

ENSTA ParisTech - 2<sup>e</sup> année / ESE42  
Morphologie mathématique  
Année 2017-2018

**TP2 : Projet**  
Surveillance maritime

**Préliminaire**

Ce TP sera réalisé à partir du logiciel Morpho.tcl utilisé pour le TP1. Les images à utiliser sont à télécharger via le lien suivant : <http://perso.ensta-paristech.fr/~manzane/Cours/Ese42/> .

Le code en C++ servant de base pour implémenter vos traitements se trouve dans le fichier `./src/tpmorpho2.cc` .

**1/ Contexte applicatif**

L'observation de la Terre à partir de l'espace a débuté au tout début des années 1960 pour ses applications militaires et au début des années 1970 pour ses applications civiles (changements climatiques, utilisation des sols, cartographie, gestion de l'habitat, agriculture, géologie...). Elle offre l'avantage de permettre l'observation d'une zone de la surface du globe en toute liberté (non soumis à autorisation de survol) et de couvrir de larges bandes en une seule passe avec, de nos jours, des résolutions offrant un pouvoir informatif particulièrement intéressant.

L'acquisition de l'imagerie spatiale repose principalement sur la mise en œuvre de capteur optique et radar à synthèse d'ouverture (RSO). Ces capteurs sont complémentaires, entre autres car :

- Pour l'optique (visible et infrarouge), l'interprétation des images est naturelle (illustration 1) pour un être humain mais le résultat est très sensible aux conditions météorologiques et d'éclairement lors de l'acquisition ;
- Pour un RSO, l'interprétation des images est beaucoup plus difficile (illustration 2) mais ce mode d'acquisition est tout temps de jour comme de nuit.
- Par ailleurs, il convient aussi de choisir le type de capteur en fonction de la nature et du comportement de l'objectif à observer. Par exemple, un objet métallique, en surface ou très faiblement enterré, répond fortement à un RSO. Il est mieux détecté qu'en optique.
- Enfin, il faut souvent choisir en optique et RSO entre couverture et résolution. Ce choix est lié aux caractéristiques des capteurs unitaires utilisés (altitude, combinaison optique, longueur d'onde utilisée (RSO) ou observée (optique), agilité...).



Illustration 1: Rade de Lorient par Pléiades 1B (2012) - Optique



Illustration 2: Port de Visakhapatnam – Inde par TerraSAR-X - RSO

La résolution de Pléiades au NADIR est de 70 cm pour la bande panchromatique et de 2,80 m pour les bandes dans le rouge, le vert, le bleu et le proche infra-rouge. Une image représente une surface de 20 km x 20 km.

La résolution de TerraSAR-X est de 1 m pour une fauchée de 10 km ou 18,5 m au maximum pour une fauchée de 100 km.

Ces caractéristiques et performances profitent ainsi au domaine de la surveillance maritime qui devient un grand consommateur d'images spatiales. Accéder à une zone du milieu du Pacifique ou à un port de la Méditerranée ne pose aucune difficulté sauf à attendre le créneau de survol de l'objectif.

Ce domaine recouvre entre-autres les activités de sûreté et de sécurité maritime, de contrôle de la pêche, de lutte contre la pollution, du respect de la loi et des réglementations (trafics d'armes/drogues, piraterie, crimes contre l'environnement...). En fonction des objectifs particuliers recherchés, les images satellites peuvent être combinées à des données provenant d'autres capteurs. Par exemple, la position et la piste d'un bateau obtenues grâce à un radar côtier peuvent être superposées à une image satellite fournissant ainsi un outil précieux pour la vérification des activités maritimes, allant même jusqu'à la détection et la localisation de navires qui ne signalent pas l'objet de leur mission.

Pour information, l'European Maritime Safety Agency (EMSA) s'appuie sur les satellites SENTINEL (optique et RSO) du programme COPERNICUS de l'Union Européenne.

## **2/ But**

Au titre de ce TP Projet, on va s'intéresser à l'un des traitements sous-jacents : la détection de navire (ou bateau). En général, on cherche en plus à estimer sa localisation, son type, sa taille, sa longueur, son cap et sa vitesse.

Ce problème étant très ouvert, on va se restreindre ici à l'utilisation d'images acquises par des capteurs optiques dans le visible.

L'objectif sera donc uniquement de détecter, localiser et mesurer la taille (surface) et la longueur, de tout navire présent dans les images à traiter, en s'appuyant sur l'utilisation d'opérateurs de morphologie mathématique.

D'une façon opérationnelle, l'existence de traitements automatiques de confiance doit permettre d'économiser une analyse visuelle par un interprète image qui est une ressource rare et coûteuse à former. On doit pouvoir ainsi traiter plus d'images et plus vite. L'opérateur sera sollicité en cas de levée d'alerte, l'algorithme ne pouvant décider seul.

## **3/ Travail demandé**

Les images en support au travail demandé sont réparties en 8 sous-répertoires dont le nom correspond à un lieu géographique (sauf Site13).

On peut catégoriser la difficulté de traitement des images comme suit :

- abordable : Istanbul, Shanghai, Chittagong, Costa-Concordia et San Diego ;
- moyenne : Casablanca et Kyaukpyu ;
- forte : Site13.

Il est conseillé de commencer par les sites d'Istanbul et de Shanghai. Les algorithmes développés dans les sections 3.1, 3.2 et 3.3 devront être testés sur toutes les images des sites de difficulté abordable.

### **3.1/ Cas d'une image dite de « pleine mer » (obligatoire)**

Les images « pleine mer » sont identifiées par le préfixe « PM ».

Quels opérateurs morphologiques peuvent être utilisés pour améliorer la binarisation, mesurer la longueur d'un vaisseau et éliminer ou regrouper les petites composantes ?

Développez un algorithme pour :

- détecter les navires ;
- estimer leur localisation relative (référence 0,0 coin supérieur gauche de l'image) ;
- estimer la taille et la longueur du navire.

### **3.2/ Cas d'une image avec un port ou un littoral (obligatoire)**

Ces images sont identifiées par le préfixe « PL ».

La difficulté de ce cas réside dans la présence dans l'image d'éléments non marins comme une infrastructure portuaire et/ou du littoral (plage, falaise...). La stratégie proposée consiste à réaliser au préalable une segmentation de l'image afin de se ramener au cas précédent.

Développez un algorithme pour répondre à cette problématique particulière.

### **3.3/ Dénombrement (obligatoire)**

Quels opérateurs morphologiques peuvent être utilisés pour compter le nombre de navires ?

Programmez une procédure afin de dénombrer les navires présents dans une image.

### **3.4/ Traitement en série (optionnel)**

Testez les algorithmes développés sur les images des sites de difficulté moyenne à forte. Les résultats obtenus feront l'objet d'une analyse critique. La complexité algorithmique et le niveau d'automatisation seront des critères à apprécier lors de cette analyse.

### **3.5/ Piste d'amélioration (optionnel)**

Évaluez la robustesse de vos algorithmes à la rotation et au changement d'échelle. Proposez des pistes d'amélioration si besoin.

Quels opérateurs morphologiques peuvent être utilisés pour estimer la distance d'un navire au port ou littoral ? Décrivez une procédure permettant d'estimer la distance au port ou au littoral de chaque navire, le cas échéant.

Expérimentez l'apport des bandes spectrales : représentation {rouge, vert, bleu} et {luminance, saturation, teinte}. Que peuvent-elles apporter concrètement ?

Cf. annexe sur la couleur et le logiciel Morpho.tcl adapté à la couleur (<http://perso.ensta-paristech.fr/~manzoner/Cours/Ese42/>).

## **4/ Consignes et conseils**

Le travail sera effectué par binôme. Le monôme est possible. Le trinôme sera une exception à valider avec l'encadrant.

Il est fortement conseillé d'identifier les différentes étapes à développer, et ensuite les programmer et tester séparément.

Le passage d'une image en niveaux de gris à une image binaire se fait par seuillage.

Beaucoup des algorithmes à utiliser ont été abordés dans le cours et expérimentés voire programmés dans le TP1.

Il sera produit pour chaque image analysée :

- une image résultat contenant l'ensemble des navires détectés ;
- un premier fichier texte contenant la localisation, taille et longueur de chaque navire. Ces éléments seront classés dans l'ordre usuel de parcours d'une image : du haut vers le bas, de la gauche vers la droite ;
- un deuxième fichier texte comprenant le nombre de navires détectés, les taux de bonne détection, de fausse alarme et de non détection.

## 5/ Évaluation

Le compte rendu du TP Projet devra présenter le code des différentes procédures et étapes de l'algorithme ainsi que les images des résultats intermédiaires et finaux dûment commentées. Le code et les images peuvent ne pas être intégrés au compte rendu mais devront faire l'objet de fichiers joints.

L'ensemble des fichiers (compte rendu, code et images résultats) sera regroupé dans une archive au format tgz avec comme nom de fichier « ENSTA\_ESE42\_NOM1-NOM2-NOM3.tgz ». NOM1, NOM2 ou NOM3 correspondent au nom de famille du monôme, binôme ou trinôme. Elle sera envoyée aux adresses suivantes : [emmanuel.capliez@ensta-paristech.fr](mailto:emmanuel.capliez@ensta-paristech.fr) et [antoine.manzanera@ensta-paristech.fr](mailto:antoine.manzanera@ensta-paristech.fr).

Les critères d'évaluation des programmes et de l'exercice seront par ordre de priorité : (1) la justesse, l'analyse critique des résultats (limite, piste d'amélioration...), (3) l'efficacité et (4) la concision.

Pour les travaux optionnels, leur évaluation devrait permettre d'obtenir un bonus allant jusqu'à 5 points sur 20.

## Annexe sur la couleur

L'acquisition par le scanner couleur et la numérisation associée fournit une image numérique codée sur 3 composantes  $\{R, G, B\}$  sur 3x8 bits correspondant respectivement aux composantes Rouge, Verte et Bleue, et dont la synthèse additive sur les photophores de votre écran ou par codage demi-teinte sur votre imprimante couleur est censée reproduire une "impression" plus ou moins fidèle à notre perception naturelle.

Du point de vue du traitement, le système  $\{R, G, B\}$  présente l'avantage d'être un espace vectoriel, ce qui permet d'exprimer naturellement les opérations linéaires, ainsi que de nombreux changements de base qui peuvent être utiles (ex : l'espace  $\{C, M, Y\}$  pour Cyan, Magenta et Jaune, défini par complémentarité).

Néanmoins, les systèmes vectoriels définis par une base de couleurs ne sont pas toujours adaptés pour les traitements couleurs, dans la mesure où, d'une part, les trois composantes sont en général fortement corrélées, et de plus il est difficile de relier la notion intuitive de "couleur" à une région du cube  $\{R, G, B\}$  (voir Figure 2, à gauche).

Pour cette raison, on utilise souvent un autre type de représentation dit  $\{L, S, H\}$  (Luminance, Saturation, Hue), pour Luminance, Saturation, Teinte. Ce mode de représentation peut être plus adapté dans la mesure où il fait référence à des notions plus intuitives de définition d'une couleur : (1) la luminance représente la quantité totale de lumière "reçue" par le pixel, (2) la saturation représente une mesure de "pureté" de la couleur, et (3) la teinte un index représentant la "dominante" de la couleur, telle qu'on la qualifierait couramment (rose, bleu, jaune,...).

Mathématiquement, le passage de la représentation  $\{R, G, B\}$  au système  $\{L, S, H\}$  revient à transformer le cube  $\{R, G, B\}$  en un double cône, dont les sommets seraient le noir et le blanc absolus, et séparé par le plan médian d'équation  $r + g + b = 1$ , qui coupe le cube en un triangle dit "triangle de Maxwell". L'image du cube par la projection sur le plan chromatique est appelé l'"hexagone chromatique". L'axe principal du cône correspond à la diagonale principale d'équation  $r = g = b$  et est appelé "axe achromatique".

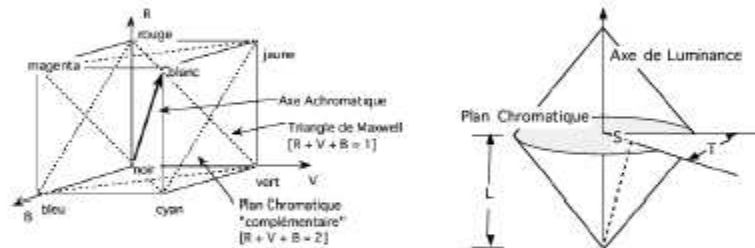


FIG. 2 - Le cube  $\{R, G, B\}$  (à gauche), et le cône  $\{L, S, H\}$  (à droite).

Tout point  $x$  du cube de coordonnées  $(r, g, b)$  peut se décomposer selon 2 vecteurs orthogonaux  $(a, c)$ , où  $a$  est la composante achromatique colinéaire à l'axe achromatique et  $c$  la composante chromatique portée par le plan chromatique. Les coordonnées de  $a$  et  $c$  sont respectivement :

$$a = \frac{1}{3}(r + g + b, r + g + b, r + g + b)$$

$$c = \frac{1}{3}(2r - g - b, 2g - r - b, 2b - g - r)$$

On peut alors définir formellement  $\{L, S, H\}$  par : (1) la luminance : c'est  $\|a\|$ , la position de la projection de  $x$  sur l'axe achromatique. (2) la saturation : c'est  $\|c\|$ , la distance entre la projection de  $x$  sur le plan chromatique et l'axe achromatique. (3) la teinte : c'est l'angle que fait  $c$  avec une direction arbitraire du plan chromatique, par convention le rouge en général.

Si l'on utilise pour  $\|\cdot\|$  la norme  $\mathcal{L}_1$ , on montre que les composantes  $(l, s, h)$  peuvent s'exprimer à partir des 4 statistiques (*moy, min, med, max*) représentant respectivement la moyenne, le minimum, la médiane et le maximum des trois composantes  $(r, g, b)$ . Le calcul complet pour des composantes codées entre 0 et 255 est fourni dans le code du logiciel *Inti\_tp2*. Pour plus de détail, on peut se