

Thème 7 – La photographie numérique

Ouverture, page 165

1,200 milliards

C'est le nombre de photos réalisées sur notre planète en 2017. Elles ont été réalisées à 85 % avec des smartphones, à 5 % avec des tablettes et seulement à 10 % avec des appareils photos.

Source : Statista

Document c : Photographie numérique, le virage des années 2000

Jusqu'à l'arrivée de la photo numérique, la photo n'existait que sous sa forme « physique » : négatifs, positifs, tirages papier, archives vouées à la sauvegarde de la mémoire, à l'information ou à l'art.

La photographie numérique et sa généralisation ont considérablement changé nos pratiques et notre approche de la photo. La gratuité, l'immédiateté, la réplique facile des images ainsi que l'usage des smartphones ont formalisé et accru nos usages. On prend en photo sa place de parking pour retrouver son véhicule, son assiette au restaurant ou encore des « selfies » pour les partager sur les réseaux sociaux. On perd cependant la notion d'archivage alors qu'il suffit d'une mauvaise manipulation pour perdre à jamais des milliers d'images. Nous évoluons dans un monde où il ne s'est jamais réalisé autant de photos, mais où il en restera peut-être le moins pour les générations futures.

Unité 1 – À l'origine, la vision humaine

Document a page 166

La réception des images dans l'œil

Les rayons lumineux convergent et se concentrent sur la rétine grâce à la cornée et au cristallin qui fonctionnent ensemble comme une seule lentille. La rétine est la surface sensible à la lumière. Selon l'intensité lumineuse qu'elle reçoit, la pupille se rétracte (forte luminosité) ou se dilate (faible luminosité).

Mais la lumière doit encore parvenir dans la profondeur de la rétine, où se trouvent les cellules visuelles. Seuls 10 % des rayons y parviennent.

Document b page 166

La mise au point d'une image nette

Pour que l'image perçue soit nette, il faut qu'elle se forme précisément sur la surface de la rétine, ni en avant, ni derrière celle-ci. Pour cela, l'œil peut réaliser une **mise au point** en faisant varier l'épaisseur du cristallin : c'est l'**accommodation** qui permet de régler la netteté.

Point info page 166

Un photon, soit la lumière émise par une bougie perçue à une distance de 1,5 km, est la plus petite quantité de lumière visible par l'œil humain. L'œil peut transformer cette lumière (des photons) en images (des pixels) : on estime que la résolution de l'œil est équivalente à 576 mégapixels.

Vocabulaire page 166

Photorécepteur : cellule sensible aux stimuli lumineux.

Accommodation : mise au point réalisée par l'œil en faisant varier l'épaisseur du cristallin.

Document c page 167

Les cellules et la perception visuelles

1. La lumière arrive et pénètre dans l'œil par la cornée, la pupille et le cristallin.
2. La lumière atteignant la rétine active des photorécepteurs (cellules en cônes et en bâtonnets). Les cônes (sensibles au rouge, vert et bleu) captent les couleurs, et les bâtonnets détectent seulement la luminosité (en particulier les faibles luminosités).
3. Le signal capté par les **photorécepteurs** circule vers le nerf optique par des cellules nerveuses.
4. Les différentes informations sont transmises au cerveau qui va les traiter pour reformer une image complète.

Document d page 167

Lumière perçue et radiations lumineuses

La lumière est constituée d'un ensemble de radiations lumineuses caractérisées par leur longueur d'onde. Notre œil ne perçoit qu'une petite partie de la lumière naturelle. On appelle cette partie le « spectre visible ». Certains animaux sont capables de percevoir d'autres radiations (ultra-violet chez l'abeille, infrarouge chez les reptiles...).

Document e page 167

La perception des couleurs et la synthèse additive

Le cerveau réalise la synthèse additive des trois couleurs perçues par les cônes (le rouge, le vert et le bleu) et crée ainsi l'ensemble des couleurs observables. Ces trois couleurs sont appelées couleurs primaires. On définit les couleurs secondaires comme étant l'addition de deux couleurs primaires. C'est l'intensité de chaque couleur qui permet de créer une palette plus ou moins étendue. Le noir correspond à une absence de lumière.

Unité 2 – Qu'est-ce qu'une photographie numérique ?

Document c page 168

Régler l'exposition d'une photographie

- L'ouverture se règle à l'aide du diaphragme qui, selon la valeur choisie, laissera passer plus ou moins de lumière et agira sur la **profondeur de champ**.
- La vitesse d'obturation ou le temps de pose, doit être suffisamment rapide pour ne pas avoir de « flou de bougé » du photographe ou du sujet photographié.
- La sensibilité (ISO) est la capacité du capteur à être sensible à la lumière. Plus le chiffre est grand, plus le capteur y sera sensible mais plus il y aura de **bruit** sur l'image.

Modifier l'un de ces trois paramètres exige de modifier les autres en conséquence.

Vocabulaire page 168

Profondeur de champ : étendue de la zone de netteté entre le sujet le plus proche et le sujet le plus éloigné d'une scène photographiée. Plus le diaphragme sera ouvert, moins la zone de netteté sera étendue et inversement.

Bruit numérique : information parasite ou dégradation subie par l'image entre la prise et l'enregistrement.

Document d page 169

Les différents plans de netteté

Une photographie numérique présente différents plans dont un seul est particulièrement net. Les autres plans sont généralement flous si le diaphragme est à sa pleine ouverture. L'appareil capture la scène en une seule fois.

Pour l'œil, seule une petite zone, au centre, est vraiment nette : celle capturée par la **fovéa** (partie centrale de la rétine, la plus dense en cônes et bâtonnets, de 2 mm de diamètre). La rétine est en forme de demi-sphère alors que l'image projetée est presque plane. Cependant, nous ne le ressentons pas car l'œil balaie sans cesse la scène et accommode en même temps (vis-à-vis de la distance et de la lumière).

Document e page 169

Panoramique par assemblage

Pour créer un « *stitching* » (« couture » en anglais), l'APN réalise une série de photos pendant que le photographe pivote sur lui-même. Elles seront ensuite assemblées automatiquement par l'appareil ou par un logiciel spécifique grâce à un algorithme. Pour l'œil, cela se fait naturellement : il passe d'une orientation à l'autre et le cerveau enregistre les zones nettes et les couleurs dans chaque image pour reconstituer l'ensemble. Le champ de vision enregistré par le cerveau est beaucoup plus large que celui vu par un appareil photo.

Document f page 169

La balance des blancs

La lumière n'est pas toujours « blanche », or notre cerveau s'adapte pour que la lumière semble rester toujours blanche. Il faut donc adapter l'APN à l'éclairage ambiant pour obtenir un rendu naturel des images.

Unité 3 – Capteurs et capture d'une image

Document a page 170

Le fonctionnement de l'appareil photographique numérique (APN)

Un appareil photo, c'est une boîte faite pour capturer la lumière, développer une photographie numérique et la garder en mémoire sur un support adapté.

Document b page 170

Le capteur photographique

Un capteur photographique est un composant électronique photosensible, c'est-à-dire qu'il est composé de **photosites**. Il convertit la lumière reçue (rayonnement électromagnétique) en signaux électriques, analogiques.

Les capteurs sont présents dans les APN et caméras numériques mais sont aussi utilisés abondamment dans le domaine industriel (scanner), médical, dans la surveillance ou le spatial ; par exemple dans le télescope spatial Kepler (assemblage de 42 capteurs dits CCD pour une résolution de 95 Mpx).

Point info page 170

Pour économiser l'espace limité dans un smartphone le zoom est numérique, l'ouverture fixe et l'obturateur est remplacé par la désactivation du capteur. L'absence de ces composants est compensée par des algorithmes.

Document c page 171

La constitution d'un capteur photographique

Il existe deux types de capteurs (CCD et CMOS). La différence se fait sur ce qui est gravé sur le silicium. Le CMOS embarque une partie d'électronique de traitement du signal alors que le CCD non.

Document d page 171

Le fonctionnement d'un capteur

Le capteur (quelques millimètres de côté) comporte un certain nombre de **photosites** (quelques micromètres chacun). Sorte de puits pour la lumière, le photosite capture les photons de lumière pour les transformer en signal électrique analogique, plus ou moins grand en fonction de l'intensité lumineuse. Chaque photosite se compose de plusieurs couches superposées :

- un **filtre IR** qui élimine les rayonnements infrarouges (invisibles à l'œil humain) pour limiter la présence de lumières parasites.
- une microlentille chargée de concentrer la lumière sur la couche inférieure.
- un filtre coloré qui sélectionne une des couleurs primaires pour le photosite. La répartition des filtres correspond à l'abondance relative des cônes dans l'œil humain, l'œil étant plus sensible aux radiations lumineuses perçues comme le vert. Cette couche forme la **matrice de Bayer**.

Au-dessous se trouve une cellule photoélectrique gravée sur le silicium : la photodiode. Elle est chargée de mesurer l'intensité lumineuse d'un point de l'image.

Cette couche en silicium comprend d'autres composants électroniques en fonction de la technologie du capteur.

Vocabulaire page 171

Signal analogique : signal qui varie de façon continue dans le temps.

Photodiode : composant semi-conducteur capable de convertir un signal lumineux en signal électrique.

Unité 4 – Du capteur à l'image numérique

Document c page 172

Le pixel d'une image

Un APN enregistre des images de 24 bits par pixel, ce qui offre une capacité de 16,7 millions de couleurs par pixel. Certaines TV HD sont capables d'afficher des pixels avec 10 bits pour chaque sous-pixel RVB, ce qui offre une possibilité d'un milliard de nuances ! Cette palette de représentation de couleurs est ce que l'on appelle la profondeur de couleur.

Point info page 172

Certains formats d'images sont compressés, comme le JPEG et PNG, ce qui explique le poids moins important des images de ces formats.

Vocabulaire page 172

Pixels : plus petite unité d'une image.

Définition : taille d'une image ou d'un écran exprimée en pixels (le résultat de la multiplication du nombre de pixels en largeur et en hauteur).

Résolution : nombre de pixels sur une unité de longueur ; elle est exprimée en DPI (Dot Per Inch) ou PPP (Point Par Pouce). Une bonne résolution permet de zoomer sur l'image sans perdre en qualité.

Document d page 173

Des photosites au fichier RAW

Une fois les photons capturés, ils sont convertis en un signal électrique au niveau de chaque photosite. Ces informations analogiques sont transmises au processeur de l'APN (**convertisseur analogique-numérique**). À son niveau, elles sont transformées en informations numériques et prennent la forme d'un nombre qui mesure l'intensité lumineuse.

On combine les trois fichiers issus des différents photosites (R, V, B), ce qui permet de visualiser les données transmises par le capteur. On obtient un fichier numérique de données brutes appelé fichier RAW. Le **RAW** n'est pas une image. C'est un fichier qui contient des données transmises par le capteur et non interprétées. Pour qu'il devienne une image, il faudra lui faire subir un traitement informatique particulier.

Document e page 173

Du fichier RAW aux pixels

Le **fichier RAW** contient les données brutes du capteur obtenu grâce à la **matrice de Bayer**. Or, chaque photosite ne détient qu'une partie de l'information visuelle du départ, en fonction du filtre qui le précède. Si le filtre est vert, on ne sait donc rien des composantes bleue et rouge qui sont arrivées sur ce pixel. Pour retrouver en partie cette information manquante, on fait intervenir un traitement mathématique particulier : le processeur va interpoler les valeurs de rouge et de bleu des photosites voisins et fournir ainsi la valeur approximative des trois couleurs de chaque pixel. On appelle cela le **dématriçage**.

Point info page 173

Les méthodes les plus sophistiquées utilisent 100 fois plus de calculs, ce qui entraîne un temps plus long de rendu. On utilise alors des algorithmes prédictifs pour diviser ce temps par 10 ou plus.

Unité 5 – Traiter une image par programme

Document a page 174

L'image numérique, une matrice de pixels

Pour un ordinateur, une image représente un fichier de données numériques.

Chaque pixel est défini par ses coordonnées dans un espace à deux dimensions (le tableau ou la matrice). Il est possible de « manipuler » chaque pixel en modifiant ses coordonnées.

Document Des transformations sur les couleurs page 175

Pour un pixel en niveaux de gris du standard visuel « haute définition » (HDTV),

$$L = 0,2126 R + 0,7152 V + 0,0722 B.$$

Ces données sont valables pour le traitement d'images vidéos ainsi que fixes (illustration ou photographie). Elles permettent de rendre des teintes plus « naturelles » pour l'œil humain.

(L = luminance ; R = valeur du canal rouge du pixel ; V = valeur du canal vert du pixel ; B = valeur du canal bleu du pixel)

Document d page 175

Effet de seuil

Certaines photographies, comme les portraits ou certains paysages, transmettent plus d'émotions quand ils sont en « noir et blanc ».

Appliquer un seuil à une image consiste à la transformer en Noir & Blanc pur. Tous les pixels dans l'intervalle fixé du seuil deviennent blancs, les pixels noirs représentent ceux qui en sont en dehors.

Unité 6 – Les métadonnées graphiques

Les informations diversifiées des métadonnées, page 176

En photographie, les métadonnées sont des informations contenues dans les photos numériques (fichiers JPEG, TIFF, DNG et RAW généralement). Elles peuvent être des « données techniques » qui exposent les conditions techniques de prise de vue. Elles sont enregistrées automatiquement par l'appareil photo dans le fichier image. En tant que « données descriptives » de l'image, elles sont enregistrées sous forme de texte. Elles apportent alors des informations supplémentaires à l'image enregistrée en post-production dans un logiciel de catalogage. Celui-ci aura pour mission de saisir ces données, mais aussi de retrouver rapidement une image précise parmi des milliers en utilisant des filtres.

En périphérie des données concernant l'image, nos photos contiennent une multitude d'informations cachées.

Point info page 176

Le fichier EXIF d'une photo prise par un smartphone comporte entre 100 et plus de 160 lignes !

Document b page 176

Les schémas de métadonnées EXIF, IPTC et XMP

EXIF : Exchangeable Image File

Schéma de métadonnées servant à enregistrer l'essentiel des « données techniques » : date et heure, type d'appareil photo et objectif, ouverture du diaphragme... ou encore les données de géolocalisation.

IPTC : International Press & Telecommunications Council

Schéma de métadonnées qui a été développé pour répondre aux besoins de la presse. Il précise les informations sur l'auteur de la photo, le copyright, le sujet, etc.

XMP : Extensible Metadata Platform

Schéma de métadonnées développé par ADOBE, fondé sur le langage XML, pour enregistrer les corrections et traitements faits aux images.

Document d page 177

Lire les données d'une photo

Il est possible de contrôler les métadonnées d'une image en ligne via des sites spécialisés comme www.metapicz.com ou encore www.get-metadata.com.

L'avantage de ces applications est qu'elles affichent les données EXIF, IPTC et XMP.

Unité 7 – Manipuler les images numériques

Document e page 179

Des outils en ligne anti-trucage

L'outil en ligne FotoForensics propose d'analyser la compression réalisée sur une image. Les zones blanches obtenues sur le résultat indiquent une différence de compression par rapport au reste de l'image et donc une probable retouche.

Attention : si l'on opère de multiples enregistrements, les différentes compressions successives peuvent rendre l'exploitation compliquée.

Point info page 179

Depuis le 4 mai 2017, le décret n° 2017-738, relatif « aux photographies à usage commercial de mannequins dont l'apparence corporelle a été modifiée » oblige celles-ci à être accompagnées d'une mention stipulant les modifications mises en œuvre. Il a été en effet démontré, que « *l'exposition des jeunes à des images normatives et non réalistes du corps entraîne un sentiment d'autodépréciation et une mauvaise estime de soi pouvant avoir un impact sur les comportements de santé* ».

Document f page 179

Quelques conseils pour débusquer les photos truquées sur internet

- Considérer qu'une photo n'est jamais une preuve. Elle peut être ancienne, ne montrer qu'une partie de la scène, être retouchée, etc.
- Exploiter les métadonnées ! Une date, un lieu, l'utilisation d'un logiciel de retouche, etc., sont toujours un début de piste pour débusquer le faux.

- Toujours partir du principe qu'une information sur internet peut être fausse et la vérifier en croisant les sources.
- Garder l'esprit critique. Même sans outils, il est toujours possible de dénicher un « fake ».
- Il faut prendre le temps d'observer les détails de l'image pour trouver ce qui diverge du réel.

Unité 8 – Enjeux éthiques et sociétaux de l'image

Document b page 180

Caractéristiques du droit à l'image

Selon le Code de la Propriété Intellectuelle (CPI) qui définit la réglementation du **droit d'auteur**, « toute personne a sur son image et sur l'utilisation qui en est faite un droit exclusif et peut s'opposer à sa diffusion sans son autorisation ». Ainsi la reproduction, l'exposition, ou la publication d'une image ne peuvent avoir lieu sans le consentement écrit de la personne identifiable au travers d'un contrat d'autorisation d'utilisation d'image.

Sous réserve de ne pas porter atteinte à sa dignité, certaines images ne sont pas soumises à l'autorisation des personnes, comme par exemple :

- les images illustrant des événements d'actualité, au nom du droit à l'information ;
- les images de personnalités publiques dans l'exercice de leur fonction ;
- les images illustrant les sujets historiques.

De jurisprudence constante, il est reconnu que le droit moral est d'ordre public. Cela signifie qu'on ne peut y déroger. Les auteurs comme les diffuseurs doivent respecter ces dispositions dans leurs contrats sous peine d'être poursuivis.

Le non-respect du « droit à l'image » peut être sanctionné de dommages et intérêts et jusqu'à un an de prison et 45 000 € d'amende. Pour que la justice puisse intervenir, il faut cependant que la personne soit identifiable sur la photographie publiée.

D'après l'Union des photographes professionnels/auteurs

Document d page 181

Plagiat ou vol d'images numériques

Un photographe a démontré qu'une de ses photos avait été volée par un autre homme, qui l'avait utilisée pour remporter un concours Instagram, en lien avec une marque de smartphone. La preuve se trouvait dans les métadonnées EXIF qui indiquaient que la photo avait été prise par un smartphone de la marque à une date antérieure à l'annonce de sa sortie. Elles ont aussi révélé que la photo avait été prise par un appareil photo Canon et non par un smartphone comme le stipulait le règlement.

D'après Numerama.com

Document e page 181

Se protéger du plagiat

En plus de l'identification dans les métadonnées de l'auteur d'une photo, les photographes peuvent utiliser un filigrane pour protéger leurs images. C'est ce qu'on appelle le « watermark » ou le **tatouage numérique**.

Document f page 181

La sauvegarde des droits moraux

« L'auteur jouit du droit au respect de son nom, de sa qualité et de son œuvre » (art. L.121-1 du CPI). Le **droit moral** de l'auteur a pour objet de protéger le lien privilégié de l'auteur avec son œuvre. Ce droit est attaché à sa personne, il est « perpétuel, inaliénable et imprescriptible ». En cas de décès, il est transmis à ses héritiers. Il existe plusieurs moyens pour dénicher les usurpations. « Google Images » a

développé un algorithme de reconnaissance d'images par similarités.

Coté professionnels de la photo, beaucoup préfèrent utiliser le site Lenstag.com dont le principe est d'enregistrer dans un compte les numéros de séries de tout son matériel. La recherche se fera via les données EXIF du matériel utilisé, ce qui peut aussi permettre de retrouver du matériel volé.

Document g page 181

Faire sans contrefaire

Creative Commons est une association à but non lucratif qui propose une alternative assouplie et légale au droit d'auteur, pour simplifier le partage des créations. Les images qui entrent dans cette législation sont libres de droit.

Le Mag' des SNT, pages 182-183

Grand angle

Matthias Wähler a trouvé une manière originale de questionner ses contemporains sur l'intégrité des images. Grâce à la magie de la retouche, il s'est introduit par effraction dans des photos d'actualités très connues, voire historiques. On a donc pu l'apercevoir aux côtés du Président Kennedy, des Beatles, de Willy Brandt ou de la famille royale d'Angleterre.

La démarche artistique de Wähler s'inscrit sur la période de trouble politique et social qui a suivi la chute du mur de Berlin (1989). Il a choisi des images qui à leur époque ont une forte symbolique : elles représentent des icônes par lesquelles le monde est dirigé ou influencé. En les manipulant de la sorte, il met le doigt sur le manque de recul critique de la population face à l'information qu'on lui présente.

Il remet également en question les croyances naïves de l'Homme contemporain.

Dans nos sociétés actuelles, des images de toutes sortes sont omniprésentes et abondantes. Elles sont facilement accessibles grâce aux supports numériques et visibles grâce aux réseaux sociaux notamment, qui en facilitent la circulation.

Profitant de cette forte audience, certains tentent de contrôler ou modifier l'information par ces images avec des moyens multiples mis à leur disposition.

Devenues bien plus que de simples illustrations, les images portent des messages puissants et percutants. Elles représentent un point de vue subjectif. Le public, bien que plus averti qu'à l'époque de Wähler, ne remet pas toujours en question l'authenticité de ce qu'il voit ou croit voir dans les images.

Voir ! Photo, l'intégrale

Depuis son invention par Nicéphore Niepce en 1827, la photographie n'a jamais cessé d'évoluer pour devenir un véritable art à part entière. À travers l'histoire des courants photographiques, on découvre la valeur des images. Chaque cliché est une énigme qui cache de nombreux procédés **et surtout la subjectivité du point de vue de l'auteur.**

Et demain ?

Le matériel photographique est très adaptable grâce à l'ajout de publications, ou à la création de nouveaux algorithmes. On peut donc l'améliorer à l'infini. Il est maintenant possible de réaliser des photographies 3D avec un smartphone. Il suffit de faire un mouvement latéral autour d'un objet. L'appareil photo réalise en fait plusieurs clichés en plaçant des points de repère qui lui serviront à calculer le changement d'angles. Pour mouvoir la photographie en même temps que vous bougez votre téléphone, l'algorithme effectue un calcul correspondant à l'angle de votre téléphone.

La photographie de demain sera sans aucun doute davantage tournée vers le traitement logiciel des images. À l'instar de la révolution que fût le Polaroid à son époque, avec l'impression quasi immédiate, imaginez pouvoir changer un ciel gris dès la prise de vue et cela sans avoir besoin de repasser par une étape d'édition !

Métier : photographe

« Avant l'ère de la photo numérique, mon métier de photographe se résumait à réaliser de bonnes prises de vue avec un bon éclairage ; après je travaillais en laboratoire pour développer mes images et réaliser les tirages pour mes clients.

Aujourd'hui, avec toutes les possibilités de traitement numérique des images, je maîtrise toute la chaîne du traitement d'image. Ça me permet de proposer plus de créativité dans mes images, d'ajouter des effets plus graphiques. J'utilise aussi des supports d'impression diversifiés selon la mode et les attentes de mes clients.

Dans mon travail, la prise de vue ne représente plus que 25 % de mon temps. Le reste du temps, en dehors de l'aspect commercial, je me consacre à faire des mises en page de « livre-album » ou des compositions d'images pour faire de mes photos des « objets déco » que mes clients veulent intégrer dans leurs intérieurs.

Finalement, de photographe au départ, avec ces notions de graphisme, je suis petit à petit devenu un "PhotoGraphiste".

En bref

1. Métadonnées justificières

Afin d'améliorer la résolution de ses enquêtes, l'Institut de Recherche de la Gendarmerie Nationale (IRCGN) a développé un logiciel, en réseau interne, qui permet d'analyser les données EXIF des téléphones portables saisis aux suspects. Dans bien des enquêtes, ces informations ont permis de trahir les alibis des délinquants. En effet, un selfie daté et localisé est une preuve plus solide qu'un simple relevé GSM.

2. Le retour du Polaroid

Plus de 70 ans après sa création et 10 ans après sa disparition, la photographie à tirage instantané connaît un regain de succès. Alors que la photo numérique est omniprésente, les deux grands acteurs de ce marché, Fujifilm et Polaroid, ont chacun

sorti un modèle d'appareil photo hybride combinant le numérique et l'impression instantanée.

3. Plus vrai que nature

L'astronome amateur américain Andrew McCarthy a rassemblé 50 000 clichés pour réaliser une photo de la Lune de 81 Mégapixel. Publiée le 17 février 2019 sur le site reddit.com, cette photo a bluffé tous les professionnels de cette pratique.