

1 | Contexte

L'utilisation des images de satellites pour étudier les environnements polaires est un élément clé des géosciences. Aujourd'hui, les géo-scientistes sont confrontés à l'accumulation massives des images acquises à haute fréquence temporelle, par ailleurs, l'observation in-situ reste une solution complémentaire pour pallier aux contraintes météorologiques qui contraignent l'utilisation des données optiques. Depuis 2007, nous disposons d'une base de données de plus de 60 000 images acquises in-situ pour étudier l'évolution du glacier Austre Lovénbreen et le bilan hydrologique de son bassin versant.

Les images sont souvent bruitées par la présence de buée, de gouttelettes, de givre quand ce n'est pas la caméra qui a bougé sous l'action du vent, des animaux et de l'intervention des techniciens.

Pour exploiter pleinement les bases de données, il convient de réduire la taille des données tout en apportant une valeur ajoutée à l'exploitation thématique de l'information. Dans ce projet, nous souhaitons apporter de nouvelles pistes d'amélioration afin de réduire la taille de la base des données et de pouvoir exploiter ces techniques pour éliminer les perturbations citées plus haut.

2 | Introduction

La redondance est présente dans une image à cause de la corrélation entre les pixels. La transformation de l'image en une représentation où les coefficients sont peu corrélés réduit ce type de redondance.

Les représentations parcimonieuses consistent à approcher un signal, mis sous la forme d'un vecteur, par une combinaison linéaire de quelques colonnes seulement (atomes), d'une matrice appelée **dictionnaire**. Le signal est alors représenté par un vecteur parcimonieux contenant seulement quelques coefficients non nuls.

3 | Apprentissage sur un ensemble de signaux

L'apprentissage du dictionnaire sur des données d'entraînement permet de l'adapter à un type de données particulières et ainsi d'améliorer la qualité de la représentation de ces données et de rendre les représentations plus parcimonieuses.

Le nombre d'atomes K dans un dictionnaire n'est pas limité, on choisit souvent un nombre d'atomes K pour le dictionnaire supérieur ou égal à la dimension des atomes ($K \geq n$). Dans ce cas, le dictionnaire est dit surcomplet ("**overcomplete**") et le dictionnaire obtenu aura donc

certains atomes corrélés. De manière générale, plus le nombre d'atomes K augmente, plus les atomes du dictionnaire sont redondants, cela entraîne que beaucoup d'entre eux peuvent ne pas être utilisés et on obtient des représentations encore plus parcimonieuses.

Cependant, un dictionnaire contenant un grand nombre d'atomes est difficile à stocker et sera difficile à manipuler pour la recherche des coefficients. Il faut aussi tenir compte du coût en calculs pour la recherche de la représentation parcimonieuse des signaux et la mise à jour du dictionnaire qui augmente en fonction du nombre d'atomes K du dictionnaire.

4 | Utilisation des dictionnaires pour le débruitage

Le dictionnaire pour la représentation parcimonieuse peut être appliqué pour le débruitage. L'objectif est de restaurer une image dégradée par un bruit. Dans ce contexte, l'utilisation de dictionnaires appris a eu un grand succès ces dernières années. L'idée principale utilisée est que les atomes du dictionnaire peuvent capturer la structure de l'image. L'image est traitée comme un ensemble de patches (blocks d'images) et on apprend un dictionnaire de patches sur un ensemble d'images non bruitées. On effectue alors la décomposition de patches bruités à l'aide du dictionnaire appris. L'ensemble d'apprentissage étant non-bruité, le bruit est mal reconstruit par ce dictionnaire.

5 | Déroulement du projet

Le travail s'organisera autour de trois phases :

1. La première phase de ce travail consistera à développer un dictionnaire d'atomes permettant une représentation parcimonieuse (ou suffisamment compressible) des images du glacier. Deux voies seront explorées :
 - (a) L'exploitation de bases orthogonales adaptées aux caractéristiques spatiales. Vous devez construire un dictionnaire "overcomplete" de DCT.
 - (b) L'extraction par apprentissage sur les données d'un dictionnaire par la méthode K-SVD. Vous devez
 - i. générer une fonction qui permet de construire un dictionnaire à partir d'une seule image,
 - ii. généraliser le processus pour générer un dictionnaire à partir de l'ensemble des images.
2. La deuxième phase s'intéressera à la reconstruction d'une image à partir de sa décomposition parcimonieuse sur les deux différents dictionnaires constitués dans la première phase.

3. La troisième phase portera sur des simulations de reconstruction d'une image dégradée en utilisant :

- un dictionnaire surcomplet de DCT.
- un dictionnaire appris sur l'ensemble des images.
- un dictionnaire appris sur l'image dégradée.

On explorera en particulier dans quelle mesure de telles approches permettent d'augmenter la qualité de la reconstruction.

Une attention particulière devra être apportée aux algorithmes de reconstruction (type OMP ou relaxation convexe) mis en œuvre.

Après chaque phase d'analyse volontairement orientée et ouverte, une mise au point commune aura lieu afin de permettre à tout le monde d'avancer dans le bon sens et d'avoir des objectifs clairs et précis.

Codage du programme

Le programme sera écrit dans le langage Python et doit permettre d'exposer toutes les phases du projet. Il doit être fourni avec une interface claire permettant son exploitation.

Ce programme sera rendu avec un mode d'emploi permettant d'expliquer son utilisation. Aux fins de test, une archive contenant les images utilisées doit être fournie avec votre travail.

Rapport et soutenance

Un rapport reprenant le travail d'analyse initial augmenté des aspects de réalisation sera fourni. Une soutenance viendra clôturer ce projet. La soutenance devra précisément mettre en évidence les résultats des simulations pour le débruitage de différentes images dégradées et avoir un avis critique sur ces résultats.

6 | Modalités

Ce projet doit être réalisé par groupes de 3 élèves. La qualité du rapport, de la soutenance, du code et le bon fonctionnement de celui-ci contribueront à la note finale de votre projet. Une soutenance de présentation de votre travail d'une durée de 30 minutes par groupe vous sera demandée (date à définir)

7 | Liens utiles et références

Pour mieux vous organiser, le lien suivant pourra être un bon support de définition des tâches et des missions à réaliser : <http://webia.lip6.fr/thomen>.

- Apprentissage de dictionnaires image
- Application de l'apprentissage de dictionnaires parcimonieux en traitement d'images.

1. Image Denoising Via Sparse and Redundant Representations Over Learned Dictionaries, Michael Elad and Michal Aharon, IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. 15, NO. 12, DECEMBER 2006.
2. K-SVD : An Algorithm for Designing Overcomplete Dictionaries for Sparse Representation, Michal Aharon, Michael Elad, and Alfred Bruckstein, IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, VOL. 54, NO. 11, NOVEMBER 2006.
3. Thèse : Apprentissage supervisé d'une représentation multicouche à base de dictionnaires pour la classification d'images et de vidéo, Présentée par Stefen CHAN WAI TIM, le 17 novembre 2016.
4. Cours et TD -Représentation parcimonieuse d'un signal - Nisrine Fortin (Arel)