

## Chapitre – C - La photographie numérique

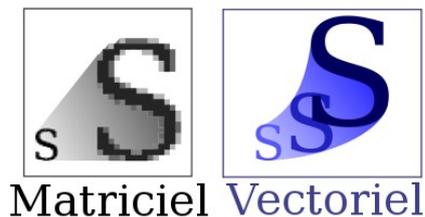


### Introduction de l'INRIA :

<https://www.youtube.com/watch?v=UnNPNc-F9ks>

#### I. Caractéristiques des images matricielles

Il existe deux catégories d'images. Les images vectorielles et les images matricielles. Les premières s'obtiennent grâce à des primitives géométriques, alors que les deuxièmes s'obtiennent par une description point par point de l'image. Il s'en suit une différence importante : une image vectorielle est redimensionnable sans perte de qualité contrairement à une image matricielle.



Matriciel Vectoriel

Par la suite, on se limitera pourtant aux images matricielles.

#### 1. Notions de pixel, définition, résolution...

Du fait de sa nature, une image matricielle est constituée de pixels (contraction de picture element). Le pixel est la brique élémentaire d'une image matricielle.

Il en découle qu'une image est caractérisée par :

- Sa **définition** : c'est le nombre total de pixels
- Sa **résolution** : c'est le nombre de pixels par unité de longueur (exprimé en *ppp* points par pouces traduction de l'anglais *dpi* pour dot per inch) --> UTILE POUR L'AFFICHAGE
- Sa **profondeur de couleur** : c'est le nombre de bits utilisés pour coder la couleur d'un pixel (RGB en utilise 3x8=3octets par pixel, on parle de mode RGB, RGBa, L....)
- Sa **taille** : c'est la place qu'occupe l'image en mémoire exprimée en octets
- Son **type** (ou **format**) de fichier : la manière dont le fichier est codé. L'extension utilisée pour le nom du fichier permet de le connaître.

Les **données EXIF** résument en partie ces informations(il s'agit de métadonnées, peuvent servir de descripteurs...)

Un fichier-image n'est donc pas composé uniquement de la photo, mais aussi de *données* rattachées à chaque photo numérique : les données «EXchangeable Image File» ou **EXIF**. Elles indiquent ainsi la

définition, la résolution et la profondeur de l'image, mais aussi :

- les conditions de l'enregistrement,
- l'appareil et la version du logiciel associé,
- et parfois même sur quel mètre carré de cette planète vous vous trouviez à ce moment.

Chaque appareil photo et chaque smartphone créent ces métadonnées et les associent de façon permanente à la photo. Plus tard, ces données EXIF peuvent être lues et utilisées par des programmes. Par exemple, le gestionnaire de fichiers images d'une visionneuse photo les trie par ordre chronologique...

**Application** : à l'aide de **vos téléphones portables**, ouvrez votre galerie, choisissez une photo, saurez-vous retrouver certaines de ses caractéristiques? Inscrivez -les ci-dessous:

-->        clic        long        en        général        et        détails        ou        propriétés...

.....  
 .....

**Remarque** : sur un ordinateur fonctionnant avec un système d'exploitation Windows, il vous suffit de sélectionner la photo et de cliquer sur le bouton droit de la souris puis sur 'Propriétés' (choisir l'onglet détails) pour avoir accès à ces données.

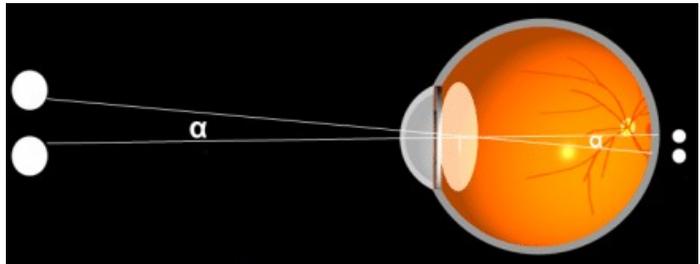
**Méthode contre FAKE!!!!** Ces quelques éléments pourraient vous permettre de procéder à des vérifications : la photo date-t-elle bien du moment affirmé par celui qui l'utilise? A-t-elle été prise au bon endroit (nous abordons ici l'enjeu des infox, notamment sur le web).

MAIS attention certains logiciels (comme exif date changer) permettent de modifier les données EXIF. Choisissez une photo dans votre galerie et modifiez les données de localisation par exemple. Vous pouvez (ou pourriez si vous ne le faites pas) télécharger cette image avec des métadonnées transformées.

Peut-on faire confiance aux données EXIF ?

## 2. Pourquoi ne distingue-t-on pas les pixels ?

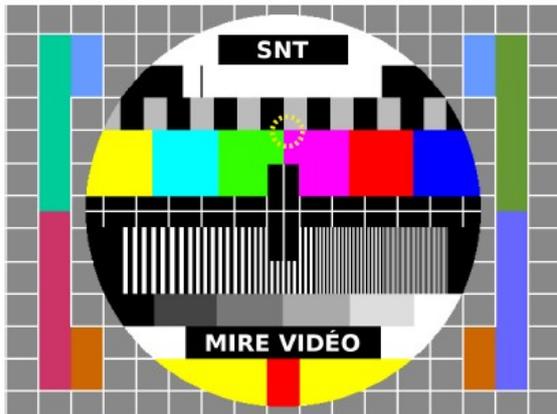
Si notre œil ne sépare pas les pixels d'une image, c'est à cause d'une limitation de ce dernier : son pouvoir séparateur. On ne peut distinguer deux points très proches que s'ils forment un angle supérieur à  $0,017^\circ$  !



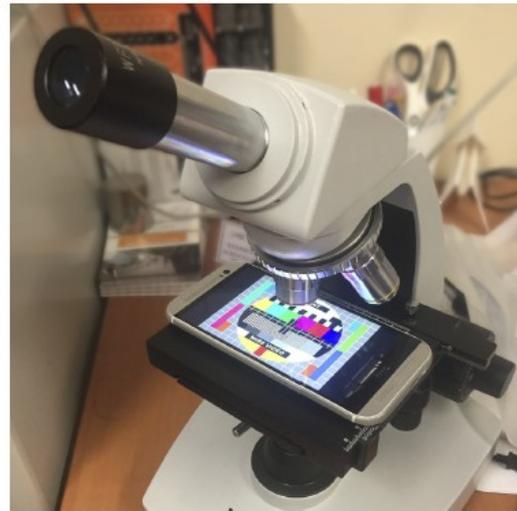
## 3. Pourquoi enregistrer les images sous forme matricielle ?

Cette méthode est très utilisée parce qu'un écran est lui aussi constitué de pixels...

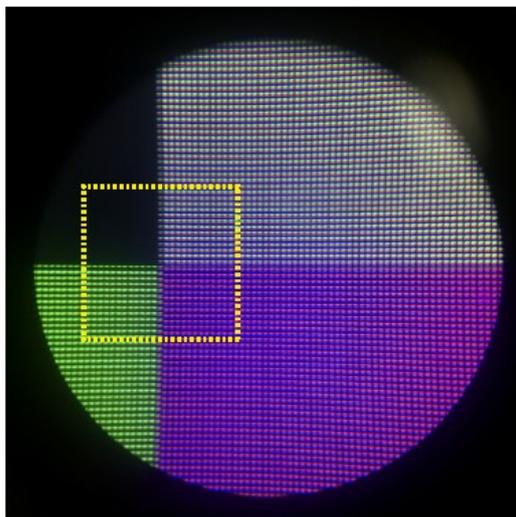
Observons l'écran d'un smartphone au microscope :



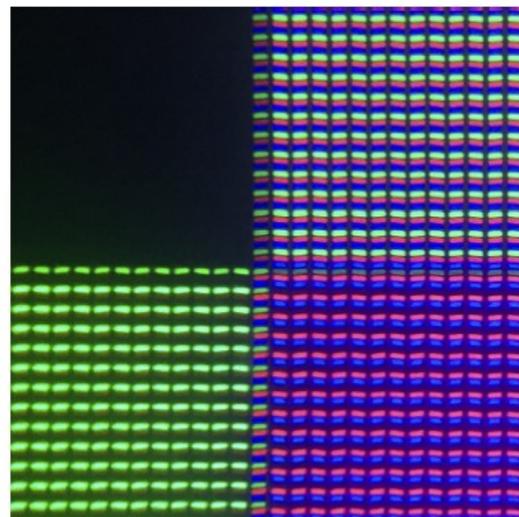
Mire vidéo affichée à l'écran



Observation au microscope



Vue oculaire (x40)

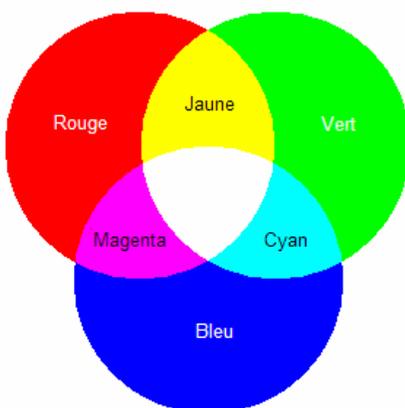


zoom sur partie encadrée

**Question 1** – Un pixel est constitué de trois luminophores (ou canaux). Lesquels ?  
.....R G B

**Question 2** – Grâce à la synthèse additive des couleurs, la variation de l'intensité lumineuse (en général 256 valeurs différentes, soit un octet) de chaque canal permet d'obtenir un très grand nombre de couleurs. Combien ?  $256^3$  soit 16M de possibilités

**Remarque** : Il est en partie inutile de prévoir autant de nuances de couleurs, une estimation grossière des capacités à distinguer les couleurs donne environ 15 à 20 000 nuances identifiables.



**Question 3** – Rendez-vous sur la page <http://www.proftnj.com/RGB3.htm> ou au logiciel la boîte à couleur. Faites varier l'intensité des différents canaux (à l'aide des boutons + et -) afin d'obtenir différentes couleurs de fond d'écran.

Comment obtient-on un fond noir et donc un pixel noir ? ...0,0,0.....

Comment obtient-on un pixel blanc ? 255,255,255...

Comment obtient-on un pixel rouge ? .....255,0,0...

Comment obtient-on un pixel vert ? .....0,255,0...

Comment obtient-on un pixel magenta ? ...255,0,255...

Comment obtient-on un pixel jaune ? .....255,255,0...

Comment obtient-on un pixel cyan ? .....0,255,255.....

Que se passe-t-il quand les 3 canaux ont des valeurs intermédiaires

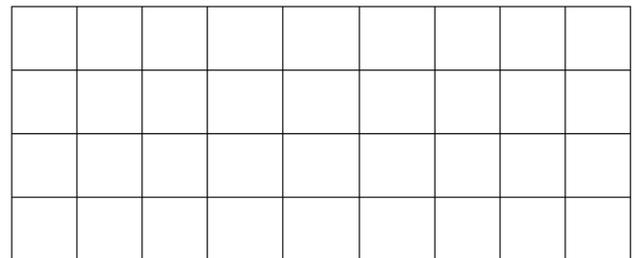
identiques ? .....des gris.....

**Exercices**

- L'écran d'un smartphone a une résolution de 458 ppp, il affiche des images de définition 2436 x 1125. Calculez la taille de cet écran (largeur, hauteur... en pouces puis en cm(un pouce = 2,54cm). 5,3p x 2,45p ou 13,5cm x 6,2cm

- On considère une image de 36 pixels (4 x 9). Le tableau de nombres ci-dessous (appelé matrice) donne l'encodage de chacun des pixels (d'abord du rouge, puis du vert et enfin du bleu). Colorier de la bonne couleur les pixels correspondants sur l'image associée.

0 0 255	0 0 255	0 0 255	255 255 255	255 255 255	255 255 255	255 0 0	255 0 0	255 0 0
0 0 255	0 0 255	0 0 255	255 255 255	255 255 255	255 255 255	255 0 0	255 0 0	255 0 0
0 0 255	0 0 255	0 0 255	255 255 255	255 255 255	255 255 255	255 0 0	255 0 0	255 0 0
0 0 255	0 0 255	0 0 255	255 255 255	255 255 255	255 255 255	255 0 0	255 0 0	255 0 0



Matrice associée

Image

**II. Obtenir des images**

**1. A partir d'un appareil photographique**

Pour aller plus loin - Repères historiques  
 La chambre noire ainsi que les avancées techniques en Optique, en Chimie et en Mécanique ont permis l'essor de la photographie au 19<sup>ème</sup> siècle. Vous pouvez consulter la vidéo Youtube suivante : <https://www.youtube.com/watch?v=q2awCruG7UI&list=PL9LWAAQYUI74si6AiWjm5TKg8OFo41V2No&index=2>

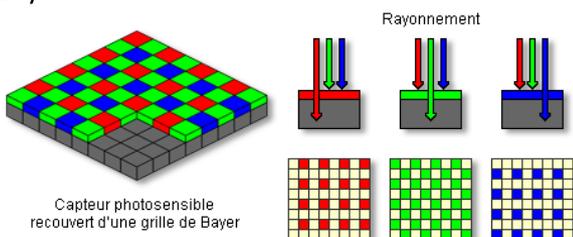
- Photographie numérique et capteur

Un capteur est en fait un **composant électronique photosensible**. Le terme photosensible illustre un élément qui réagit à la lumière. Le capteur joue un rôle important puisqu'il permet d'obtenir une image numérique en convertissant un rayonnement électromagnétique en un signal électrique analogique.



Le capteur photo CCD - pour Charge Coupled Device - (ou parfois CMOS) est composé d'un grand nombre de **photosites** (quelques dizaines de millions), chaque photosite va recevoir de la lumière, l'intensité lumineuse va être "convertie" en tension électrique. Plus l'intensité lumineuse reçue par le photosite est importante plus le photosite produira une tension électrique importante (et ce quelle que soit la couleur de la lumière incidente).

Cette tension est ensuite convertie en nombre binaire. Pour reconstituer des images en couleurs, on associe à chaque photosite soit un filtre rouge, soit un filtre vert, soit un filtre bleu. Il existe différentes façons d'agencer les filtres sur le capteur photo (Fovea X3, Fuji, RGBE...), mais le plus courant est la grille de Bayer ci-dessous.

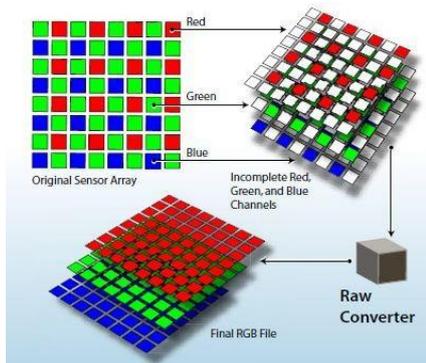


**Grille de Bayer**

La grille est constituée de 50% de filtres vert, 25% de filtres rouge et 25% de filtres bleu afin d'imiter la

physiologie de l'œil humain (car notre œil est plus sensible au vert qu'au bleu et au rouge).

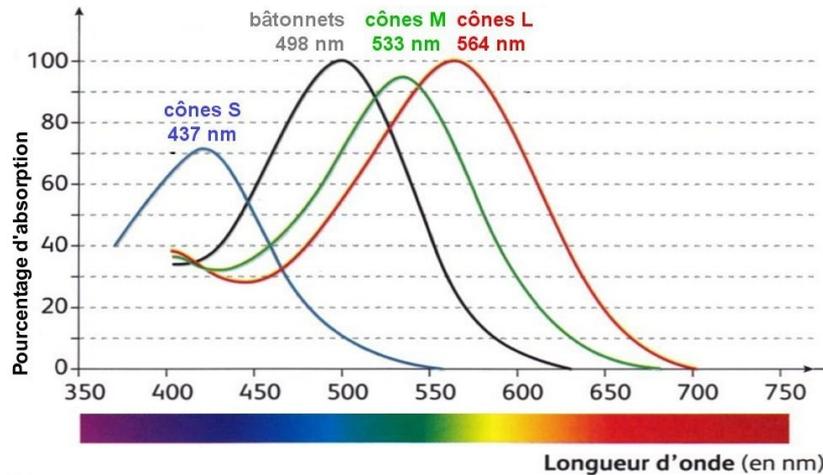
Des algorithmes interpolent ensuite les valeurs des canaux manquants en utilisant les photosites situés autour...



L'information produite par un photosite pourra donc être utilisée pour "construire" plusieurs pixels se trouvant les uns à côté des autres dans l'image finale :

Vous pouvez retrouver ces informations et quelques détails additionnels à l'adresse suivante:

[https://pixees.fr/informatiquelycee/n\\_site/snt\\_photo\\_capteur.html](https://pixees.fr/informatiquelycee/n_site/snt_photo_capteur.html)



### Rq: Pourquoi deux capteurs de vert???

D'après les résultats d'absorption u graphique ci-contre, les 4 types de photorecepteurs de la rétine humaine permettent le maximum de pourcentage d'absorption dans les longueurs d'ondes vertes du fait de la superposition des sensibilités des bâtonnets, des cônes M et L. La grille de bayer essaie donc de rendre compte de cette particularité: cette "sensibilité hétérogène"..

Lors de la prise de vue, de nombreux **algorithmes** sophistiqués sont utilisés, allant du calcul de l'**exposition** à la prise en rafales avant et après appui sur le déclencheur. 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: l'image ser donc nette malgré votre absence d'immobilisme grâce au travail sur plusieurs clichés successifs...(on le voit d'ailleurs sur les iphone lorsqu'on regarde les galeries!!!)

La photographie argentique nécessité une grande maîtrise technique pour les prises de vue, le numérique permet à chacun de prendre des photos de niveau professionnel sans en avoir les capacités!!!

Un exemple : le focus-peaking (scintillement des contours nets) ci-contre.



## 2. A partir d'un éditeur de texte (ou d'un logiciel de retouche d'images)

Une image numérique est une suite d'informations codées en binaire et stockées dans un fichier. Ce qui indique que le fichier contient une image (et pas autre chose), ce sont les extensions, comme par exemple : jpg, png, gif, bmp, etc... On parle de format jpg, de format gif, ... Il est donc possible de créer un fichier image directement.

### Présentation de quelques formats d'encodages de fichiers images

Les fichiers PBM, PGM ou PPM sont composés sur la même base :

- le nombre magique du format (deux octets) : il indique le type de format (PBM, PGM, ou PPM) et la variante (binaire ou ASCII) ;

- un caractère d'espace (espace, tabulation, nouvelle ligne) ;
- la largeur de l'image (nombre de pixels, écrit explicitement sous forme d'un nombre en caractères ASCII) ;
- un caractère d'espace ;
- la hauteur de l'image (*idem*) ;
- un caractère d'espace ;
- les données de l'image : succession des valeurs associées à chaque pixel,
  - l'image est codée ligne par ligne en partant du haut,
  - chaque ligne est codée de gauche à droite.

Toutes les lignes commençant par croisillon # sont ignorées (lignes de commentaires). Une famille de formats simples pour s'initier au codage d'une image est le pnm (Portable aNyMap). Celle-ci se décline en 3 formats selon le degré de coloration souhaité : noir et blanc (pbm), dégradés de gris (pgm) ou couleurs (ppm).

*Le format PBM (Portable BitMap)*

Une image numérique peut se représenter par une matrice de nombres binaires. Chaque nombre représente un pixel.

Un fichier au format pbm est un fichier texte (écrit avec des caractères ASCII) qui comporte diverses informations avant les données de l'image (dans l'en-tête du fichier) pour aider le logiciel chargé d'afficher l'image :

P1	(nbre magique indique le format et la variante)
Un caractère d'espace	(espace, tabulation, nouvelle ligne)
# annotation ignorée de l'Auteur...	(commentaires facultatifs précédés du caractère #)
Un caractère d'espace	
La largeur de l'image	(nombre de pixels)
Un caractère d'espace	
La hauteur de l'image	
Un caractère d'espace	

L'en-tête est suivi des données de l'image respectant les conventions suivantes :

L'image est codée ligne par ligne en partant du haut

Chaque ligne est codée de gauche à droite

Un pixel **noir** est codé par un **1**, un pixel **blanc** par un **0** (nombre en caractère ASCII)

Chaque pixel est séparé du suivant par un caractère d'espace

**Exemple :**

```

P1
# exemple de fichier pbm de la lettre J
7 10
0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 1 0
0 1 0 0 1 0
0 0 1 1 1 0
0 0 0 0 0 0
    
```

**Exercices:**

Sachant que l'information à donner à chaque pixel est « noir » ou « blanc », quelles valeurs numériques peut-on lui associer ?

On considère une image de 16 pixels (4 x 4). Compléter la matrice ci-dessous avec les nombres qui conviennent pour chaque pixel :

*Image**Matrice associée*

Si l'on copie cela dans un éditeur de texte et qu'on l'enregistre au format **pbm** (extension), on peut ensuite ouvrir avec un logiciel permettant de lire les images (il est probable qu'il faille zoomer pour observer le résultat, ce que nous avons codé est très petit)

**Travail** (en classe s'il y a du temps ou en devoir): coder, sur le papier (en faisant un schéma si besoin) votre initiale, mêmes dimensions.

### Le format *pgm* (Portable GrayMap)

Le format **pgm** permet d'avoir des nuances de gris sur une échelle allant de 0 (pour le noir) à 255 (pour le blanc) le plus souvent. Le codage du fichier est sensiblement le même que pour le pbm :

P2	(indique le format et la variante)
Un caractère d'espacement	(espace, tabulation, nouvelle ligne)
# Auteur...	(commentaires facultatifs précédés du caractère #)
Un caractère d'espacement	
La largeur de l'image	(nombre de pixels)
Un caractère d'espacement	
La hauteur de l'image	
Un caractère d'espacement	
255	(valeur maximale utilisée pour coder le blanc : doit être < 65536)
Un caractère d'espacement	

Cet en-tête est suivi des données de l'image :

L'image est codée ligne par ligne en partant du haut

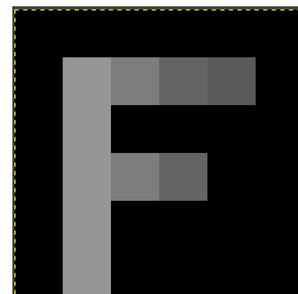
Chaque ligne est codée de gauche à droite

Chaque pixel codé entre 0 et la valeur maximale choisie (nombre en caractère ASCII)

Chaque pixel est séparé du suivant par un caractère d'espacement

### Exemple :

```
P2
6
6
255
0 0 0 0 0
0 150 125 100 90 0
0 150 0 0 0 0
0 150 125 100 0 0
0 150 0 0 0 0
0 150 0 0 0 0
```



### Le format *ppm* (Portable PixMap)

Le format correspondant aux deux formats précédents, adapté à la couleur est le format **ppm**, chaque pixel étant codé par 3 valeurs codant l'intensité du rouge, du vert et du bleu (le plus souvent comprises entre 0 et 255).

```
Exemple : P3
3 2
255
0 0 0 0 255 0 255 128 0
```





- On désigne par  $p$  la valeur numérique d'un pixel de l'image d'origine (ici,  $p$  peut prendre soit la valeur **0**, soit la valeur **1**). Donner, en fonction de  $p$ , la valeur  $p'$  du pixel négatif correspondant :

$p' = \dots\dots\dots$

**Remarque :**  $p'$  est le complémentaire de  $p$  en binaire (base 2).

**2. Réalisation de quelques filtres - Activité annexe Python**

**un filtre simple: redimensionnement/pixellisation de la jeune fille à la perle: travail sur le script puis projet nigoland**  
**ou ce type d'arrangement de deux portraits plus ou moins décalés**



**Bilan du chapitre**

Si la photographie argentique a évolué lentement grâce aux progrès de domaines comme l'optique, la mécanique et la chimie, la photo numérique évolue surtout grâce aux algorithmes. Pour obtenir une photographie numérique, il faut en entrée les données fournies par le capteur qui est formé de photosites en matrice de petits carrés de quatre photosites, deux verts, un bleu et un rouge. La résolution du capteur se mesure en millions de photosites. En sortie, l'image est formée de pixels colorés homogènes, représentés par trois nombres RVB (rouge, vert, bleu). La résolution de l'image se compte en mégapixels ; elle n'est pas forcément égale à celle du capteur. Des métadonnées sont stockées dans les fichiers images sous format EXIF (Exchangeable Image File Format): modèle de l'appareil, objectif, vitesse, diaphragme, distance de mise au point, auteur, copyright, localisation, etc. On distingue différents formats des fichiers images, compressés ou non, avec ou sans perte: RAW, BMP, TIFF, JPEG. Ces images numériques se prêtent à des améliorations ou modifications nombreuses qui peuvent être programmées par l'utilisateur ou réalisées automatiquement par des algorithmes de traitement d'image (correction de l'exposition, amélioration de la netteté, filtres de couleur).

La gratuité et l'immédiateté de la réplique des images numériques introduisent de nouveaux usages de la photographie: à la photographie archive (histoire de famille) s'ajoutent la photographie à partager sur les réseaux et la photographie utilitaire ou preuve (photo d'un ticket de caisse, d'une présentation lors d'une réunion de travail, d'une place de parking, etc.). 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.

Contenus	Capacités attendues
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.

### Notions fondamentales et lexique

Image matricielle, capteur, photosite, pixel, définition, profondeur, résolution, format, métadonnées.