

# FORMATION SNT

## I- Les données et leur traitement :

L'information humaine est transcrite sous forme de données pour être manipulée numériquement. On distingue les données qui doivent être entrées dans la machine, des résultats de calculs, ou sortie des algorithmes.

Les données en tant qu'objets numériques forment un bien non rival\* dont la copie ne coûte quasiment rien, et que l'on peut dupliquer sans le consommer.

La production gigantesque de données pose des problèmes planétaires en matière d'environnement (consommation énergétique, utilisation de ressources naturelles rares).

La prolifération de données pose aussi un problème de pérennité à long terme (plusieurs dizaines d'années) qui n'est pas résolu actuellement.

(\*) bien non rival : la plupart des objets matériels sont des biens rivaux c'est-à-dire que si on les consomme ou les utilise, ils ne sont plus disponibles pour les autres consommateurs, ce n'est pas le cas des objets informationnels comme par exemple une bonne histoire : si je la partage, elle reste intacte, voire elle s'enrichit.

## A- Définition :

1- **Mégadonnées** : (bigdata) on parle de mégadonnée quand le volume de données est tel

qu'on peut faire des analyses statistiques qui permettent de prédire des informations, même si les données sont très diverses, sans information structurée, et approximatives.

2- **Données ouvertes** : (opendata) données numériques, d'origine publique ou privée, diffusées de manière structurée selon une méthode et une licence libre, garantissant leur libre accès et leur réutilisation par toutes et tous, sans restriction technique, juridique ou financière.

3- **Licence libre** : licence s'appliquant à une œuvre de l'esprit (document, logiciel, ...) par laquelle l'auteur ou l'auteur concède les droits que lui confère le droit d'auteur : usage de l'œuvre, étude de l'œuvre pour en comprendre le fonctionnement ou l'adapter à ses besoins, modification (amélioration, extension et transformation) ou incorporation de l'œuvre en une œuvre dérivée, redistribution de l'œuvre, c'est-à-dire sa diffusion à d'autres usagers, y compris commercialement.

4- **Informatique durable** : (green IT) vise à réduire l'empreinte écologique, économique et sociale des technologies de l'information et de la communication.

5- Règlement général sur la protection des données (RGPD) : renforce et unifie la protection des données pour les personnes au sein de l'Union Européenne.

## **B- Contenu :**

Les données constituent la matière première de toute activité numérique. Afin de permettre leur réutilisation, il est nécessaire de les conserver de manière persistante. Les structurer correctement garantit que l'on puisse les exploiter facilement pour produire de l'information. Cependant, les données non structurées peuvent aussi être exploitées, par exemple par les moteurs de recherche.

### Impacts sur les pratiques humaines

L'évolution des capacités de stockage, de traitement et de diffusion des données fait qu'on assiste aujourd'hui à un phénomène de surabondance des données et au développement de nouveaux algorithmes capables de les exploiter.

L'exploitation de données massives (Big Data) est en plein essor dans des domaines aussi variés que les sciences, la santé ou encore l'économie. Les conséquences sociétales sont nombreuses tant en termes de démocratie, de surveillance de masse ou encore d'exploitation des données personnelles.

Certaines de ces données sont dites ouvertes (Open Data), leurs producteurs considérant qu'il s'agit d'un bien commun. Mais on assiste aussi au développement d'un marché de la donnée où des entreprises collectent et revendent des données sans transparence pour les usagers. D'où l'importance d'un cadre juridique permettant de protéger les usagers, préoccupation à laquelle répond le règlement général sur la protection des données (RGPD).

Les centres de données (Datacenter) stockent des serveurs mettant à disposition les données et des applications les exploitant. Leur fonctionnement nécessite des ressources (en eau pour le refroidissement des machines, en électricité pour leur fonctionnement, en métaux rares pour leur fabrication) et génère de la pollution (manipulation de substances dangereuses lors de la fabrication, de la destruction ou du recyclage). De ce fait les usages numériques doivent être pensés de façon à limiter la transformation des écosystèmes (notamment le réchauffement climatique) et à protéger la santé humaine.

## **C- Historique :**

L'idée de pouvoir traiter mécaniquement de l'information est ancienne, dès le XVIIème siècle, par exemple, [Gottfried Wilhelm Leibniz](#) va chercher à établir une langue dite [caractéristique universelle](#), qui permettrait d'exprimer la totalité des pensées humaines et pourrait résoudre des problèmes par un calculateur ([calculus ratiocinator](#)), anticipant l'[informatique](#) de plus de trois siècles. Il faudra attendre le XXème siècle pour comprendre qu'une telle machine est un objet impossible ne serait-ce qu'en [mathématiques](#), d'après les théorèmes d'[Alonzo Church](#) et [Alan Turing](#) : très simplement, certains calculs (par exemple savoir si un programme va boucler à l'infini, le [problème de l'arrêt](#)) nécessitent des temps ... infinis. On commençait à comprendre les limites de l'intelligence mécanique avant même de l'avoir fabriquée.

Ces mêmes personnes ont pourtant fondé, dans les années 1930, l'informatique, un domaine d'activité [scientifique](#), [technique](#) et industriel concernant le [traitement automatique de l'information](#) par l'exécution de [programmes informatiques](#) par des [machines](#). On peut attribuer à [Ada Lovelace](#), un siècle avant, d'avoir compris que l'on peut « calculer sur des nombres mais aussi sur des symboles », on parlerait de données numériques et symboliques aujourd'hui. Il est intéressant de noter que ces idées sont nées avant la technologie permettant de les mettre en œuvre.

parallèlement, dans les années 1880, [Herman Hollerith](#), futur fondateur d'[IBM](#), fonde la [mécanographie](#) en inventant une machine électromécanique destinée à faciliter le recensement en stockant les informations sur une [carte perforée](#). Ces premières cartes perforées ont fait leur apparition au XVIII<sup>e</sup> siècle dans divers automates et en particulier les [métiers à tisser](#), les [orgues de Barbarie](#) et les [pianos mécaniques](#).

L'[histoire de l'informatique](#) va véritablement commencer au milieu du XX<sup>e</sup> siècle avec l'[architecture de von Neumann](#), mise en application de la [machine universelle de Turing](#) : les ordinateurs dépassent la simple faculté de calculer et peuvent commencer à traiter des données ...

- [1930](#) : utilisation des cartes perforées, premier support de stockage de données.
- [1956](#) : invention du disque dur permettant de stocker de plus grandes quantités de données, avec un accès de plus en plus rapide.
- [1970](#) : invention du modèle relationnel (E. L. Codd) pour la structuration et l'indexation des bases de données.
- [1979](#) : création du premier tableur, VisiCalc.
- [2009](#) : Open Government Initiative du président Obama.
- [2013](#) : charte du G8 pour l'ouverture des données publiques.

#### **D- Représentation d'une information :**

Toutes les informations humaines se codent en binaire ; bien entendu ce n'est pas l'objet réel, ce n'est que son reflet numérique.

Une donnée est spécifiée par des valeurs et chaque valeur a un type (par exemple : vrai ou faux, on dit booléen ; ou bien numérique ou textuel ; ou encore un type spécifique, comme une date) ; selon le type de la donnée on ne fait pas les mêmes opérations.

Une donnée se décompose de manière atomique en données élémentaires, par exemple le nom d'une personne en prénom et patronyme. Bien structurer les données facilite leur traitement par des algorithmes.

Une collection de données peut être ordonnée sous forme de liste, ou bien sans ordre sous forme d'un ensemble.

La façon de structurer les données influe fortement sur les opérations de traitement : il est par exemple bien plus efficace de rechercher une donnée dans une collection toujours ordonnée, mais y insérer une information est plus coûteux.

**Donnée** : [représentation](#) d'une [information](#) au sein d'un système informatique.

**Métadonnée** : [donnée](#) servant à définir ou décrire une autre donnée, pour permettre sa manipulation.

**Une base de données** regroupe plusieurs collections de données reliées entre elles.

**Descripteur** : mot ou un groupe de mots choisi pour caractériser les informations contenues dans un document et pour faciliter les recherches.

## Les données et l'information

Une **donnée** est une valeur décrivant un objet, une personne, un événement digne d'intérêt pour celui qui choisit de la conserver. Par exemple, le numéro de téléphone d'un contact est une donnée. Plusieurs descripteurs peuvent être utiles pour décrire un même objet (par exemple des **descripteurs** permettant de caractériser un contact : nom, prénom, adresse et numéro de téléphone).

Une **collection** regroupe des objets partageant les mêmes descripteurs (par exemple, la collection des contacts d'un carnet d'adresses). La structure de table permet de présenter une collection : les objets en ligne, les descripteurs en colonne et les données à l'intersection. Les données sont alors dites structurées.

Pour assurer la persistance des données, ces dernières sont stockées dans des fichiers. Le format CSV (Comma Separated Values, les données avec des séparateurs) est un format de fichier simple permettant d'enregistrer une table. À tout fichier sont associées des **métadonnées** qui permettent d'en décrire le contenu. Ces métadonnées varient selon le type de fichier (date et coordonnées de géolocalisation d'une photographie, auteur et titre d'un fichier texte, etc.).

Les données comme les métadonnées peuvent être capturées et enregistrées par un dispositif matériel ou bien renseignées par un humain. Elles sont de différents types (numériques, textes, dates) et peuvent être traitées différemment (calcul, tri, affichage, etc.).

Certaines collections typiques sont utilisées dans des applications et des formats standardisés leur sont associés : par exemple le format ouvert vCard (extension .vfc) pour une collection de contacts.

Une **base de données** regroupe plusieurs collections de données reliées entre elles. Par exemple, la base de données d'une bibliothèque conserve les données sur les livres, les abonnés et les emprunts effectués.

## E- Les algorithmes et les programmes :

La recherche dans des **données structurées** a d'abord été effectuée selon une indexation préalable faite par l'homme. Des algorithmes ont ensuite permis d'automatiser l'indexation à partir de textes, d'images ou de sons.

Une table de données peut faire l'objet de différentes opérations : rechercher une information précise dans la collection, trier la collection sur une ou plusieurs propriétés, filtrer la collection selon un ou plusieurs tests sur les valeurs des descripteurs, effectuer des calculs, mettre en forme les informations produites pour une visualisation par les utilisateurs.

La recherche dans une base comportant plusieurs collections peut aussi croiser des collections différentes sur un descripteur commun ou comparable. Les fichiers de données sont stockés sur des supports de stockage : internes (disque dur ou SSD) ou externes (disque, clé USB), locaux ou distants (**cloud**). Ces supports pouvant subir des dommages entraînant des altérations ou des destructions des données, il est nécessaire de réaliser des sauvegardes.

Des recherches dans les fichiers se font à l'intérieur même des ordinateurs, soit sur la base de leurs métadonnées, soit sur la base d'une indexation (à la manière des moteurs de recherche sur le Web).

Les grandes bases de données sont souvent implémentées sur des serveurs dédiés (machines puissantes avec une importante capacité de stockage sur disques). Ces centres de données doivent être alimentés en électricité et maintenus à des températures suffisamment basses pour fonctionner correctement.

## II- La photographie numérique :

### A- 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 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.

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 magnéscope. 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 Thompsett** 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 Thompsett**. 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](#).

## **B- 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 résolution 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.

## C- 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.

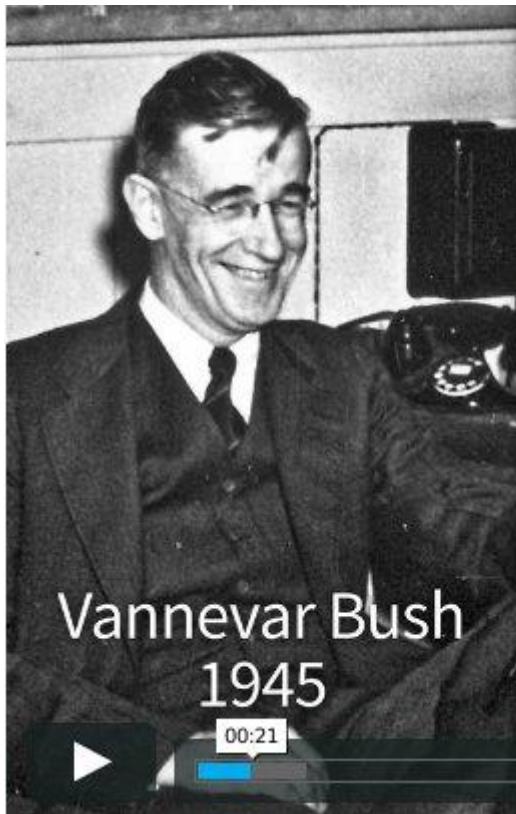
## D- Impacts sur les pratiques humaines :

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](#).

## **E- 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.

## **1- Moteurs de recherche :**

Les moteurs de recherche permettent de trouver des informations dans des pages dont on ne connaît pas l'adresse, voire dont on ignore l'existence. La méthode de recherche appelée référencement naturel se décompose en trois grandes activités, réalisées par les moteurs de recherche : (1) le parcours automatique du Web pour collecter les pages visitées (aspiration des pages Web effectuée par des robots) ; (2) l'analyse du contenu des pages et leur indexation sur les mots qu'elles contiennent (constitution d'un annuaire inversé qui associe à chaque terme les URL des pages où il apparaît) ; (3) la troisième activité, réalisée à chaque fois qu'un internaute fait une requête, construit une liste ordonnée des pages (classement) comportant les mots clés de la requête. Leur ordre dépend notamment de leur popularité (principe des liens), de leur pertinence (aux mots de la requête), et de l'ordre des termes de la requête.

Les concepteurs de site Web peuvent améliorer le référencement de leurs pages en choisissant bien les mots et en les plaçant à des endroits stratégiques dans les pages.

## 2- Interaction client/serveur :

Le Web s'appuie sur le dialogue entre **clients** et **serveurs**. L'interaction est à l'initiative des clients (les applications qui se connectent au Web, dont les navigateurs), qui envoient des **requêtes HTTP** aux serveurs. Ces derniers renvoient leur résultat : des pages qu'ils ont stockées ou qu'ils créent dynamiquement en fonction de la requête formulée. Les pages reçues par les clients peuvent contenir des codes exécutables (souvent en JavaScript) qui permettent aux clients d'effectuer des traitements en accédant aux ressources de son ordinateur et en interagissant avec les serveurs.

Les applications peuvent être paramétrées pour autoriser ou interdire l'accès à des ressources locales aux programmes téléchargés par les pages.

## 3- Sécurité et confidentialité :

En formulant des requêtes sur des sites Web dynamiques et en laissant des programmes s'exécuter sur sa machine, l'utilisateur prend des risques : il peut communiquer des informations personnelles à son insu à des serveurs qui en gardent une trace, à distance ou localement par des cookies, ou encore charger des pages contenant des programmes malveillants, par exemple permettant d'espionner en continu les actions de l'utilisateur. Par ailleurs, un navigateur peut garder un historique de toutes les interactions, et le laisser accessible aux sites connectés. L'utilisateur peut utiliser des services qui s'engagent à ne pas garder de traces de ses interactions, par exemple certains moteurs de recherche. Il peut aussi **paramétrer son navigateur** de façon à ce que celui-ci n'enregistre pas d'historique des interactions. De fausses pages peuvent encore être utilisées pour l'hameçonnage des utilisateurs. Un nom de lien pouvant cacher une adresse Web malveillante, il faut examiner cette adresse avant de l'activer par un clic.

## III- Le web et son information :

Internet est un réseau de réseaux : il interconnecte près de 50000 réseaux autonomes.

Internet est possible parce que les pays du monde entier, même en conflit, respectent les standards de communication.

La gouvernance internationale d'Internet est l'élaboration et l'application conjointes, par les États, le secteur privé, la société civile et les organisations internationales, des principes, normes, règles, et procédures de fonctionnement d'Internet.

Aujourd'hui Internet connecte bien plus d'objets connectés que d'interfaces humaines (smartphone,

ordinateur, tablette).

Grâce à sa souplesse et son universalité, internet est devenu le moyen de communication principal entre les hommes et avec les machines.

Internet a fait progressivement disparaître beaucoup des moyens de communication précédents : télégramme, télex, le courrier postal pour une bonne partie, et bientôt le téléphone fixe grâce à VoIP (voix sur IP).

Son trafic prévu pour 2021 est de **3 300 milliards de milliards d'octets** ( $3,3 \times 10^{21}$  octets).

Internet a aussi ses problèmes : absence de garantie temporelle sur l'arrivée des paquets, et possibilité d'attaques par saturation en envoyant un très grand nombre de messages à un site donné, pour y provoquer un déni de service.

La neutralité du Net, présente dès l'origine du réseau, exprime l'idée que les routeurs doivent transmettre les paquets indépendamment du type de leur contenu : texte, vidéo, etc. Mais elle est constamment remise en cause par certains lobbies industriels.

L'histoire d'Internet remonte au développement des premiers réseaux de télécommunication. L'idée d'un réseau informatique, permettant aux utilisateurs de différents ordinateurs de communiquer, se développa par étapes successives, jusqu'à ce « réseau des réseaux » que nous connaissons aujourd'hui en tant qu'Internet. Il est le fruit à la fois de développements technologiques et du regroupement d'infrastructures réseau existantes et de systèmes de télécommunications.

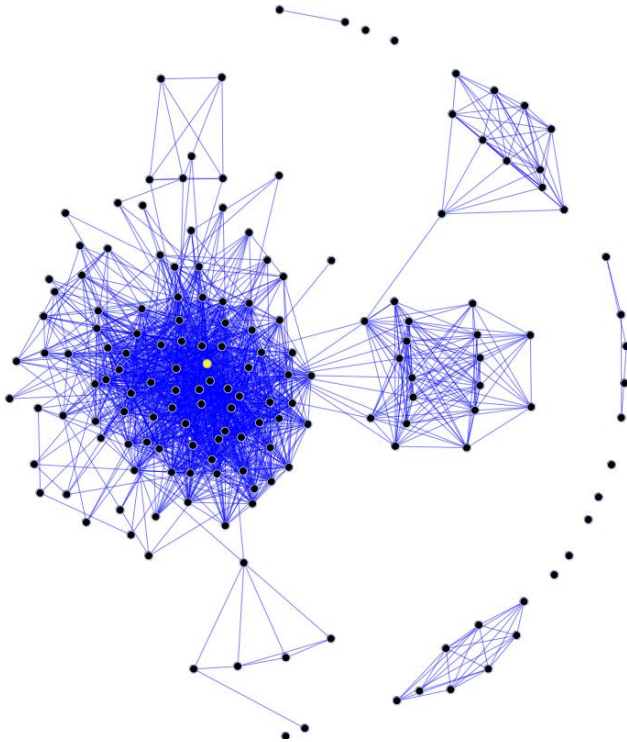
Dès les années cinquante, les ordinateurs ont été mis en réseau pour échanger des informations, mais de façon très liée aux constructeurs d'ordinateurs ou aux opérateurs téléphoniques. Les réseaux généraux indépendants des constructeurs sont nés aux États-Unis avec ArpaNet (1970) et en France avec Cyclades (1971). Cet effort a culminé avec internet, né en 1983.

- Ce qui fait fonctionner Internet c'est la notion de protocole, qui est à la fois un standard de communication et un algorithme distribué sur plusieurs machines.
- Les grands mécanismes sous-jacents sont l'identification et la connexion entre les machines et le transfert de paquets d'information entre elles.
- Les solutions qui fonctionnent à grande échelle sont basées sur des protocoles qui peuvent engendrer des erreurs qui sont ensuite corrigées par les logiciels qui les utilisent.
- La notion de protocole [TCP/IP](#), le service de [DNS](#).
- La notion de [réseau pair à pair](#).

## Le protocole TCP/IP

Internet est défini par le **protocole IP** (Internet Protocol), ensemble de normes qui permettent d'identifier et de nommer de façon uniforme tous les ordinateurs ou objets qui lui sont connectés. IP est accompagné de protocoles de transmission pour transférer l'information par **paquets**, le principal

étant **TCP/IP** (Transmission Control Protocol). De nature logicielle, internet s'appuie sur une grande variété de réseaux physiques où IP est implémenté. Il uniformise l'accès à tous les ordinateurs, les téléphones et les objets connectés.



À la fin des **années 1890**, **Émile Durkheim** et **Ferdinand Tönnies** ont laissé entrevoir l'idée de réseaux sociaux dans leurs théories et leurs recherches sur les groupes sociaux. Tönnies a fait valoir que les groupes sociaux peuvent exister en tant que liens sociaux personnels et directs liant des individus partageant des valeurs et des convictions communes (« **communauté** »), ou des liens sociaux impersonnels, formels et instrumentaux (« **société** »). Durkheim a donné une explication non individualiste des faits sociaux, affirmant que les phénomènes sociaux surviennent lorsque les individus en interaction constituent une réalité qui ne peut plus être expliquée à l'aide des propriétés d'acteurs individuels.

Des développements majeurs dans le domaine sont observés dans les **années 1930** par plusieurs groupes de psychologie, d'anthropologie et de mathématiques. En **psychologie**, dans les **années 1930**, **Jacob L. Moreno** a commencé l'enregistrement et l'analyse systématiques des interactions sociales en petits groupes, en particulier les salles de classe et les groupes de travail. En anthropologie, les travaux théoriques et ethnographiques sont à la base de la théorie des réseaux sociaux. En sociologie, les travaux de Talcott Parsons (dans les années 1930) ont ouvert la voie à une approche relationnelle de la compréhension de la structure sociale.

Dans les **années 1970**, un nombre croissant d'érudits ont travaillé pour combiner les différentes pistes et traditions. Un groupe était constitué du sociologue Harrison White et de ses étudiants du département des relations sociales de l'Université de **Harvard**. **Stanley Milgram**, qui développa la thèse des « six degrés de séparation », était également au sein du département des relations sociales de Harvard à l'époque. **Mark Granovetter** et **Barry Wellman** font partie des anciens élèves de White qui ont élaboré et défendu l'analyse des réseaux sociaux.

À partir de la fin des **années 1990**, des sociologues, des politologues et des physiciens tels que **Duncan J. Watts, Albert-László Barabási, Peter Bearman, Nicholas A. Christakis** et **James H. Fowler**, ainsi que d'autres, ont analysé les réseaux sociaux. Les « traces numériques » et toutes les données émergentes disponibles sur les réseaux sociaux en ligne ont permis de créer de nouveaux modèles et méthodes d'analyse.

### Historique :

- **1995** : *Classmates* est l'un des premiers réseaux sociaux qui permettent aux étudiants de rester en relation .
- **2003** : apparition de *Myspace*, aujourd'hui en perte de vitesse, et de *LinkedIn* (racheté depuis par *Microsoft*), à vocation professionnelle.
- **2004** : apparition de *Facebook*, d'abord réservé aux étudiants de l'université Harvard, puis ouvert au grand public en 2006.
- **2006** : apparition de *Twitter*, qui permet l'échange de courts messages, limités au départ à 140 puis à 280 caractères (on parle de microblogage) .
- **2009** : lancement de la messagerie instantanée *WhatsApp* (rachetée depuis par *Facebook*) qui se substitue à l'utilisation des SMS et MMS chez beaucoup d'utilisateurs.
- **2010** : arrivée d'*Instagram* (racheté depuis par *Facebook*), qui permet le partage de photos et de vidéos.
- **2011** : début de *Snapchat* qui permet, sur plateformes mobiles, le partage de photos et de vidéos, avec une limitation de durée.
- **2018** : on estime à 3,2 milliards le nombre d'utilisateurs actifs des réseaux sociaux.

En 2018, les réseaux sociaux utilisés en France sont états-uniens, toutefois il en existe bien d'autres : en Chine, par exemple, apparaît en 2009 l'application de microblogage *Weibo* avec plus de 350 millions d'utilisateurs actifs en 2018 ; en 2012 naît l'application de messagerie *Weixin* (développée par *Tencent*) qui compte en 2018 plus d'un milliard de comptes utilisateurs.

- Les réseaux sociaux s'étudient à l'aide de graphes, un modèle mathématique majeur (relations entre des personnes, entre des lieux, entre des actions, ...).
- Beaucoup de problèmes concrets peuvent se ramener à des questions sur des graphes avec,

selon les cas, des solutions connues ou non, calculables facilement ou pas.

- Ce qui nous est accessible sur les réseaux sociaux est présélectionné par des algorithmes de

recommandation, par exemple en lien avec nos recherches précédentes. Cela biaise le résultat et tend à restreindre le champ de ce qui est accessible.

- La notion de [graphe](#).
- Les [systèmes de recommandation](#).

#### **IV- Informatique et objets connectés :**

Il y a aujourd'hui plus de processeurs dans des objets connectés ou enfouis dans les objets du quotidien, que dans nos machines usuelles (ordinateur, tablette et smartphone).

Pour utiliser ces objets connectés un enjeu majeur est celui des interfaces, Interface Humain-Machine, de façon à ce qu'ils soient entièrement contrôlables, de manière compréhensible par les utilisateurs.

La possibilité d'introduire des algorithmes au sein des objets de notre quotidien offre de nouvelles possibilités inédites et pose des problèmes de sûreté et de sécurité encore irrésolus.

C'est un enjeu de société de savoir si cette nouvelle révolution technologique sera pilotée par la recherche de nouveaux marchés commerciaux ou par la couverture de vrais besoins de notre société.

C'est par exemple le cas au niveau de ce qu'on appelle les Smart Cities (ou villes intelligentes).

#### **A- Internet des objets :**

Embarquer l'informatique dans les objets a beaucoup d'avantages : simplifier leur fonctionnement, leur donner plus de possibilités d'usage et de sûreté, et leur permettre d'intégrer de nouvelles possibilités à matériel constant par simple modification de leur logiciel.

Après avoir transformé les chaînes de montage des automobiles et les avions dans les années quatre-vingt-dix, l'informatique intervient maintenant dans des domaines toujours plus nombreux : automobile, réseau ferroviaire et transports urbains, domotique, robotique, loisirs, etc., conduisant à un nouvel internet des objets.

Pour les avions par exemple, l'informatique gère le vol en commandant finement des servomoteurs électriques, plus légers et plus fiables que les vérins hydrauliques, les réacteurs, la navigation et le pilotage automatique, et permet l'atterrissage automatique par temps de brouillard. Elle a eu un impact décisif sur l'amélioration de la sécurité aérienne.

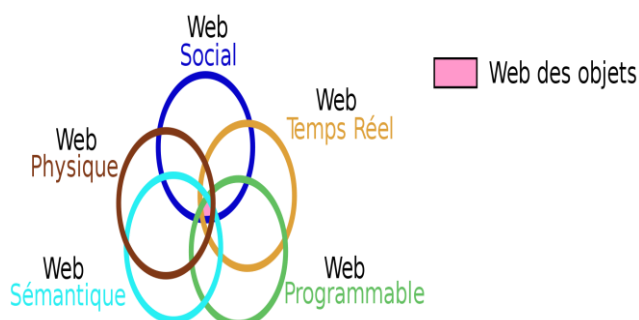
Les objets informatisés avaient autrefois des **interfaces homme-machine (IHM)** dédiées, souvent dépendantes d'une liaison filaire directe. Mais les technologies du Web intégrées au téléphone

portable permettent maintenant d'y rassembler les interfaces des objets du quotidien, ce qui en simplifie et uniformise l'usage. Les objets informatisés deviennent ainsi connectés.

## B- Impacts sur les pratiques humaines :

L'impact de l'informatisation des objets devient considérable, surtout depuis que leurs interfaces s'unifient. Le but est de fabriquer des machines d'utilisation facile permettant des fonctionnalités améliorées, voire complètement nouvelles comme la voiture autonome. Celle-ci utilise à la fois des techniques de systèmes embarqués pour son fonctionnement et sa navigation et de l'intelligence artificielle pour l'analyse en temps-réel de l'environnement à l'aide de capteurs variés (caméras, radars, lidars, etc.).

Comme l'informatique embarquée interagit avec le monde physique en exposant quelquefois des vies humaines ou des équipements critiques (réseaux électriques par exemple), elle est soumise à de fortes contraintes de sûreté (absence d'erreurs) et de sécurité (résistance aux attaques). En avionique, ferroviaire ou autres applications critiques, des processus lourds de certification externe sont utilisés. Cependant dans beaucoup de systèmes embarqués moins critiques, la sécurité reste souvent un point faible, et les objets connectés sont de plus en plus utilisés comme robots pour lancer des attaques sur internet.



La notion d'Internet des objets résulte de la convergence de plusieurs technologies, de l'analyse en temps réel, de l'apprentissage automatique, des capteurs de produits de base et des systèmes intégrés. Les domaines traditionnels des systèmes embarqués, des réseaux de capteurs sans fil, des systèmes de contrôle, de l'automatisation (y compris l'automatisation de la maison et des bâtiments) et autres contribuent tous à l'activation de l'Internet des objets.

Le concept de réseau d'appareils intelligents a été discuté dès 1982 : un distributeur automatique de boisson modifié de l'Université Carnegie Mellon devenant le premier appareil connecté à Internet, capable de signaler ses stocks et de savoir si les boissons fraîchement chargées étaient froides ou non. L'article de 1991 de **Mark Weiser** sur l'informatique omniprésente, « **L'ordinateur du XXI<sup>e</sup> siècle** », ainsi que des institutions académiques telles que UbiComp et PerCom ont produit la vision contemporaine de l'Internet des Objets. En 1994, Reza Raji a décrit le concept dans IEEE Spectrum comme « un [déplacement] de petits paquets de données vers un grand ensemble de nœuds, afin d'intégrer et d'automatiser tout, des appareils ménagers aux usines entières ». Entre 1993 et 1997, plusieurs sociétés ont proposé des solutions. Le domaine a pris de l'ampleur lorsque Bill Joy a

envisagé la communication D2D (Device to Device) dans le cadre de son cadre « Six Webs », présenté au Forum économique mondial de Davos en 1999.

Le terme « Internet des objets » a probablement été inventé par Kevin Ashton de Procter & Gamble, futur centre d'identification automatique du MIT, en 1999, bien qu'il préfère l'expression « Internet pour les objets ». Un article de recherche mentionnant l'Internet des objets a été soumis à la conférence pour les chercheurs nordiques en Norvège, en juin 2002, précédée d'un article publié en finnois en janvier 2002. L'implémentation décrite ici a été développée par Kary Främling et son équipe de l'Université technologique de Helsinki et correspond plus étroitement à l'infrastructure moderne, c'est-à-dire une infrastructure de système d'information permettant la mise en œuvre d'objets connectés intelligents.

Définissant l'Internet des objets comme « simplement le moment où plus de » choses ou d'objets « étaient connectés à Internet que de personnes », Cisco Systems a estimé que l'IdO était « né » entre 2008 et 2009, avec un ratio croissant d'objets / personnes de 0,08 en 2003 à 1,84 en 2010.

### Historique :

- 1967 : premier système embarqué de guidage lors de la mission lunaire Apollo.
- 1971 : premier processeur produit par Intel.
- 1984 : sortie de l'Airbus 320, premier avion équipé de commandes électriques informatisées.
- 1998 : mise en service du métro informatisé sans conducteur Météor (ligne 14 à Paris).
- 1999 : introduction de l'expression « internet des objets » par Kevin Ashton.
- 2007 : arrivée du smartphone.

On estime à 50 milliards le nombre d'objets connectés en 2020.

- Pour programmer des objets connectés ou embarqués à l'intérieur d'un autre système, le

paradigme de programmation de base est événementiel : ce sont les entrées des capteurs qui déclenchent des fonctions du code qui réagit et ajuste les sorties et son état interne.

- Pour assurer la sûreté informatique, on travaille à la fois au niveau de la conception et de la

vérification : la conception avec des langages de modélisation du système utilisé (comme UML) et la vérification avec des méthodes formelles qui travaillent sur la sémantique du programme pour en prédire le fonctionnement.

- Mais ces méthodes prévisionnelles ne sont jamais complètes et c'est l'expérimentation qui

permet de compléter la validation de tels systèmes.

- Pour assurer la sécurité des systèmes informatiques on utilise les mêmes méthodes que

pour protéger un système classique : authentification des personnes ou des algorithmes qui accèdent à l'objet et chiffrement des données.

- [Programmation événementielle](#) et [programmation synchrone](#).
- [Internet des objets](#).
- [Sûreté](#).
- [Sécurité](#).
- [Interface humain-machine](#).

Dans les **systèmes informatiques embarqués**, l'information provient soit des IHM soit des capteurs, pour contrôler automatiquement ou manuellement le fonctionnement physique par des actionneurs et transmettre des informations aux utilisateurs. Le flux d'informations à travers les IHM permet ainsi une interaction continue entre l'homme et la machine.

Le développement des logiciels embarqués est délicat, car il pose souvent des questions de temps-réel, c'est-à-dire de respect de temps de réponse imposé. Ceci conduit à des méthodes de programmation spécifiques.

Les microprocesseurs sont beaucoup plus nombreux dans les objets que dans les ordinateurs et téléphones, mais ils sont souvent plus petits, moins chers et moins rapides. Les **capteurs** et **actionneurs** reposent sur des technologies physiques et électroniques variées, allant quelquefois vers l'électronique de puissance. Un problème essentiel est la réduction de la consommation électrique, surtout pour les appareils sur pile.

Une carte est un outil de représentation d'informations hiérarchisées liées à une localisation. Les cartes permettent de combiner différentes informations, pour visualiser des réalités aussi diverses que le développement d'un territoire ou la propagation d'une maladie.

Le fait que nous soyons aujourd'hui localisé-e-s en permanence a des conséquences importantes sur notre vie quotidienne : cela permet d'être aidé en cas de situation critique, mais aussi d'être repéré à tout moment qu'on le souhaite ou non.

La localisation est incontournable, et pas uniquement au niveau de notre smartphone : dès que nous interagissons avec un système numérique, nous sommes localisés, et le fait de ne plus se faire localiser à un moment donné est en soi une information.

## A- Définitions :

[Géolocalisation](#).

[Assistant de navigation](#).

[Géomatique](#).

La **cartographie** est essentielle pour beaucoup d'activités : agriculture, urbanisme, transports, loisirs, etc. Elle a été révolutionnée par l'arrivée des cartes numériques accessibles depuis les ordinateurs, tablettes et téléphones, bien plus souples à l'usage que les cartes papier.

Les **cartes numériques** rassemblent toutes les échelles et permettent de montrer différents aspects de la région visualisée sur une seule carte. Les algorithmes de recherche permettent de retrouver sur la carte les endroits en donnant simplement leur nom, et de calculer des itinéraires entre points selon des modes de transports variés.

## B- Impacts sur les pratiques humaines :

Les cartes numériques, accessibles depuis un téléphone, remplacent progressivement les cartes sur papier. Leurs interfaces permettent d'accéder commodément à de nombreux types d'information. Couplé aux algorithmes de calculs d'itinéraires, le GPS est utilisé systématiquement pour les transports, l'agriculture, la randonnée, la navigation à voile, etc.

Le maintien à jour des cartes numériques est un problème difficile qui demande beaucoup de ressources au plan mondial. Les erreurs dans les cartes, inévitables à cause de l'énorme quantité d'informations à collecter, peuvent avoir des conséquences dramatiques.

Par ailleurs, de nombreuses applications ont accès à la localisation dans un téléphone, ce qui leur permet d'envoyer des publicités non désirées, de suivre vos itinéraires, ou de localiser une personne. Enfin, le GPS n'est pas toujours sûr, car facile à brouiller à l'aide d'appareils simples.

## C- Historique :

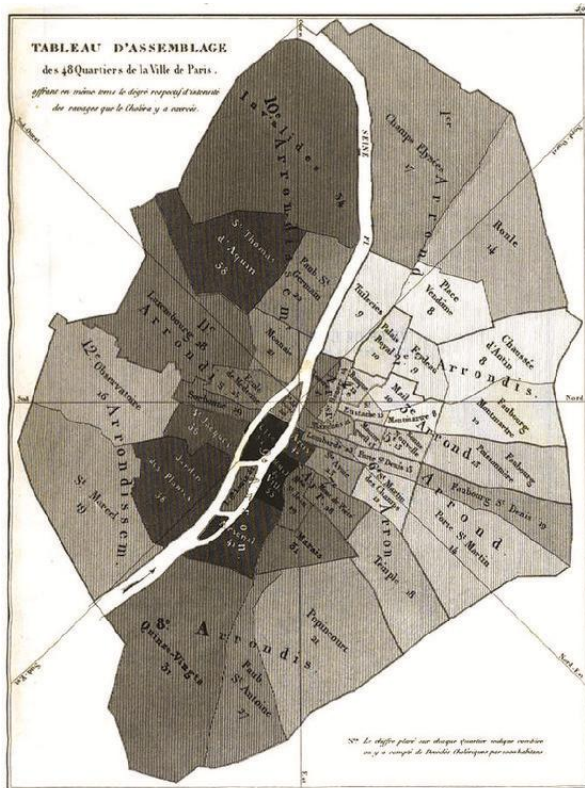
Les premières cartes connues représentent les étoiles et non la terre. Des points datés de **16 500 BC**, trouvés sur les murs de la grotte de Lascaux montrent une partie du ciel nocturne, incluant trois des étoiles les plus brillantes, Véga, Deneb, et Altaïr (le Triangle d'été), ainsi que l'amas d'étoiles les Pléiades. La Grotte du Castillo en Espagne possède également une carte de la Couronne boréale datée de **12 000 BC**.



Depuis l'**Antiquité**, jusqu'au milieu du **XVIe siècle**, les relevés sont issus de témoignages. Les premières mises en forme « scientifiques » datent du IIe siècle après notre ère avec la cartographie de Ptolémée (150), où celui-ci énonce quelques précautions pour dessiner une carte sur un plan. Par la suite les relevés sont assemblés par des cartographes experts et alimentés par les premiers essais de statistiques rassemblés par les représentants de l'autorité (époque antique romaine, époque des moines savants du Moyen Âge, époque des grandes découvertes). Les supports utilisés — notamment les cartes marines — sont grossières car elles ne respectent ni les angles, ni les distances réelles.

Le véritable développement intervient avec l'amélioration des outils de mesure mis au point par la géodésie et les géomètres, ainsi que l'amélioration des registres de tous types, devenant de larges

sources statistiques. Aussi, les traits et les données s'affinent. Ainsi les premières mesures astronomiques (longitudes et latitudes) de localités de la France effectuées par Jean Picard commencées en 1671, permettent à La Hire d'établir en 1682 une carte corrigée qui affine le contour du littoral et réduit considérablement les vraies proportions de la France.



L'une des premières applications connues de l'analyse cartographique concernait le domaine de l'épidémiologie avec, en 1832, la publication du « Rapport sur la marche et les effets du choléra dans Paris et le département de la Seine », rédigé par le géographe français **Charles Picquet**. Ce dernier a représenté les 48 districts de la ville de Paris. Il a utilisé un système de coloris dégradé en fonction du pourcentage de décès par le choléra pour **1000 habitants**.

L'utilisation des engins aéronautiques (dirigeables, avions, hélicoptères) à partir du début du **XXe siècle** permet d'affiner et de mettre à jour plus rapidement la couverture cartographique, mais pour des espaces à chaque fois relativement limités et concernant presque uniquement les terres émergées. Dans la dernière partie du **XXe siècle**, un pas technique majeur est franchi avec l'utilisation et le traitement numérique des ondes émises par des satellites : les contours terrestres sont alors pour la première fois photographiés depuis le ciel. Des cartographies du fond des océans ou des zones inaccessibles deviennent beaucoup plus précises. La cartographie complète de la Lune et de Mars est réalisée grâce aux satellites d'exploration ou sondes spatiales.

Grâce à des avancées mathématiques et informatiques, on obtient avec facilité toujours plus de projections planes innovantes, qui doivent toujours arbitrer entre conservation des parallèles, des aires, et des longueurs. Des cartes amorphes (cartogrammes) sont aussi apparues. Le support digital permet la duplication, le transfert à bas coût, et le traitement automatisé (ex: projet Corine Land Cover pour l'aménagement du territoire).

Un autre apport du numérique concerne la capacité à mettre en relation et diffuser des documents d'intérêt cartographique du monde entier et de toutes les époques, via Internet. En France, un

Consortium intitulé « *Cartes et photographies pour les géographes* » vise à faciliter le tournant numérique de la recherche en sciences humaines et sociales, en développant le réseau de portails cartographiques et de plateformes de diffusion de données et métadonnées peu à peu mis en place, essentiellement par de grandes institutions, pour « généraliser l'accès à d'autres fonds pertinents et améliorer la diffusion des images géographiques » afin de « rendre accessibles, consultables et mobilisables des données cartographiques et photographiques nombreuses et éparses, qui constituent des fonds de laboratoires de recherche, de bibliothèques remarquables ou des fonds de chercheurs... ». Un mouvement de libération des données (Open data) est également en cours qui, avec des organisations comme Open Street Map, devrait permettre de largement développer la cartographie historique et collaborative.

Les cartes ont été systématiquement numérisées à la fin du **XXe siècle**. Le principal instrument de localisation, **GPS** (Global Positioning System), a été conçu par l'armée américaine dans les années soixante. Le premier satellite GPS fut lancé en 1978. Il y en a actuellement une trentaine, de sorte qu'à tout moment quatre à six satellites au moins sont visibles depuis tout point de la Terre. Couplé aux cartes numériques, le système GPS permet de se situer. Il n'est pas toujours efficace en ville, et peut être complété par d'autres moyens de localisation comme la détection de bornes Wi-Fi proches. D'autres systèmes plus précis, dont **Galileo**, sont en cours de déploiement.

- La localisation par satellite impose de recevoir 4 mesures, car il y a 4 inconnues : 3 spatiales et 1 temporelle.

- Le calcul d'itinéraire correspond à un algorithme de calcul de plus court chemin, il est utilisé dans d'autres applications qui cherchent à trouver une suite d'étapes pour passer d'un état initial à un état final.

- Une carte numérique n'est pas une image pixelique, mais une image vectorielle ce qui permet de la représenter à n'importe quelle échelle, et d'y représenter toutes sortes d'information

- [Système d'Information Géographique.](#)
- [Système de positionnement par satellite.](#)

## **D- Les données et l'information :**

Les informations des cartes numériques proviennent de nombreuses sources : services géographiques des États, photos prises par des satellites, avions ou voitures, données fournies par les utilisateurs, etc. Ces informations sont de natures diverses : topographiques, géologiques, photographiques, liées aux transports, à l'activité industrielle ou touristique, etc. Des projets collaboratifs comme Open Street Map permettent à chaque utilisateur d'ajouter des informations à une carte en libre accès, qui deviennent alors visibles par tous les utilisateurs.

Un satellite GPS contient des horloges atomiques mesurant le temps à une très grande précision et envoyant régulièrement des messages contenant cette heure. Chaque message se propageant à la vitesse de la lumière, le récepteur peut calculer sa distance au satellite. On peut en déduire sa position en suivant plusieurs satellites, ce que fait automatiquement le récepteur GPS.

Les algorithmes cartographiques concernent principalement l'affichage sélectif d'informations variées et le **calcul d'itinéraires**. L'affichage est paramétré par les informations à montrer, que l'on peut choisir par simples clics. Une difficulté est liée au mélange d'informations de types différents lors des changements d'échelle : les graphismes peuvent être très différents et beaucoup d'informations doivent être supprimées pour les grandes échelles, mais une route doit être représentée avec à peu près la même largeur, quelle que soit l'échelle.

Les récepteurs GPS fournissent la localisation sous une forme normalisée facilement décodable, par exemple selon le **protocole NMEA 0183** (National Marine Electronics Association), ou directement dans les métadonnées EXIF d'une photo. La localisation et les cartes se couplent dans le suivi permanent de la position sur la carte ou sur un itinéraire précalculé.

Les machines utilisées pour la cartographie sont surtout les ordinateurs, tablettes et téléphones classiques équipés d'une application ad hoc. Les récepteurs GPS spécialisés restent importants pour la navigation maritime ou aérienne, mais ceux pour la randonnée pédestre sont en voie de disparition, supplantés par les téléphones.

L'heure fournie par le GPS sert aussi de base pour la synchronisation précise des horloges internes des ordinateurs connectés à internet, ce qui est très important pour tous les échanges d'informations.