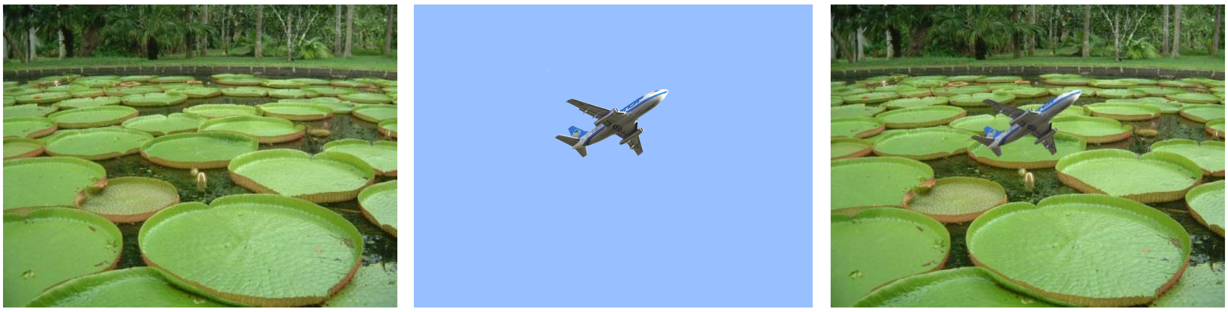
ESPACE DE REPRESENTATION DE COULEURS

Le « chroma-keying » ou « incrustation en chrominance » est une technique de fusion d'images en couleurs. La méthode consiste à isoler puis remplacer les pixels « de fond » d'une image, de couleur caractéristique, par les pixels correspondants d'une seconde image (voir figure 1). Un exemple type est la carte météorologique incrustée en arrière-plan d'un présentateur alors que celui-ci est filmé sur un fond de couleur verte ou bleue.



Arrière-plan — Avant-plan — Fusion des images

Figure 1 : images sources (arrière-plan et avant-plan) et image fusionnée.

La fusion est opérée à l'aide d'un masque binaire M associé à l'image d'avant-plan (voir figure 2), selon l'expression suivante :

$$I_{Fusion} = \begin{cases} I_{avant} & \text{si} \quad M = 1 \\ I_{arrière} & \text{si} \quad M = 0 \end{cases}$$

Avant-plan — Masque binaire M

Figure 2 : création du masque.

Dans le cas d'un arrière-plan de couleur caractéristique bleue, l'application de la technique « chroma-keying » peut-être facilitée par l'utilisation de l'espace de représentation de couleurs YC_bC_r au lieu du classique espace *RGB*.

Travail demandé :

- Observez et commentez les différentes composantes *RGB* et YC_bC_r de l'image `pool.tif`, plus précisément pour les régions rouges, bleues et blanches. Identifiez l'intérêt de la représentation de couleurs YC_bC_r.

- Réalisez la fusion des images `background.jpg` (arrière-plan) et `foreground.jpg` (avant-plan) à l'aide de la représentation YC_bC_r . Dans cet exemple, il s'agit de remplacer le ciel de la deuxième image et le bleu est par conséquent la couleur caractéristique permettant d'établir le masque de fusion.

- Tentez de réaliser la fusion en utilisant uniquement la représentation *RGB*. Commentez la pertinence de la représentation YC_bC_r pour cette application en précisant les raisons pour lesquelles la fusion est plus délicate à réaliser au moyen de la représentation *RGB*.

Rappel

Les équations de passage de l'espace *RGB* à l'espace YC_bC_r sont :

$$
\begin{aligned}
Y &= 0.299R + 0.587G + 0.114B \\
C_b &= 0.564(B - Y) + 128 \\
C_r &= 0.713(R - Y) + 128
\end{aligned}
\quad .
$$

FILTRAGE

La représentation fréquentielle d'une image permet d'en observer les différentes composantes spectrales notamment celles correspondant éventuellement à un bruit caractéristique. L'objectif de cette partie est d'identifier, dans l'espace des fréquences, la signature d'une trame visible sur une image (`monument.bmp`), puis de générer un filtre linéaire RIF adapté permettant de l'atténuer.

On se propose ainsi de réaliser un filtre « coupe-bande » de type gaussien en trois étapes. Le filtre final ainsi que toutes les formes intermédiaires seront implémentées uniquement dans le domaine spatial. Le point de départ est un filtre « passe-bas » défini par une fonction gaussienne bidimensionnelle centrée, isotrope c'est-à-dire radiale et d'expression

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2}\exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right).$$

Ce filtre est ensuite modulé par un signal de type sinusoïdal de sorte à le centrer sur la fréquence de la trame et à en faire un filtre « passe-bande ». Une dernière opération, toujours effectuée dans le domaine spatial, permet de le transformer en un filtre « coupe-bande ».

<u>Travail demandé :</u>

- Détaillez les différentes opérations permettant d'obtenir le filtre attendu.

- Visualisez le filtre à chaque étape de son élaboration dans les domaines spatial et fréquentiel.

- Commentez le résultat de l'application du filtre final sur l'image tramée. Précisez notamment l'influence des différents paramètres.

- Itérez la démarche afin d'atténuer une deuxième trame visible sur l'image obtenue précédemment. Proposez notamment une ou plusieurs méthodes pour identifier les coordonnées fréquentielles du filtre.

L'objectif de cette partie est d'implémenter des formes dérivatives dans une optique de détection (`batiment.bmp`) ou de rehaussement de contours (`rides.bmp` et `moon.bmp`).

1. Dérivées premières

Le filtre de Sobel est souvent utilisé dans des applications de détection de contours. Il s'implémente à l'aide de deux masques 2D de convolution S_x^{2D} et S_y^{2D} permettant respectivement d'estimer les dérivées horizontale et verticale :

$$S_x^{2D} = \frac{1}{8}\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad S_y^{2D} = \frac{1}{8}\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}.$$

Chacun de ces masques résulte de la combinaison de deux opérateurs 1D orthogonaux. Le masque S_x^{2D} peut ainsi s'exprimer sous la forme suivante :

$$S_x^{2D} = H_x^{1D} \otimes H_y^{1D}$$

où $\otimes$ représente l'opérateur de convolution, H_x^{1D} est un masque 1D horizontal et H_y^{2D} est un masque 1D vertical.

D'autres filtres souvent utilisés en raison de leur paramètre d'échelle s'obtiennent à partir des dérivées partielles d'une gaussienne bidimensionnelle :

$$\begin{cases} G_x = -\dfrac{x}{2\pi\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \\ G_y = -\dfrac{y}{2\pi\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \end{cases}$$

Combinées, les estimées des dérivées premières partielles permettent de détecter les contours aussi bien en direction qu'en intensité. Elles permettent également d'infléchir le comportement d'algorithmes à des fins de rehaussement, de diffusion ou de segmentation.

<u>**Travail demandé :**</u>

- Retrouver par le calcul l'expression des deux composantes H_x^{1D} et H_y^{2D} du masque S_x^{2D} et décrire leur action spécifique. Expliquer le principe de fonctionnement du filtre de Sobel.
- Appliquer, d'une part, le masque de dérivation horizontale S_x^{2D} (détection des contours verticaux) et, d'autre part, le masque de dérivation verticale S_y^{2D} (détection des contours horizontaux). Afficher les deux images obtenues en inversant la palette de niveaux de gris et

en conservant la correspondance entre la valeur de la dérivée et la couleur de sa représentation.

- Effectuer la détection des contours en calculant, en tout point de l'image traitée, la norme euclidienne du vecteur gradient défini par les estimées des dérivées horizontale et verticale.

- Tenter de segmenter les contours par seuillage en identifiant le seuil optimal par essais successifs.

- Comparer avec les résultats obtenus à l'aide des dérivées de la gaussienne.

- Conserver uniquement les points qui maximisent la norme du gradient dans la direction du gradient et segmenter les contours par seuillage.

- Implémenter un filtre moyenneur adaptatif obtenu par la combinaison multiplicative d'un passe-bas gaussien et d'une forme décroissante à mesure que l'intensité du contour augmente :

$$T(x,y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} e^{-\frac{G(x,y)^2}{2\sigma_G^2}}$$

2. Dérivées secondes

Une estimation de l'opérateur Laplacien peut être obtenue à l'aide du masque 2D de convolution suivant :

$$L = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

Le masque L est la moyenne de deux masques L_x^{2D} et L_y^{2D} transposés l'un de l'autre. Similairement à chacun des masques du filtre de Sobel, le masque L_x^{2D} se décompose selon le produit de convolution de deux masques 1D orthogonaux :

$$L_x^{2D} = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 1 & a & 1 \end{bmatrix}^T$$ où T désigne l'opérateur de transposition.

Une décomposition semblable permet également d'exprimer le masque L_y^{2D}.

<u>Travail demandé :</u>

- Déterminer la valeur du paramètre a. Expliciter l'action des quatre masques 1D composant le masque L.

- Appliquer le masque L à une image puis retranchez le résultat obtenu à l'image originale selon la formule :

$$I - \alpha \times I \otimes L.$$

où α est un paramètre de réglage et de valeur positive, qui peut être arbitrairement fixé à 1. Expliquer la manière dont cette opération effectue un rehaussement de contours.

- ❑ Une autre décomposition possible du masque L est la suivante :

$$L = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & -4 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Préciser quelle propriété connue de l'opérateur Laplacien est ainsi mise en évidence.

- ❑ Appliquer la méthode à des fins de « défloutage » d'une image préalablement « floutée ».