

Manuel Bordas Chap.8

Extrait du programme

Notions et contenus	Capacités exigibles
Photosites, pixels, résolution (du capteur, de l'image), profondeur de couleur	Distinguer les photosites du capteur et les pixels de l'image en comparant les résolutions du capteur et de l'image selon les réglages de l'appareil.
Métadonnées EXIF	Retrouver les métadonnées d'une photographie.
Traitement d'image	Traiter par programme une image pour la transformer en agissant sur les trois composantes de ses pixels.
Rôle des algorithmes dans les appareils photo numériques	Expliciter des algorithmes associés à la prise de vue. Identifier les étapes de la construction de l'image finale.

1 Introduction : repères historiques

Les technologies de la photographie argentique ont eu une évolution très lente, liée aux progrès en optique, mécanique et chimie. Ce n'est plus du tout le cas de **l'évolution actuelle, davantage due aux algorithmes qu'à la physique** : algorithmes de développement et d'amélioration de l'image brute, algorithmes d'aide à la prise de vue. Cet exemple est caractéristique des façons de procéder de la révolution informatique par rapport aux approches traditionnelles. La photographie numérique présente un coût marginal très faible et une diffusion par internet facile et immédiate : chaque jour, des milliards de photos sont prises et partagées.

- 1826 : naissance de la photographie argentique.
- 1900 : photographie en couleur.
- 1969 : arrivée des premiers capteurs CCD (Charge Coupled Device).
- 1975 : apparition des premiers appareils numériques.
- 2007 : arrivée du smartphone.

2 Image numérique

2.1 Photosites et pixels

Les capteurs CCD des appareils photos numériques (APN) sont constitués de millions de **photosites** sensibles à la lumière. L'APN construit une image numérique constituée de **pixels** (*picture element*) à partir des informations reçues sur les photosites. La **définition** d'une image (nombre de pixels) peut être inférieure à celle du nombre de photosites.

Une image matricielle est un tableau de pixels qui sont les constituants élémentaires de l'image.

La taille d'un pixel dépend de la résolution de l'image :

La résolution est le nombre de pixels par unité de longueur.

Une résolution de 200 ppp (*point par pouce*) est considérée comme suffisante pour une bonne impression.

En autonomie : <http://physique.ostralo.net/images/>

2.2 Les couleurs

En observant au microscope, on peut constater qu'un pixel est en fait divisé en 3 « sous-pixels » rouge, vert et bleu. En effet toutes les couleurs peuvent être obtenues avec des intensités variables de ces 3 couleurs primaires (ceci est dû à la constitution des photorécepteurs de l'œil).

Pour une image en couleurs, chaque pixel contient l'information de la couleur avec 3 composantes : intensités de rouge, vert et bleu (*système RGB*).

Il existe d'autres possibilités de représenter une couleur avec 3 composantes, comme par exemple le système TSL (Teinte, Saturation, Luminosité). Il existe des formules de conversion pour passer d'une représentation à une autre.

2.3 Profondeur de couleur

Un ordinateur étant une machine électronique, toute information se réduit essentiellement au fait que le courant passe ou non : on parle parfois d'état haut ou bas. « L'unité d'information numérique » peut donc se représenter par un simple nombre qui vaut 0 ou 1, qu'on appelle un **bit** (*binary digit*).

Toute information (ex : image, vidéo, texte...) est traduite de façon numérique par un fichier qui est une longue succession de **bits** (0 ou 1). On regroupe généralement les bits par 8 : les **octets**.

Quelques multiples fréquemment rencontrés :

- 1 ko (kilo-octet) = mille octets (= 8000 bits)
- 1 Mo (méga-octet) = 1 million d'octets (= 1000 ko)
- 1 Go (giga-octet) = 1 milliard d'octets (= 1000 Mo)
- 1 To (téra-octet) = mille milliards d'octets (= 1000 Go)

Plus on utilise de bits pour coder une information, plus on peut être précis dans la « description » de cette information.

Par exemple pour coder la luminosité d'un pixel :

- avec un bit, on peut dire : noir (0) ou blanc(1).
- avec 2 bits, on peut dire : noir (00), gris foncé (01), gris clair (10) ou blanc (11)
- avec 3 bits, on peut dire : noir (000), gris très très foncé (001), gris très foncé (010), gris foncé (011), gris clair (100), gris très clair (101), gris très très clair (110) ou blanc (111).

La profondeur de couleur d'une image numérique est le nombre de bits utilisés pour coder chaque composante (R, G, B) d'un pixel.

Avec une profondeur d'un octet, on peut coder 256 niveaux (= 2^8) pour chaque composante (identifiés par les nombres de 0 à 255).

Exemples :

- (0, 0, 0) = noir
- (255, 255, 255) = blanc
- (0, 255, 0) = vert
- (255, 255, 0) = jaune
- (37, 37, 37) = gris (plutôt foncé)

2.4 Formats d'images

La façon précise de transcrire une image en pixels et la façon de coder ces pixels permettent de concevoir plusieurs formats numériques différents de fichiers images.

Un format de fichier s'identifie de façon générale par l'extension du nom de fichier. Pour les fichiers images, on rencontre communément jpeg (ou jpg), png, bmp, tiff, gif...

Exemple très simple : le fichier image peut être un simple **fichier texte** (succession de caractères sans mise en forme particulière sauf les retours à la ligne) : voir les formats pbm, pgm et ppm (manuel doc.3 p.157)

Certains formats de fichiers permettent de compresser la taille du fichier, avec ou sans perte d'information.

La perte éventuelle d'informations (ex : format jpeg) n'est pas gênante si l'observateur ne se rend pas compte de la dégradation de l'image et si la qualité visuelle reste suffisante.

2.5 Métadonnées

Lors de la prise de vue par un APN, des informations complémentaires à la constitution de l'image, peuvent être ajoutées au fichier numérique : ce sont les **métadonnées**.

Les métadonnées permettent par exemple d'enregistrer des informations sur la date de prise de vue, la géolocalisation, les caractéristiques de l'appareil, etc.

3 Traitement d'image

3.1 Les algorithmes et les programmes des APN

Des algorithmes permettent de traiter toutes les lumières, d'effectuer une retouche facile, avec une qualité maintenant bien supérieure à l'argentique. Avec l'arrivée du téléphone mobile, des algorithmes de fusion d'images permettent de concilier une excellente qualité avec un capteur et un objectif minuscules. De nombreux algorithmes sophistiqués sont utilisés dans les appareils de photographie numérique :

- Lors de la prise de vue : calcul de l'exposition, mise au point, stabilisation par le capteur et/ou l'objectif, le tout en automatique ou manuel assisté, focus-peaking (scintillement des contours nets), prise en rafales rapides d'images multiples avant et après appui sur le déclencheur.
- Lors du développement de l'image issue du capteur en une image pixelisée : gestion de la lumière et du contraste, balance des blancs, netteté, débouchage des ombres, correction automatique des distorsions ou des aberrations optiques.
- Après le développement : compression du fichier (TIFF sans perte, JPEG avec perte).
- En utilisant la fusion d'images : réduction du bruit et amélioration de la netteté, panoramas, HDR (High Dynamic Range), super-résolution par micro-décalages du capteur, focus stacking pour étendre la netteté avec plusieurs mises au point successives, réduction du bruit et amélioration de la netteté.

Comme les algorithmes de prise de vue et de développement demandent beaucoup de calcul, les appareils embarquent plusieurs processeurs, généraux ou spécialisés. Les algorithmes prennent le relais des capteurs physiques en calculant les pixels de l'image finale : ils compensent par exemple les distorsions des lentilles.

3.2 Algorithme général de traitement d'image

De façon générale, pour modifier une image numérique, il suffit de parcourir un à un l'ensemble des pixels de l'image, d'effectuer un traitement particulier au pixel en fonction du résultat attendu et d'enregistrer ce pixel modifié dans une nouvelle image.

Un algorithme est la description d'une succession d'instructions à suivre pour réaliser une tâche souhaitée.

Remarque : un algorithme peut contenir des **boucles** qui permettent de répéter certains groupes d'instructions, ou encore des **branchements conditionnels** qui permettent de choisir quelle instruction effectuée en fonction de différentes alternatives.

Lorsque l'algorithme est écrit dans un langage proche du Français, sans toutefois respecter les codes de la prose usuelle, on dit qu'il est écrit en **pseudo-code**. Un algorithme écrit en pseudo-code sera ensuite très facilement traduit dans un **langage de programmation** quelconque (il en existe des centaines) comme **Python** par exemple.

Algorithme en pseudo-code de traitement d'image :

```
image_origine = OUVRIR(fichier_image)
hauteur, largeur = LIRE_DIMENSIONS(image_origine)
image_nouveau = CREER_IMAGE(largeur, hauteur)
POUR ligne DE 1 A hauteur
  POUR colonne DE 1 A largeur
    pixel = LIRE_PIXEL(image_origine, (colonne, ligne))
    nouveau_pixel = TRANSFORMER(pixel)
    ECRIRE_PIXEL(image_nouveau, (colonne, ligne), nouveau_pixel)
```

Algorithme en Python de traitement d'image :

```
from PIL import Image # import d'une "bibliotheque" de gestion d'images

image_origine = Image.open("adresse_fichier_1")
largeur, hauteur = image_origine.size[0], image_origine.size[1]
image_nouveau = Image.new('RGB', (largeur, hauteur))
for ligne in range(hauteur):
    for colonne in range(largeur):
        pixel = image_origine.getpixel((colonne, ligne))
        nouveau_pixel = Traitement(pixel)
        image_nouveau.putpixel((colonne, ligne), nouveau_pixel)
```

Évidemment la ligne `nouveau_pixel = Traitement(pixel)` est à adapter précisément en fonction du traitement que l'on veut effectuer !

4 Impacts sur les pratiques humaines

La gratuité et l'immédiateté de la réplique des images introduisent de nouveaux usages de la photographie : à la photographie archive (histoire de famille) s'ajoutent la photographie à partager et la photographie utilitaire, prothèse de la mémoire (photo d'un ticket de caisse, d'une présentation lors d'une réunion de travail, d'une place de parking, etc.). Les images s'intègrent à tous les dispositifs de communication et de partage, téléphones, Web et réseaux sociaux.

De nouveaux problèmes apparaissent, liés à la diffusion de photos qui ne disparaîtront jamais (notion de **droit à l'oubli**), au **trucage difficile à détecter** des images, au pistage des individus ou à l'**obsolescence des supports**. Est ainsi posée la question de l'archivage de photographies historiques, scientifiques ou culturelles.