

Introduction:

L'objectif de ce TP est de redimensionner la taille d'une image par la méthode du Seam Carving. Cet algorithme consiste à diminuer la taille d'une image en supprimant les pixels qui auront le moins d'impact visuel.

Principe de l'algorithme:

Lorsque nous redimensionnons une image, ce n'est pas un et un seul pixel qui sera retiré de l'image, mais une ligne ou une colonne entière de pixels. Cependant, la colonne ou la ligne à supprimer est à choisir avec précaution pour que l'impact sur le rendu final soit moindre. Ainsi, l'objectif principal de l'algorithme sera de trouver une couture qui disposera de très peu d'influence sur l'image. Cette couture ne représentera pas forcément une ligne ou une colonne au sens strict du terme mais plutôt une succession de pixels voisins suivant une même direction (verticale ou horizontale).

Cela se traduirait mathématiquement par la formule suivante:

- Couture horizontale

$$\begin{aligned} & \{ p_k = (i_k, j_k) \text{ avec } 0 \leq k \leq \text{taille de l'image (horizontale)} \} \\ & j_k = k \\ & |i_{k+1} - i_k| \leq 1 \end{aligned}$$

- Couture verticale

$$\begin{aligned} & \{ p_k = (i_k, j_k) \text{ avec } 0 \leq k \leq \text{taille de l'image (verticale)} \} \\ & i = k \\ & |j_{k+1} - j_k| \leq 1 \end{aligned}$$

Comment trouver cette couture?

Plusieurs méthodes existent pour résoudre ce problème mais la première que nous allons voir est la méthode dites Backward qui se base sur la couture d'énergie minimale. L'énergie calculée sera un indicateur de l'importance de chaque pixel dans l'image. Par exemple une zone de pixels avec des valeurs uniformes aura une faible énergie, tandis qu'à l'inverse une zone composée de fortes variations, comme les contours d'un objet, disposera d'une énergie plus élevée.

Après le calcul de l'énergie de l'image, nous calculons l'énergie cumulée suivant l'axe désiré. Une fois cela effectué, il ne nous reste plus qu'à parcourir le chemin inverse en partant de l'énergie la plus faible et en suivant le chemin de plus faible énergie. Nous venons donc de déterminer la couture de plus faible énergie d'une image. Ensuite il suffit de la supprimer en effectuant un simple décalage (toujours selon notre axe) sur toute la partie de l'image concernée.

Comme le montre l'exemple ci-dessous, la différence est à peine perceptible pour l'oeil humain:



Image originale (353,500)



Image réduite (353,499)

A l'oeil nu il est donc impossible de déterminer la position exacte de la couture. Afin d'observer le réel effet de l'algorithme nous réitérons l'algorithme afin de supprimer un nombre conséquent de lignes ou de colonnes.



Image réduite (353,450)



Image réduite (353,350)



Image réduite (353,200)

Comme nous pouvons le voir l'image est parfaitement réduite selon des coutures verticales. Pour l'image de la mer, plusieurs coutures d'énergie minimale semble se situer entre la 3ème personne et la 4ème personne (en partant de la gauche). En effet si l'on fait attention, la distance entre ces 2 personnes a diminuée considérablement. Pour une réduction de 200 pixels sur la largeur, l'algorithme commence à avoir un impact trop important, puisque comme nous pouvons le voir, une des quatre personnes commence à être hors du cadre. Il est donc nécessaire de fixer correctement notre nombre d'itérations pour obtenir le résultat souhaité.

Dans notre cas nous avons implémenté l'algorithme pour une couture verticale, mais cet algorithme est aussi utilisable pour une couture horizontale. En effet le calcul de la couture d'énergie minimale peut s'effectuer sur la transposition de l'image. Ainsi lorsque nous transposons l'image de nouveau à la fin de l'exécution, nous pouvons obtenir les résultats suivants :



Image originale (425,290)



Image réduite (375,290)



Image réduite (325,290)



Image réduite (275,290)

Nous disposons de très peu de variations dans les nuances de gris, ainsi les coutures d'énergie minimale se situent au niveau du ciel. Le redimensionnement aura donc pour effet de rapprocher la lune du loup, sans modifier l'animal (pour de petites redimensions). En revanche comme le montre le 3ème exemple, nous avons "épuisé" toutes les coutures d'énergie minimale du ciel, ainsi le museau de loup, étant d'un niveau de gris se rapprochant le plus du ciel, se voit érodé par l'algorithme.

Comme nous venons de le voir, redimensionner une image selon un seul axe va modifier la proportionnalité des objets par rapport au reste de l'image. Il est donc parfois préférable d'effectuer une redimension suivant les 2 axes. Dans les exemples ci-dessous nous avons appliqué une redimension équivalente sur les 2 axes, ce qui nous donne les résultats suivants:



Image réduite (303,475)



Image réduite (253,400)



Image réduite (203,350)

La proportion de l'image est respectée approximativement, on aperçoit toujours une diminution de la distance entre les 2 personnes. En revanche, les exemples ci-dessus donne l'impression qu'un zoom a été effectué. Cela est dû au fait que les personnes remplissent une partie plus importante de l'image.

Les résultats sont majoritairement concluant mais ils existent tout de même des échecs autre qu'un redimensionnement trop important. L'image de Lena en est le parfait exemple car certaines coupures d'énergie minimale se situent entre les deux yeux:



Image originale



Image réduite (412,412)

Les limites de cet algorithme sont aussi visible lorsque l'image dispose de fortes variations. La couture d'énergie minimale devient difficile à trouver, l'algorithme se retrouve donc à réduire l'image à un endroit peu adapté.

Cependant certaines solutions existent pour palier à ce genre de problème. En effet, nous pouvons appliquer un masque afin de définir une zone de priorité. Si nous décidons de protéger la zone, nous allons intentionnellement augmenter l'énergie sur cette zone ce qui donne le résultat suivant pour un masque se situant sur la deuxième personne:

Comme nous pouvons le voir l'homme sur lequel nous avons appliqué le masque est resté intact lors de la transformation. Nous avons défini un seuil de 500 à l'endroit concerné pour éviter toutes coutures. Il faut néanmoins faire attention à ne pas prendre un seuil trop élevé, car l'image pourrait se retrouver avec des valeurs négatives, et donc la zone à protéger deviendrait une zone de priorité pour la redimension.



Image réduite (353,100)



Image réduite (353,350)

A l'inverse si nous souhaitons voir cet élément disparaître nous fixons les valeur de l'énergie à 0 pour que les coutures d'énergies minimales passent par cet endroit en priorité. C'est ce que montre l'image ci-contre avec le même masque, utilisé précédemment.

Modifications et améliorations:

L'algorithme employé jusque là se basait sur une énergie déterminée par le gradient que l'on peut apercevoir ci-dessous:



Gradient de l'image

Il existe cependant d'autres fonctions d'énergies aboutissant à de meilleurs résultats que le gradient. Nous en distinguons 2 différentes. La première se réalise par un calcul d'entropie. L'objectif est de parcourir l'image avec un filtre de taille 9x9 et de calculer la formule suivante pour chaque image de taille 9x9:

$$\text{Entropie} = - \sum_{k=0}^8 p_k * \log_2(p_k) \text{ avec } p_k \text{ le pixel à la } i\text{ème position dans le filtre}$$

Chaque valeur est stockée dans un tableau et est associée au pixel de l'image. Nous obtenons une image de valeur, que nous allons ajouter au gradient afin d'obtenir la valeur finale de la matrice d'énergie.

L'entropie aura une valeur plus élevée dans les zones de fortes variations. Elle permettra donc de protéger "légèrement" les zones de contours. L'emploi du terme léger est adapté ici puisque si l'on regarde à l'oeil nu l'image de l'énergie résultante, les variations sont très minimes.



entropie + gradient

Cependant, le changement est réel comme le montre l'exemple ci-dessous:



image réduite (253,400) avec l'entropie

Comme l'exemple le montre, l'algorithme a privilégié les coutures minimales sur le côté gauche de l'image plutôt qu'entre les 2 personnes. Il en est de même pour la coupe horizontale, l'image est rétréci au niveau de la plage à la place du ciel.



image réduite (253,400) avec le gradient

La différence est aussi très nette sur l'image du loup:



image réduite (275,290) avec l'entropie



image réduite (275,290) avec le gradient

Dans cet exemple la lune a totalement été retiré mais le contour du museau a été préservé.

Comme dit précédemment il existe une autre méthode pour calculer l'énergie. Celle-ci se nomme l'histogramme des gradients. L'objectif est de partir de l'image des gradients et de répertorier dans un histogramme l'orientation du gradient avec la fonction $\arctan(\frac{\partial I}{\partial y} / \frac{\partial I}{\partial x})$. Pour une question de simplicité nous devons segmenter cette orientation en 8 valeurs. Nous parcourons ensuite l'image du gradient avec un filtre 11 x 11 pour compter le nombre de répétitions d'une orientation puis nous divisons cette valeur par la magnitude du gradient.

La formule aurait donc la forme suivante :

$$Energy(i,j) = \frac{\left| \frac{\partial I}{\partial x} \right| + \left| \frac{\partial I}{\partial y} \right|}{\max(Hog(I(i,j)))}$$

avec $Hog(I(i,j))$ le nombre de répétitions d'une orientation dans le filtre 11x11

Pour des raisons de temps, la fonction n'a pas été implémenté, cependant nous pouvons tout de même faire une analyse théorique. Lorsque nous sommes au niveau des contours, donc aux endroits de fortes variations, les orientations de gradient sont généralement uniformes ainsi nous avons un max conséquent. Par conséquent l'énergie disposera d'une faible valeur près des contours.

Conclusion:

A la suite de ce TP nous sommes donc capable de redimensionner une image par la méthode du Seam Carving. Certains paramètres sont à fixer (comme les masques) lors de notre redimensionnement pour obtenir le résultat souhaité. Il est important de savoir que le seam carving peut aussi être utilisé dans le cas d'agrandissement d'image en dédoublant les valeurs de pixels aux endroits de faibles énergie.

Durant ce TP, une seule méthode a été implémenter (Backward) mais il existe une autre méthode appelée Forward qui fait décroître l'énergie ajoutée par la suppression d'une couture.