Le format BMP

Une image numérique matricielle est constituée de **pixels** (*picture elements*). Le pixel est la plus petite surface homogène d'une image, il est en quelque sorte l'équivalent d'un point en imprimerie.

Une image numérique est définie par :
- sa **résolution** : le nombre de pixels qui la composent en largeur et en hauteur.
  Plus on a de pixels par unité de distance meilleure est la qualité. Cette information est généralement mesurée en nombre de pixels par pouce ou *ppp*. En anglais on nomme cette mesure *dot per inch* ou *dpi*. Un pouce équivaut à peu près à 2,54 centimètres.
- sa **profondeur** : le nombre de couleurs que peut prendre un pixel.
  Pour définir la couleur d'un pixel il est courant d'utiliser le codage RGB, qui définit la quantité de ***rouge***, de ***vert*** et de ***bleu*** nécessaire à la composition de la couleur du pixel. Généralement on utilise un octet par composante. Dans un tel cas la profondeur est donc de 2^{24} = 16 777 216 couleurs différentes [1]. On réduit souvent cette profondeur au nombre de bits utilisé pour coder un pixel, donc à 24 dans notre exemple.
  Avec ce codage le noir est représenté par `0x00000` et le blanc par `0xffffff`.
- sa **matrice** : les lignes de pixels qui composent effectivement l'image.

Une telle image numérique est généralement stockée dans un fichier dont la structure est un codage particulier de la matrice de pixels.

Le format BMP a été crée par IBM et Microsoft pour structurer des fichiers contenant des images numériques matricielles. C'est un format binaire simple qui est organisé sous la forme suivante :

1. une entête de fichier ..... sur 14 octets
2. une entête d'image ..... sur 40 octets
3. une palette d'image ..... sur 4 octets
4. le codage de la matrice de pixels ..... sur une taille variable

Tous les nombres sont stockés en *little-endian*.

Entête de fichier

La partie entête de fichier permet de stocker des informations sur le fichier lui même. Elle fournit notamment les informations sur la taille du fichier et la position exacte du début des données de l'image (la matrice elle même) dans le fichier. En détail elle se compose de quatre champs :

1. la signature (*magic number*) ..... sur 2 octets
   `BM`, soit `0x424d`, correspond, par exemple, au format des images bitmap de Windows
2. la taille totale du fichier ..... sur 4 octets
3. un champ réservé ..... sur 4 octets
4. l'offset ..... sur 4 octets
   Il s'agit du décalage (l'adresse relative) du début des informations par rapport au début du fichier

Entête d'image

La partie entête de l'image fournit des informations sur l'image, notamment ses dimensions et ses couleurs. Elle est composée de onze champs :

1. la taille de l'entête de l'image ..... sur 4 octets
   Pour le format BMP windows la taille est de `0x28`.
2. la largeur de l'image ..... sur 4 octets
   C'est le nombre de pixels sur l'axe horizontal.
3. la hauteur de l'image ..... sur 4 octets
   C'est le nombre de pixels sur l'axe vertical.

1. Il est généralement accepté que l'œil humain ne peut pas distinguer plus de couleurs.

4. le nombre de plans ..... sur 2 octets
   Ce champ vaut toujours 1.
5. la profondeur de l'image ..... sur 2 octets
   Les profondeurs possibles sont 1, 4, 8, 16, 24 ou 32.
6. la méthode de compression ..... sur 4 octets
   Les images non compressées ont pour valeur de ce champ 0.
7. la taille totale de l'image ..... sur 4 octets
   La taille est exprimée en octets.
8. la résolution horizontale ..... sur 4 octets
   La résolution est spécifiée en pixels par mètre.
9. la résolution verticale ..... sur 4 octets
   La résolution est spécifiée en pixels par mètre.
10. le nombre de couleurs de la palette ..... sur 4 octets
11. le nombre de couleurs importantes de la palette ..... sur 4 octets
    Si toutes les couleurs sont importantes ce champ vaut 0.

Palette d'image

Cette partie est optionnelle. Quand elle est présente elle contient des octets représentant la composante bleue, verte et rouge puis un octet réservé.

Code de la matrice

Le codage de l'image se fait simplement en écrivant successivement les bits correspondant à chaque pixel, ligne par ligne en commençant par le pixel en bas à gauche.

- les images en 2 couleurs utilisent 1 bit par pixel, ce qui signifie qu'un octet permet de coder 8 pixels
- les images en 16 couleurs utilisent 4 bits par pixel, ce qui signifie qu'un octet permet de coder 2 pixels
- les images en 256 couleurs utilisent 8 bits par pixel, ce qui signifie qu'un octet code chaque pixel
- les images en couleurs réelles utilisent 24 bits par pixel, ce qui signifie qu'il faut 3 octets pour coder chaque pixel, en prenant soin de respecter l'ordre de l'alternance Rouge, Vert puis Bleu (RGB).

Chaque ligne de l'image doit comporter un nombre total d'octets qui soit un multiple de 4. Si ce n'est pas le cas, la ligne doit être complétée par des 0 de manière à respecter ce critère.

Exercices

Exercice 1 : Manipuler le format BMP

Pour faire cet exercice vous avez besoin de récupérer le fichier `image.bmp` disponible avec l'énoncé.

Q 1. Utilisez la commande `stat` pour obtenir la taille du fichier `image.bmp`.

Q 2. Convertissez cette taille en hexadécimal.

Q 3. Quelle commande `od` permet de n'afficher que l'entête de fichier ?

Q 4. En utilisant cette commande déterminez :
- la signature du fichier
- la taille du fichier
- l'offset de l'image

Q 5. Vérifiez que la taille que vous avez obtenu avec `stat` et la taille contenue dans le fichier soient bien identiques.

Q 6. Quelle commande `od` permet de n'afficher que l'entête de l'image ?

Q 7. En précisant la commande `od` utilisé à chaque fois, déterminez :
- la taille de l'entête de l'image
- la largeur de l'image
- la hauteur de l'image
- la profondeur de chaque pixel

Q 8. Quel est le nombre d'octets utilisé pour le bourrage avec des zéros de chaque ligne ?

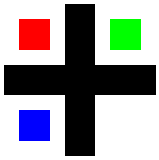
Q 9. Remplissez dans un tableau les couleurs des pixels dans l'image. Utilisez le symbole X pour remplir les cases de bourrage.

Q 10. À quelle couleur correspondent les valeurs dans le tableau ?

Q 11. Dessinez l'image.

Q 12. Faites vérifier votre dessin par votre enseignant.

Q 13. En utilisant l'utilitaire `hexedit`, modifiez le fichier `image.bmp` pour que l'image en question devienne :



Exercice 2 : Chasse au trésor

Pour faire cet exercice vous avez besoin de récupérer le fichier `secret.bmp` disponible avec l'énoncé. Dans ce fichier une phrase a été cachée.

Un caractère est caché dans chaque ligne, sauf pour les lignes complètement en noir. La phrase est alors composée de 8 caractères.

Chaque pixel blanc contient un bit caché. Sachant qu'il y a 8 pixels blancs dans chaque ligne, l'octet composant le caractère caché peut alors être constitué en assemblant ces bits. Pour cela la table ASCII vous sera utile.

Le bit caché se trouve dans le bit du poids faible dans l'octet qui représente le composant rouge du pixel.

Q 1. Quelle est la phrase cachée ?