TP : Imagerie échographique

I. Calcul d'une image échographique à partir de l'image RF

1. Les données d'une acquisition échographique sont contenues dans le fichier **us.mat** (à télécharger à l'adresse https://www.irit.fr/~Adrian.Basarab/TP/us.mat).
   A. Charger ces données avec la commande **load** de Matlab.
   B. En utilisant la commande **imagesc**, visualiser l'image (en niveau de gris, **colormap(gray)**) que vous venez de charger.
   C. Visualiser une colonne **x** de cette image (en utilisant **plot**).
      - Que représente ce profil axial ?
      - A quoi correspond sa taille ?
      - En déduire la profondeur d'exploration en sachant que la taille axiale d'un pixel est de ~0.013 mm.

   D. En déduire la nature de l'image affichée en 1.B.
2. Exécuter la commande Matlab suivante **y=abs(hilbert(x))**, où le vecteur **x** représente une colonne de l'image.
   A. Afficher (avec la commande **plot et hold**) les vecteurs **x** et **y** sur la même figure mais avec une couleur différente.
   B. En déduire ce que représente **y** par rapport à **x**.
3. Exécuter la même commande que pour la question 2, mais cette fois-ci avec **x** représentant toute l'image.
   A. Afficher le résultat. Que représente cette image ?
   B. Visualiser l'histogramme de cette image (commande **hist(y(:))** de Matlab) en utilisant 64 bins. Faites un **help hist** au préalable pour comprendre le fonctionnement de hist. Que peut-on en déduire ?
   C. Faire une compression logarithmique de cette image et afficher l'image en niveaux de gris. Que représente cette image ?
   D. Visualiser l'histogramme de l'image après la compression logarithmique. Conclure sur l'intérêt de cette compression log.
   E. Modifier le contraste de cette image en jouant sur la compression logarithmique **(log(A+B*y))** (sur les paramètres A et B) et visualiser de nouveau l'histogramme.

II. Débruitage

On considère que l'image radiofréquence **x** est bruitée. L'objectif des questions suivantes est de débruiter cette image par différentes méthodes vues en cours. Appliquer d'abord l'algorithme de débruitage considéré à l'image RF **x** et visualiser le B mode de l'image filtrée obtenue. Appliquer ensuite l'algorithme de débruitage sur le B mode de l'image non filtrée **x**. Comparer les résultats obtenus.

1. Débruiter l'image à l'aide d'un filtrage linéaire Gaussien 2D. Vous devez définir le noyau du filtre sans utiliser les fonctions fspecial et imgaussfilt. Fixer les hyper-paramètres du filtre (taille et variance) pour obtenir un résultat qui vous semble satisfaisant.
2. Débruiter l'image en utilisant un filtrage bilatéral. Essayer différents hyper-paramètres.
3. Débruiter l'image à l'aide du filtre Non-Local Means qui vous est donné.
4. Débruiter l'image à l'aide d'un anisotrope (voir Annexe). Utiliser l'image enveloppe à la place de l'image RF (en plus de débruiter le B mode de l'image non filtrée). Etudier l'influence des hyper-paramètres.
5. Comparer ces différentes méthodes.

III. RPCA (Bonus)

Appliquer le code RPCA sur la séquence d'image fournie afin d'identifier le flux. Utiliser la fonction power_doppler.m pour estimer la qualité de votre résultat. Varier les hyper-paramètres de RPCA pour trouver le résultat optimal.

IV. Annexe : Filtre de diffusion anisotrope

Les images échographiques sont dégradées par un bruit multiplicatif, appelé « speckle », qui produit la granularité présente dans l'image. Le debruitage des images échographiques est une tâche difficile et reste encore un problème ouvert. Cependant, de nombreuses méthodes de « despeckling » ont été proposées. Une des méthodes les plus classiques est basée sur le filtre de diffusion anisotrope [Perona and Malik 1990]. L'idée de cette méthode est d'exprimer le problème de debruitage comme une équation différentielle non-linéaire, donnée par :

$$\begin{cases} \dfrac{dI}{dt} = div[c(\nabla I) \cdot \nabla I] \\ I(t=0) = I_0 \end{cases}$$

Où ∇ est l'opérateur gradient, *div* est l'opérateur divergence, I_0 est l'image initiale et *c(u)* est le coefficient de diffusion. Généralement, deux expressions différentes peuvent être considérées pour *c(u)* :

$$c(u) = \frac{1}{1+\left(\frac{u}{k}\right)^2} \quad \text{ou} \quad c(u) = e^{-\left(\frac{u}{k}\right)^2}$$

Avec k un hyper-paramètre qui prend généralement des valeurs dans l'intervalle [20 100].
La solution de cette équation différentielle peut être trouvée de manière itérative, comme le montre l'équation ci-dessous :

$$I^{(n+1)} = I^{(n)} + \lambda\left[c(\nabla_N I^{(n)})\nabla_N I^{(n)} + c(\nabla_S I^{(n)})\nabla_S I^{(n)} + c(\nabla_W I^{(n)})\nabla_W I^{(n)} + c(\nabla_E I^{(n)})\nabla_E I^{(n)}\right]$$

Avec λ un hyper-paramètre qui prend généralement des valeurs dans l'intervalle]0 0,25] et $\nabla_N, \nabla_S, \nabla_W, \nabla_Z$ les gradient dans les 4 directions. Par exemple, pour obtenir ∇_N, on pourra utiliser le masque [0 1 0 ;0 -1 0 ;0 0 0] et pour obtenir ∇_S le masque [0 0 0 ;0 -1 0 ;0 1 0].