

Travail pratique #3

Segmentation

INF600F - Traitement d'images

Hiver 2022

Table des matières

Pondération	1
Exercice 1 : Bruit exponentiel	2
Exercice 2 : Télescope spatial James-Webb	2
Exercice 3 : Angiographie	4
Note : Annotation et coefficient DICE	5
Références	5

L'objet de ce travail est l'utilisation de techniques de traitement d'images pour

- restaurer des images dégradées,
- segmenter des objets et frontières,
- extraire de l'information.

Ce travail comporte 3 exercices et il vaut pour 12.5% de la note finale. Les données et le notebook à utiliser pour effectuer ce travail pratique se trouvent dans l'archive ZIP de ce TP disponible sur le site web du cours. Consultez également le document Instructions générales pour les travaux pratiques sur Moodle pour connaître les exigences du rapport de laboratoire.

Pondération

- **Exercice 1** : Bruit exponentiel (5 pts)
- **Exercice 2** : Calibration du télescope spatial James-Webb (10 pts)
- **Exercice 3** : Segmentation d'une angiographie (10 pts)
- **Total** : 25 points

Exercice 1 : Bruit exponentiel

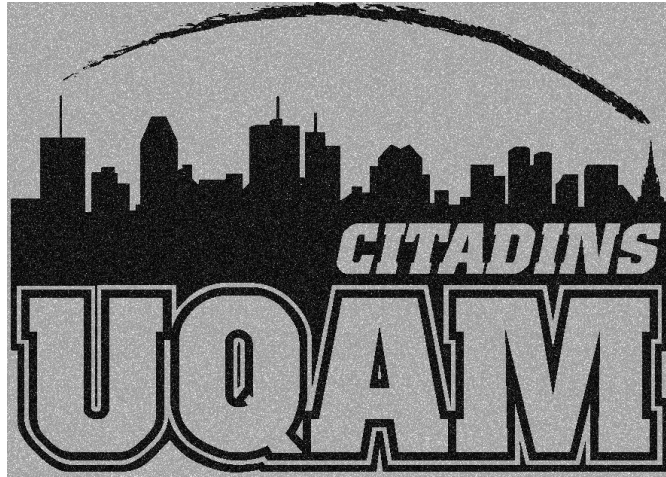


FIG. 1 : Logo bruité des citadins de l'UQAM (Exercice 1)

Utilisez l'image `tp3_ex1.tiff` pour cet exercice. Supposez que cette image a été corrompue avec du bruit exponentiel additif. Trouvez une estimation de la moyenne et de l'écart-type du bruit, ainsi que la valeur du paramètre a de la distribution exponentielle du bruit. Expliquez votre démarche.

Exercice 2 : Télescope spatial James-Webb

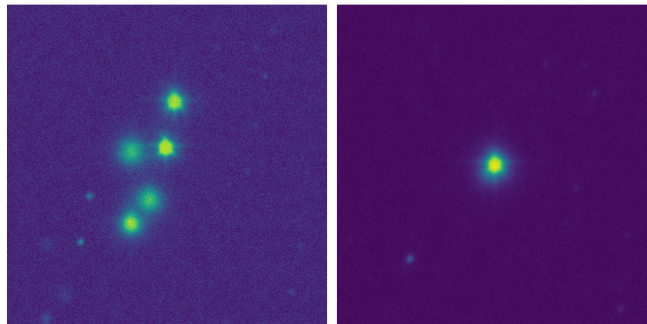


FIG. 2 : Exemple de résultat pour l'exercice 2. (Gauche) Image non calibrée, (Droite) Image calibrée.

Le lancement du télescope spatial James-Webb a eu lieu le 25 décembre 2021. Cet équipement devrait remplacer le télescope spatial Hubble au cours des prochaines années. Le télescope James-Webb fonctionne en utilisant 18 miroirs qui envoient chacun une partie de la lumière captée vers une caméra. Depuis quelques semaines, James-Webb a amorcé la phase de calibration de ses 18 miroirs en vue de le rendre fonctionnel. Cet exercice est inspiré en partie de la technique de calibration utilisée par la NASA.

Pour cet exercice, utilisez le simulateur `tp3.JamesWebbSimulator()` fourni avec le TP. L'argument à fournir en entrée pour initialiser le simulateur est une seule chaîne de caractères qui doit contenir le code permanent de chaque membre de votre équipe.

```
telescope = tp3.JamesWebbSimulator('<mon_code_permanent> et <celui  
de mon collègue>')
```

Une fois le simulateur initialisé, vous pourrez l'utiliser pour :

- Contrôler la position des miroirs : `telescope.move_mirror_by(id, amount)`
- Appliquer une correction à leur position : `telescope.set_mirror_correction(id, value)`
- Simuler une capture d'image : `output = telescope.simulate(image)`
- Réinitialiser la position des miroirs : `telescope.reset()`.

Pour simplifier l'exercice, le télescope simulé ne contient que 5 miroirs plutôt que 18, et ceux-ci se déplacent dans une seule direction (c.-à-d. radialement par rapport au centre de l'image, voir la figure suivante).

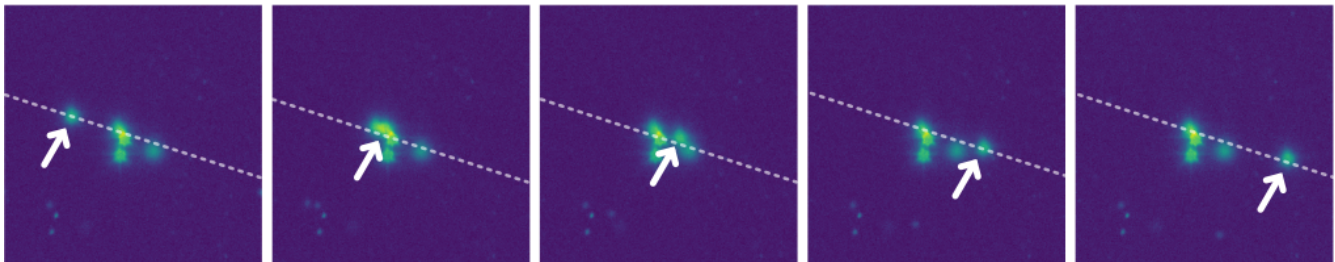


FIG. 3 : Exemple de déplacement d'un seul miroir pour un télescope non calibré. Pour chaque image, le miroir #0 a été déplacé de -75 pixels. L'étoile associée à ce miroir se déplace alors radialement le long d'une ligne qui passe par le centre de l'image. La flèche blanche pointe vers l'étoile qui se déplace, et la ligne pointillée montre la trajectoire de l'étoile avec chaque déplacement.

Au début de l'exercice, votre télescope n'est pas calibré. Les images observées par chaque miroir du télescope ne seront pas alignées. Afin de calibrer votre télescope, nous allons observer une étoile isolée (`tp3_ex2.tiff`). Après la calibration, les étoiles principales associées à chaque miroir devraient tous être alignée au centre de l'image simulée.

Voici la procédure à suivre pour la calibration. Cette même procédure est décrite dans la fonction `calibration` à compléter dans le notebook `tp3.ipynb`.

```
# Algorithme de calibration à compléter
2 def calibration(telescope, image):
    ## Pour chaque miroir de votre télescope (`telescope.nb_mirrors`)
4     for i in range(telescope.nb_mirrors):
        # TODO: Capture d'une image `im1` de l'étoile `HD84406`
6         # TODO: Déplacer le miroir d'une distance de -100 pixels.
        # TODO: Capture d'une image `im2` de l'étoile `HD84406`
8         # TODO: Comparaison différentielle des images `im_d = im1 -
            im2` pour déterminer quelle étoile est associée à ce
            miroir
        # TODO: Segmentation de `im_d` et calcul de la position
            moyenne de l'étoile pour ce miroir.
```

```

10      # TODO: Calcul de la correction à appliquer à ce miroir pour
      le placer au centre du champ de vue.
      pass
12
      # TODO: Appliquer la correction pour chaque miroir
14  return telescope

```

- Après l'implémentation de votre pipeline de calibration `calibration(telescope, image)`, veuillez afficher l'image avant et après la correction.
- **Question** : Quelques images générées par certains miroirs ne sont pas au focus. L'étoile imagée pour ceux-ci a donc une apparence floue. Une façon de corriger ce défaut est de modifier la distance entre la caméra et chacun des miroirs. Si un miroir est trop près ou trop éloigné de la caméra l'image sera floue, et si le miroir est au focus l'image sera nette et les contours de l'étoile observée seront bien définis. **Sugérez une façon de calibrer les miroirs, basée sur l'analyse d'image, pour corriger leur focus.** Vous n'avez pas besoin d'implémenter votre solution.

Exercice 3 : Angiographie

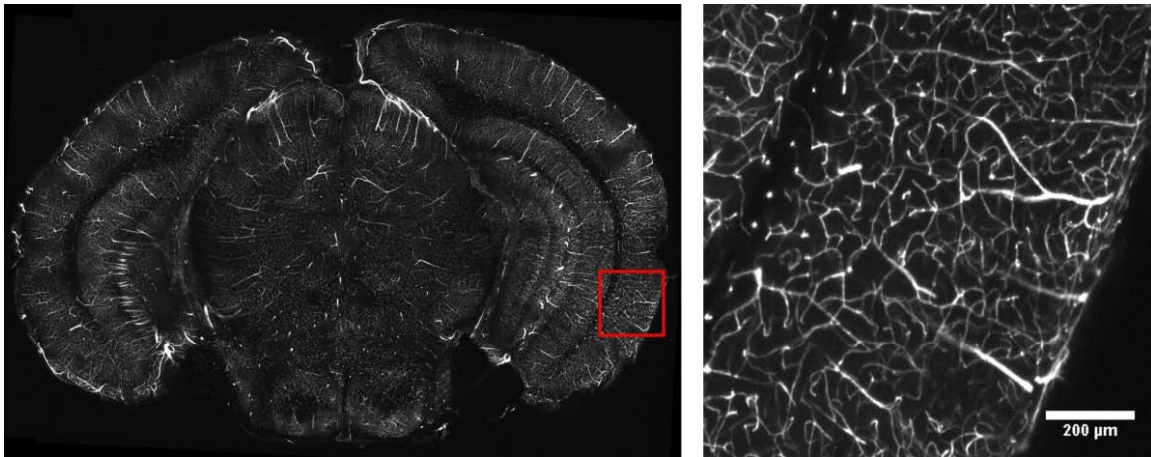


FIG. 4 : Angiographie 2-photons des vaisseaux sanguins d'un cerveau de souris

Pour cette section du travail pratique, utilisez l'image `tp3_ex3.tiff` fournie avec cet énoncé. Cette image représente la microvasculature dans une tranche de cerveau de souris. Elle a été acquise en injectant le marqueur fluorescent FITC dans le sang de l'animal puis en imageant le cerveau à l'aide d'un microscope à fluorescence 2-photons. Le but de cette partie du travail pratique est de segmenter les vaisseaux sanguins.

- Dans un premier temps, appliquez une méthode de seuillage global pour segmenter l'image. Pour fixer empiriquement la valeur des seuils, vous pouvez vous baser sur l'histogramme de l'image ou examiner la valeur des pixels dans les capillaires et les tissus environnants.
- Dans un second temps, testez les méthodes suivantes de seuillage automatique pour déterminer un seuil global optimal pour segmenter l'image de la vasculature.

- Méthode de la moyenne : `skimage.filters.threshold_mean`
- Méthode du triangle : `skimage.filters.threshold_triangle`
- Méthode d'Otsu : `skimage.filters.threshold_otsu`
- Méthode de Li : `skimage.filters.threshold_li`
- Comparez les images segmentées avec ces méthodes avec celle obtenue manuellement. Utilisez le coefficient DICE pour évaluer les performances de segmentation (voir la note plus bas).

$$DICE(X, Y) = \frac{2|X \cdot Y|}{|X| + |Y|} \quad (1)$$

où X est l'image segmentée (valeur de 1 pour les vaisseaux sanguins, 0 pour l'arrière-plan), Y est l'annotation (valeur de 1 pour les vaisseaux sanguins, 0 pour l'arrière-plan), $X \cdot Y$ indique la multiplication pixel par pixel des deux images, $|X|$ est le nombre d'éléments non-nuls dans X , etc.

- **Question** : Selon vous, quels avantages et limitations y a-t-il à utiliser un seuillage global déterminé automatiquement pour segmenter la microvasculature.

Note : Annotation et coefficient DICE

Pour valider les résultats de segmentation, on utilise fréquemment des images annotées. Ces annotations consistent en une image similaire à l'image originale pour laquelle un utilisateur a manuellement étiqueté les pixels appartenant à l'objet devant être segmenté. Une telle annotation a été réalisée pour le coin supérieur gauche de l'image (sous image de taille 128x128). Pour comparer les performances de segmentation, on peut utiliser le coefficient DICE ([URL](#)), défini par le ratio de l'intersection entre la segmentation et l'annotation divisé par l'union de la segmentation et de l'annotation. Pour cet exercice, utilisez l'annotation `tp3_ex3_annotation.tiff` et le coefficient de DICE pour évaluer les performances de segmentation. Vous pouvez aussi utiliser ces informations pour guider votre choix de seuil global manuel.

Références

- L'image utilisée pour l'exercice 1 est le logo des Citadins de l'UQAM (Source : <https://citadins.uqam.ca/>)
- L'image utilisée pour la calibration du télescope (Exercice 2) est l'étoile HD84406 utilisée pour la calibration du télescope spatial James-Webb (Source : <https://wtop.com/the-space-place/2022/01/30-days-on-the-edge-for-james-webb-space-telescope-nasa/>)
- Pour plus d'information sur la calibration du télescope spatial James-Webb : <https://youtu.be/-cUp0AEwV2w>
- L'image utilisée pour l'exercice 3 a été générée par Patrick Delafontaine-Martel à Polytechnique Montréal à l'aide d'un microscope à fluorescence 2 photons couplé à un système d'histologie sérielle robotisé. La sous-image annotée a été générée à l'aide du logiciel de dessin Affinity.