

# Redimensionnement d'images

Cet énoncé est largement adapté d'un énoncé de Mickaël Péchaud <http://mpechaud.fr> sous licence Creative Commons BY-NC 4.0

Dans ce TP, nous allons implémenter et tester différentes méthodes permettant de **réduire une image** dans le sens de la largeur.

Vous travaillerez dans le fichier *redimensionnement.py* fourni.

- Documentez vos fonctions.
- Testez au fur et à mesure les fonctions que vous écrivez! Pour ce faire, trois images en niveau de gris sont notamment fournies: *flamantsNB.jpg*, *guepiersNB.jpg* et *rueNB.jpg*.

Toutes les listes dont il sera question dans ce TP sont sauf mention contraire des listes non vides d'entiers.

Une image  $I$  est codée sous la forme d'une liste de listes d'entiers, qui peut être vue comme un tableau à deux dimensions. On notera  $h$  le nombre de lignes de l'image, et  $w$  son nombre de colonnes (respectivement pour **height** et **width**). Le pixel d'indice  $(0, 0)$  correspond par convention au pixel situé en haut à gauche de l'image. Chaque pixel de coordonnées  $(i, j) \in \llbracket 0, h-1 \rrbracket \times \llbracket 0, w-1 \rrbracket$  a une valeur entière  $I_{i,j}$  comprise entre 0 et 255, correspondant à son niveau de gris (0 pour noir, 255 pour blanc).

## 1 Fonctions utiles

Vous trouverez dans le fichier python mis à disposition plusieurs fonctions utilitaires ainsi qu'un exemple d'utilisation basique et un exemple de fonction "negatif" les utilisant.

## 2 Réduction de largeur naïve

1. Complétez la fonction `reduction_moitie_ligne`, qui prend en argument une liste  $l$  de longueur paire  $2n$  contenant des entiers  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_{2n-1}$ , et renvoie la liste de longueur  $n$  contenant  $(a_0 + a_1)//2, (a_2 + a_3)//2, \dots$
2. Complétez la fonction `reduction_moitie_image`, qui prend en argument une image (ayant une largeur paire) et retourne une nouvelle image modifiée en appliquant à chaque ligne l'opération décrite dans la question précédente.

Testez, et constatez la déformation obtenue.

3. [Pour aller plus loin.]

On peut réfléchir à une méthode permettant de réduire la largeur d'une image d'un facteur autre que moitié. Il n'est pas demandé d'implémenter la méthode correspondante (mais n'hésitez pas à y revenir à l'issue du TP!).

Nous allons maintenant développer des algorithmes plus "intelligents", dans la mesure où ils prennent en compte le contenu de l'image. On commence par déterminer une mesure d'"importance" des pixels - que nous appellerons *énergie* dans la suite.

### 3 Calcul de l'énergie d'un pixel

Si l'on note  $I_{i,j}$  le niveau de gris du pixel de coordonnées  $(i, j) \in \llbracket 0, h-1 \rrbracket \times \llbracket 0, w-1 \rrbracket$ , l'énergie d'un pixel  $i, j$  intérieur à l'image est définie comme

$$e_{i,j} = \left| \frac{I_{i+1,j} - I_{i-1,j}}{2} \right| + \left| \frac{I_{i,j+1} - I_{i,j-1}}{2} \right|.$$

Cette quantité est d'autant plus petite que le pixel est dans une zone uniforme de l'image, et d'autant plus grande qu'il est dans une zone de forte variation du niveau de gris (par exemple au niveau d'un contour)<sup>1</sup>.

1. Complétez la fonction `energie`, qui prend en argument une image, et renvoie une nouvelle image correspondant à son énergie (les pixels n'auront plus nécessairement une valeur entière).

*Pour simplifier, on ignorera les pixels situés au bord de l'image. Autrement dit, puisque vous partirez d'une image blanche, l'image des énergies comportera après création un contour blanc.*

Testez, et affichez l'image des énergies obtenue.



IMAGE ORIGINALE, IMAGE DES ÉNERGIES

### 4 Réduction ligne par ligne

Maintenant que nous disposons d'une image et de son énergie, pour réduire la largeur d'une image d'un pixel, nous allons simplement enlever un pixel d'énergie minimale dans chaque ligne.

Nous avons pour cela besoin de quelques fonctions élémentaires de manipulations de listes.

1. Complétez la fonction `enlever`, qui prend en argument une liste `l` et un indice `i` compris entre 0 et la longueur `l` moins 1, et renvoie une nouvelle liste correspondant à `l` dont l'élément d'indice `i` a été supprimé. On pourra utiliser des extractions de tranches et concaténations de listes.
2. Complétez la fonction `indice_min`, qui prend en argument une liste `l` et renvoie un indice auquel apparaît la valeur minimale de la liste.
3. Complétez la fonction `reduction_par_ligne`, qui prend en arguments une image `img`, et la modifie en supprimant un pixel d'énergie minimale dans chacune de ses lignes.

---

<sup>1</sup>Il s'agit en fait d'une version discrétisée de  $\|\nabla I\|_1 = \left| \frac{\partial I}{\partial x} \right| + \left| \frac{\partial I}{\partial y} \right|$ , qui est une norme du gradient de l'image.

- Complétez la fonction `itere_reduction_par_ligne`, qui prend en arguments une image `img` et un entier  $n > 0$ , applique  $n$  fois la procédure décrite dans la question précédente à `img`.  
La tester. (On pourra par exemple réduire de 50 pixels la largeur de l'image `flamantsNB.jpg`.)

Le résultat est visuellement peu satisfaisant.

- Expliquez qualitativement les distortions observées.

## 5 Réduction par colonne

Pour y remédier, on souhaite lors d'une itération enlever uniquement des pixels situés sur une même colonne.

- Complétez la fonction `meilleure_colonne`, qui prend en argument une image d'énergies `e`, et renvoie un indice de colonne d'énergie minimale (l'énergie d'une colonne étant définie comme la somme des énergies de ses pixels).
- Complétez la fonction `reduction_meilleure_colonne`, qui prend en argument une image, et en supprime une colonne d'énergie minimale.
- En déduire une fonction `itere_reduction_meilleure_colonne`, qui applique la méthode décrite ci dessus pour réduire l'image `img` de  $n$  pixels dans sa largeur.
- Testez, et expliquez qualitativement pourquoi les résultats obtenus sont "bons" sur les images `guepiersNB.jpg` et `flamantsNB.jpg`, mais pas sur `rueNB.jpg`.

## 6 Seam carving

L'idée de l'algorithme de *Seam carving*, introduit en 2007 par S.Avidan et A.Shamir est d'assouplir un peu la contrainte de réduction colonne par colonne.

On définit un *chemin* de pixels comme une suite de pixels connectés (verticalement ou en diagonale) dont le premier appartient au bord haut de l'image, le dernier au bord bas, et contenant exactement un pixel par ligne de l'image.

L'énergie d'un chemin est la somme des énergies des pixels le constituant.

Voici par exemple un chemin d'énergie 6 dans une image des énergies `jouet e` de  $4 \times 4$  pixels.

1	1	0	3
4	1	2	4
1	2	2	1
4	1	1	0

Pour réduire la largeur d'une image d'un pixel, on souhaite trouver puis enlever un chemin d'énergie minimale.

On définit un *chemin partiel* comme un chemin, sans la contrainte que son dernier pixel atteigne le bord bas de l'image. Afin de calculer un chemin minimal, on va commencer par calculer, pour chaque pixel, l'énergie minimale  $E$  d'un chemin partiel terminant sur ce pixel.

Par exemple, pour notre image des énergies `e`, on obtient le tableau  $E$  suivant:

1	1	0	3
5	1	2	4
2	3	3	3
6	3	4	3

1. Calculer à la main  $E$  pour l'image des énergies  $e$  suivante, puis trouver un chemin d'énergie minimale.

2	1	1	0
3	3	2	2
2	0	1	2

2. Expliquez comment construire  $E$  à partir de  $e$ , en procédant ligne par ligne.
3. Une fois  $E$  construit, comment en déduire un chemin d'énergie minimale?
4. Implémentez tout cela. Il sera judicieux d'écrire plusieurs fonctions, et vous pourrez utiliser la fonction **min** permettant de calculer le minimum des éléments d'une liste (de complexité linéaire en la longueur de la liste).

Enfin, complétez la fonction `seam_carving`, qui prend en arguments une image `img` et un entier `n`, et modifie l'image en enlevant successivement  $n$  chemins minimaux.

Testez!

## Annexe

### Références

- L'algorithme de *Seam carving* est introduit dans l'article *Seam Carving for Content-Aware Image Resizing* (Shai Avidan, Ariel Shamir, 2007).
- L'algorithme ainsi que quelques extensions sont démontrés sur la page <http://mpechaud.fr/scripts/traitementimages/seamcarving.html>.