

Du bruit dans les images

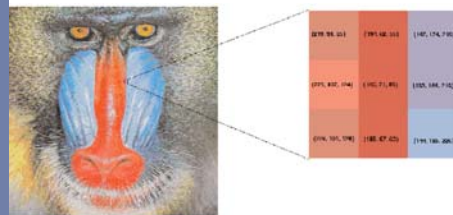
Jean-Michel Morel - ENS Cachan

Le bruit sonore est de plus en plus considéré comme une nuisance intolérable, mais qu'en est-il du bruit visuel? Toutes les images et les films digitaux comportent un bruit, qui gêne la vision et impose des contraintes technologiques de prix, de taille et d'énergie aux caméras. Des progrès récents dans la compréhension de la structure des images permettent d'éliminer le bruit des images et des films sans les endommager.

En quelques années, les images digitales ont envahi notre vie quotidienne. Les caméras numériques permettent en effet de saisir et de manipuler bien plus facilement les images et les films. Leur qualité est maintenant équivalente et souvent supérieure à celles des images obtenues par les procédés photochimiques. Les images digitales offrent de plus l'immense avantage de pouvoir être transmises, améliorées et stockées sur des supports informatiques.

Qu'est ce qu'une image numérique ?

Une image digitale se présente comme un rectangle divisé en petits carrés, les pixels. Chaque pixel est le résultat d'une mesure, généralement faite par une matrice de capteurs appelée CCD (pour Charge Couple Device). Un pixel correspond à un petit carré de la matrice CCD dans lequel le nombre de photons arrivant est compté. Chaque pixel contient trois nombres allant d'habitude de 0 à 255 et indiquant la quantité de rouge, vert et bleu contenues dans le pixel. Une



combinaison adéquate de ces trois nombres permet en principe de reproduire n'importe quelle couleur sur écran d'ordinateur. La figure ci-dessus montre un tout petit morceau de neuf pixels extrait d'une image digitale. Dans les pixels rouges, la première composante est élevée, autour de 210, et dans les pixels bleus c'est la troisième composante, bleue, qui domine.

Le bruit dans une image numérique

Dans toute image digitale, les trois valeurs de couleur observées présentent une incertitude due au bruit. Cette incertitude est due aux aléas du comptage des photons arrivant dans chaque capteur. Les valeurs de couleur mesurées sont perturbées car les capteurs reçoivent des photons parasites et subissent des fluctuations électrostatiques lors de leurs charges et décharges. Quand un capteur reçoit beaucoup de photons venant d'une scène bien éclairée, les parasites sont négligeables par rapport au flux de vrais photons. Mais, même dans une photo d'exposition suffisante, les pixels sombres reçoivent très peu de photons et sont donc "bruités". La réduction du bruit dans les images digitales est liée à plusieurs enjeux

Du bruit dans les images

technologiques sont présents dans pratiquement tout dispositif créant des images : en microscopie, en imagerie médicale ou satellitaire et bien sûr pour les caméras grand public.

Le principe de la plupart des méthodes de débruitage est simple : remplacer des pixels par un pixel moyen.

Mais comment choisir ces pixels ?

Prendre la valeur moyenne des pixels voisins... Cette méthode est bien connue des statisticiens, qui savent que pour connaître le résultat probable d'un vote, il faut interroger suffisamment de personnes et faire la moyenne des résultats. Plus on interroge de personnes plus on se rapproche d'une évaluation correcte. Malheureusement, ce raisonnement n'est valable que si les pixels voisins d'un pixel donné de l'image ont la même couleur

Par le procédé consistant à faire la moyenne des pixels voisins, une image perd donc une partie de son bruit mais devient floue...

On peut faire une moyenne locale sélective

Pour débruiter un pixel rouge (par exemple), il faudrait faire une moyenne de la couleur de ce pixel qu'avec les pixels rouges voisins, en excluant ceux d'une autre couleur. C'est ce que fait un algorithme classique, le filtre sigma (sigma-filter). Il est difficile de dire quand ce filtre a été inventé. Dans la littérature anglosaxonne, il est généralement attribué à J.S. Lee, en 1983. Selon Leonid Yaroslavsky, du Technion Institute en Israël,

ce filtre était déjà connu des savants soviétiques.

On peut encore améliorer le résultat et faire des moyennes non locales

La solution proposée consiste à chercher dans une vaste portion de l'image tous les pixels qui ressemblent vraiment au pixel que l'on veut débruiter, et à en faire la moyenne. Ceci est un changement important de conception. Tous les algorithmes antérieurs combinent les pixels voisins dans l'image . Or, on ne cherche plus des pixels proches au sens spatial, mais juste des pixels ressemblants. D'où le nom de "**moyennes non locales**" qui a été donné à cet algorithme. Il s'appuie sur le fait qu'il est rare qu'un détail dans une image ne soit pas répété plusieurs fois. Cette remarque très simple que les images sont ``autosimilaires" n'a commencé à être prise en compte qu'assez récemment pour restaurer les images. En 1999, deux chercheurs de l'Université de Californie à Berkeley, Alexei Efros et Thomas Leung, l'ont utilisée pour synthétiser des textures et boucher des trous dans les images Cette moyenne préserve l'intégrité de l'image mais réduit ses petites fluctuations, pour l'essentiel dues au bruit d'enregistrement.

L'analogie avec un sondage permet de bien comprendre le procédé: si on veut prévoir le résultat d'un vote national dans une ville, on doit interroger un échantillon de chaque catégorie d'habitants de la ville formant un échantillon représentatif. De même, ici, on cherche pour chaque pixel à trouver un groupe de pixels qui lui ressemblent sous tout rapport.

Du bruit dans les images

L'algorithme des moyennes non locales s'applique particulièrement bien aux films. Appliqué à un film, l'algorithme des moyennes non locales n'a pas besoin de calculer les trajectoires. Il cherche simplement les pixels ressemblants où qu'ils se trouvent dans le film. Cela revient à faire une moyenne avec "compensation du mouvement". Malheureusement, cette idée, pour excellente qu'elle soit, marche mal en pratique car personne à ce jour n'a réussi à concevoir des algorithmes suivant correctement les trajectoires dans un film. La recherche a encore de beaux jours devant elle ...

En conclusion comparons des images débruitées par différents procédés :

En partant de la photo fétiche scannée en 1973, de Léna, modèle de Play-Boy (encadré haut à droite)

Procédé de la *moyenne des pixels voisins*

L'image de droite est obtenue en remplaçant chaque pixel par une moyenne de pixels voisins qui se ressemblent. Cette méthode serait excellente si l'image n'en devenait pas floue.

L'image de gauche montre la différence entre les deux images précédentes : elle contient visiblement le bruit, mais aussi trop de détails de Léna que l'on reconnaît parfaitement.

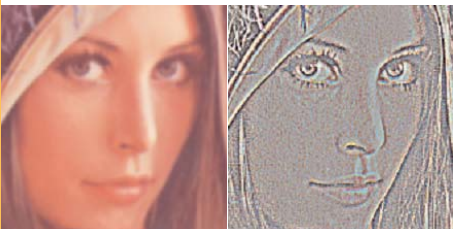
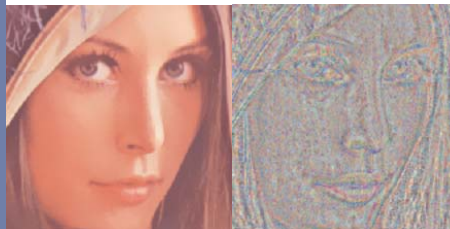


Photo fétiche de Léna scannée en 1973

Utilisation du filtre Sigma inventé en 1983 ; il fait une *moyenne sélective des pixels voisins*. Avec ce procédé l'image de droite a gagné en netteté et l'image de gauche montre du bruit mais encore trop de détails de Léna.



Utilisation d'un algorithme des *moyennes non locales* ; la photo de droite est nette. L'image de gauche montre que beaucoup de bruit et bien peu de détails de Léna ont été retirés.

