

# LA PHOTOGRAPHIE NUMERIQUE

## I- Généralité :

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.

### 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 truquage 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.

Selon une étude de **KeyPoint Intelligence / InfoTrends**, environ **400 milliards** de photos numériques ont été prises dans le monde **en 2011**, pour atteindre **1 200 milliards** de photos **en 2017**, dont environ **85%** réalisées avec le smartphone.

Le selfie, une photo de soi-même, est un élément-clé de son identité numérique, avec les autres photos de son profil elles constituent un reportage permanent sur ce que nous sommes, dans quel environnement nous vivons.

Nous créons quotidiennement de nouveaux usages des photos numériques : nous pouvons par exemple utiliser les photos comme des « **sms** » pour transmettre une information immédiate de notre environnement.

La présence permanente d'appareils photos ou de caméras autour de nous change complètement notre relation à l'espace public, où nous y sommes « vus en permanence ».

Nous savons qu'une photographie, comme un son ou une vidéo, peut facilement être transformée, soit en étant utilisée hors contexte, soit en étant éditée produisant ainsi un document inexact.



Bien que la photographie numérique soit relativement récente, la fin du **20e siècle** a été le théâtre de nombreux développements menant à sa création. La première image de Mars a été prise lorsque le Mariner 4 l'a survolé le **15 juillet 1965** avec un système de caméra conçu par la NASA / JPL. Il utilisait un tube de caméra vidéo, suivi d'un numériseur, plutôt que d'une mosaïque d'éléments capteurs à l'état solide. Cela a produit une image numérique qui a été enregistrée sur bande pour une transmission lente ultérieure vers la Terre.

La véritable histoire de la photographie numérique telle que nous la connaissons a commencé dans les années **1950**. En 1951, les premiers signaux numériques ont été enregistrés sur bande magnétique via le premier magnétoscope. Six ans plus tard, **en 1957**, la première image numérique a été produite par un ordinateur par Russell Kirsch. C'était une image de son fils. À la fin des **années 1960**, **Willard S. Boyle** et **George E. Smith**, deux physiciens de **Bell Labs, Inc.**, ont inventé le dispositif à couplage de charge (CCD), un circuit à semi-conducteur utilisé par la suite dans les premiers caméscopes numériques pour la télédiffusion. Leur invention a été reconnue par un prix Nobel de physique **en 2009**. La première photographie numérique couleur publiée a été produite **en 1972** par **Michael Francis Thompson** à l'aide de la technologie de capteur CCD. Elle a paru sur la couverture du magazine Electronics. C'était une photo de sa femme, **Margaret Thompson**. Le **Cromemco Cyclops**, un appareil photo numérique développé comme produit commercial et interfacé avec un micro-ordinateur, a été présenté dans le numéro de **février 1975** du magazine Popular Electronics. Il utilisait la technologie des semi-conducteurs à oxyde de métal (MOS) pour son capteur d'image.



Le premier appareil photo numérique autonome (portable) a été créé plus tard **en 1975** par **Steven Sasson d'Eastman Kodak**. La caméra de Sasson utilisait des puces de capteur d'image CCD développées par Fairchild Semiconductor **en 1973**. La caméra pesait **3,6 kg**, enregistrait les images en noir et blanc sur une cassette, avait une résolution de 0,01 mégapixels (10 000 pixels) et prenait 23 secondes pour capturer sa première image **en décembre 1975**.

Le premier appareil photo numérique largement disponible dans le commerce est le Dycam Model 1 de 1990, également vendu comme Logitech Fotoman. Il utilisait un capteur d'image CCD, stockait des images sous forme numérique et était connecté directement à un ordinateur pour le téléchargement d'images. Proposés à un prix dérisoire, vers le milieu des années 90, en raison des progrès technologiques, les appareils photo numériques sont rapidement devenus des produits grand public.

L'avènement de la photographie numérique a également fait place à des changements culturels dans le domaine de la photographie. Contrairement à la photographie traditionnelle, les pièces sombres et les produits chimiques dangereux ne sont plus nécessaires pour la post-production d'une image: les images peuvent désormais être traitées et améliorées depuis chez soi depuis un ordinateur. Cela a permis aux photographes d'être plus créatifs dans leurs techniques de traitement et d'édition. À mesure que le domaine gagnait en popularité, les types de photographie numérique et de photographes se diversifiaient. La photographie numérique a propulsé la photographie elle-même d'un petit cercle assez élitiste vers un cercle englobant de nombreuses personnes.

L'appareil photo des téléphones a également contribué à populariser la photographie numérique, ainsi que l'Internet et les médias sociaux. Les premiers téléphones cellulaires dotés d'appareils photo numériques intégrés ont été fabriqués en 2000 par Sharp et Samsung. Petits, pratiques et faciles à utiliser, les téléphones avec appareil photo ont rendu la photographie numérique omniprésente dans la vie quotidienne du grand public.

## Historique :

- 1826 : naissance de la photographie argentique.
- 1900 : photographie en couleurs. Après la dernière guerre mondiale, généralisation du format 24 x 36 et de la visée reflex.
- 1969 : arrivée des premiers capteurs CCD (*Charge Coupled Device*).
- 1975 : apparition des premiers appareils numériques.
- 2007 : arrivée du *smartphone*.

- Que ce soit à travers une caméra numérique ou dans notre cerveau, l'image que nous

capturons est le résultat de transformations complexes qui permettent d'encoder l'information visuelle et de reconstruire l'image obtenue.

- Dans les appareils photographiques numériques, les aberrations optiques géométriques et

chromatiques sont corrigées par interpolation pour reconstituer les couleurs, par filtrage pour augmenter le rapport signal sur bruit, par accentuation pour augmenter la netteté, par correction des couleurs (balance des blancs), etc.

- On dispose aussi de mécanismes qui combinent une rafale de plusieurs images pour

augmenter le champ de vue, la profondeur de champ, la luminosité ou la clarté, etc.

- Le traitement d'image se base sur des calculs faits sur les valeurs des pixels (par exemple la

soustraction entre deux images consécutives pour estimer un mouvement) et permet de transformer le capteur en outil de mesure.

- En imagerie médicale ou satellitaire, et dans d'autres domaines, on manipule des images

multi-dimensionnelles : par exemple 3D + T (des vidéos volumiques) et les valeurs des pixels peuvent correspondre à d'autres mesures physiques que la lumière visible.

- Aujourd'hui, et depuis le début du XXe siècle, l'image, au-delà de la photographie, est

devenue un support d'investigation visuelle de nombreux phénomènes physiques. C'est le cas en médecine, avec l'imagerie médicale mais également l'imagerie biologique ; en géologie, avec l'imagerie du sous-sol et l'imagerie satellitaire ; en physique particulaire ou des plasmas. Une preuve en est le nombre important de prix Nobel décernés pour l'invention de nouveaux modes d'imagerie (le dernier datant de 2017 pour la [cryo-microscopie électronique](#)).

- Le traitement d'image est donc un outil d'analyse de données que tout scientifique peut être

amené à employer dans le cadre de son travail.

- On utilise souvent par abus de langage le terme de résolution pour définition comme explicité [ici](#).
- Le [traitement d'image](#).
- La [vision par ordinateur](#).
- Les [données EXIF](#).

## II- Les données et l'information :

En entrée, le capteur est formé de **photosites** en matrice de petits carrés de quatre photosites, deux verts, un bleu et un rouge, correspondant à la répartition des cônes de la rétine. **La définition 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 définition de l'image** se compte en mégapixels ; elle n'est pas forcément égale à celle du capteur. La **profondeur de couleur** est en général de 8 bits par pixel et par couleur pour l'image finale.

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.

Les couleurs peuvent être représentées dans différents systèmes : RVB, TSL (teinte, saturation, lumière), avec des formules empiriques de passage d'un modèle à l'autre. On distingue différents formats des fichiers images, compressés ou non, avec ou sans perte : RAW, BMP, TIFF, JPEG.

### III- Les algorithmes et les programmes :

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 pixellisée : 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.

Certains appareils peuvent augmenter leurs fonctionnalités par téléchargement de nouveaux logiciels.

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. Des algorithmes permettent également de commander la mise au point et l'exposition automatique, ainsi que de compenser le bougé de l'utilisateur (stabilisation).

Le Web est à la fois un **espace documentaire** dans lequel on trouve de l'information (Web1.0), un **espace social** et participatif dans lequel on crée soi-même de l'information pour la partager (Web2.0), et un **espace applicatif** dans lequel on interagit avec des logiciels qui offrent un certain nombre de fonctionnalités.

Le **Web dit sémantique** (Web3.0) est un **espace où la connaissance est structurée** de manière à être manipulée par des algorithmes, qui interagissent à travers le Web pour proposer des services web, et un espace (Web4.0) dans lequel les **objets connectés** eux-mêmes peuvent interagir entre eux.

Cette révolution génère de **nouveaux métiers** et de **nouvelles façons de travailler**, et conduit à la **dématérialisation** des services (administratifs, etc...). Contrairement à une idée reçue **elle génère plus qu'elle ne réduit** les impacts environnementaux.

**Tim Berners-Lee** disait récemment que le web, «conçu comme un outil ouvert, collaboratif et émancipateur, a été détourné par des escrocs et des trolls, qui l'ont utilisé pour manipuler le reste des internautes à travers le monde » et «il n'est pas trop tard pour changer le Web» conclut-il.

Il faut aussi comprendre le web non référencé, (**web profond** à distinguer du **dark web**). Ce dernier, sans fantasmer, est un phénomène important de société en lien avec une réalité socio-économique à connaître.

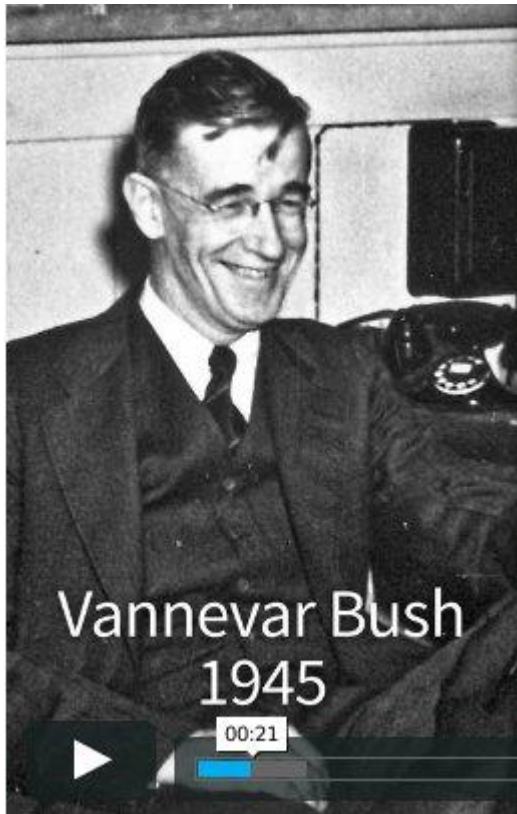
#### IV- Impacts sur les pratiques humaines :

Dans l'histoire de la communication, le Web est une révolution : il a ouvert à tous la possibilité et le droit de publier ; il permet une coopération d'une nature nouvelle entre individus et entre organisations : commerce en ligne, création et distribution de logiciels libres multi-auteurs, création d'encyclopédies mises à jour en permanence, etc. ; il devient universel pour communiquer avec les objets connectés.

Le Web permet aussi de diffuser toutes sortes d'informations dont ni la qualité, ni la pertinence, ni la véracité ne sont garanties et dont la vérification des sources n'est pas toujours facile. Il conserve des informations, parfois personnelles, accessibles partout sur de longues durées sans qu'il soit facile de les effacer, ce qui pose la question du droit à l'oubli. Il permet une exploitation de ses données, dont les conséquences sociétales sont encore difficiles à estimer : recommandation à des fins commerciales, bulles informationnelles, etc. En particulier, des moteurs de recherche permettent à certains sites d'acquérir de la visibilité sur la première page des résultats de recherche en achetant de la publicité qui apparaîtra parmi les liens promotionnels.



C'est en 1990 que **Tim Berners-Lee** et **Robert Cailliau**, chercheurs au **CERN** (Organisation européenne pour la recherche nucléaire), conçoivent le premier site Internet en HTML (langage informatique utilisé pour développer les sites **Web**) et inventent le protocole HTTP. En bref, le Web est issu d'un croisement d'idées qui ont bien progressé depuis sa création : pour que le Web reste un lieu libre et ouvert, nous devons nous l'approprier ! Voici son histoire (vidéo 6'24) :



### Historique :

- [1965](#) : invention et programmation du concept d'hypertexte par Ted Nelson.
- [1989](#) : naissance au CERN par Tim Berners Lee.
- [1993](#) : mise dans le domaine public, disponibilité du premier navigateur Mosaic.
- [1995](#) : mise à disposition de technologies pour le développement de site Web interactif (langage JavaScript) et dynamique (langage PHP) .
- [2001](#) : standardisation des pages grâce au DOM (Document Object Model) .
- [2010](#) : mise à disposition de technologies pour le développement d'applications sur mobiles.

### Définitions :

- Le langage HTML5 permet de définir une page Web, ses méta-données qui sont dans

l'entête (balise <head>) et son contenu dans le corps de la page (balise <body>), la mise en page est elle déléguée aux directives du CSS.

- Dans une page Web on peut mettre des éléments d'interaction, par exemple des champs de formulaire ou des éléments cliquables, c'est alors du code JavaScript qui va permettre de rendre ces éléments actifs.

- Les adresses internet, ou URL (Localisation de Ressources Universelles), constituent un petit langage qui permet de localiser un contenu, mais aussi de faire une requête sur ce contenu. Chaque partie de l' URL correspond à un paramètre.

- Le protocole HTTP permet de faire une requête Web et d'obtenir la réponse, c'est le

mécanisme standard qui permet d'utiliser le Web.

- Les trois langages principaux des pages Web : [HTML5](#), [CSS3](#) et [JavaScript](#).
- Le protocole [HTTP](#) du Web et sa variante sécurisée [HTTPS](#).
- La notion de [moteur de recherche](#).
- L'environnement [client-serveur](#).

## **V- Normalisation de la présentation de l'information :**

Sur le Web, les textes, photos, vidéos, graphiques, sons, programmes sont exprimés et assemblés dans divers formats normalisés par un consortium mondial (W3C : World Wide Web Consortium), ce qui permet une circulation standardisée de ces informations.

Les pages Web sont écrites dans le **langage de balises HTML** (Hypertext Markup Language). Leur style graphique est défini dans le **langage CSS** (Cascading Style Sheets).

Les pages ont une adresse unique, nommée **URL** (Uniform Resource Locator). Elles sont accessibles via internet en utilisant le protocole HTTP (Hypertext Transfer Protocol) ou sa version sécurisée HTTPS qui crypte les échanges. L'affichage des pages est réalisé chez l'utilisateur par un programme appelé navigateur.

Un hypertexte est un texte augmenté de renvois automatiques à des textes, des images ou des sons. Initialement, un hypertexte se restreignait à la mémoire d'un seul ordinateur. Dans une page Web, ce renvoi se fait sur n'importe quelle machine du réseau internet, par le truchement de l'adresse de la page Web du texte (URL) auquel il fait référence. La toile d'araignée construite par les liens peut être représentée sous forme d'un graphe qui matérialise la structure du Web.