



Université Batna 2
Faculté de médecine
Département de médecine

► Première année

Initiation à l'informatique
Médicale



Informatique pour 1ère année médecine - univ BATNA 2 -

2022/2023

I. Introduction

L'informatique médicale est devenue au fil des années une vraie discipline scientifique. Il s'agit d'une matière complexe qui évolue rapidement.

Les développements effectués en informatique médicale reposent sur les méthodes et les outils développés par les informaticiens, même si dans certains cas les problématiques rencontrées en santé sont originales et font progresser les méthodes informatiques. Parmi les grands domaines de l'informatique dont les méthodes sont particulièrement utilisées en informatique médicale, on citera :

- ✎ *Les bases de données et le système d'information en santé*
- ✎ *L'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique*
- ✎ *L'aide au diagnostic médical*
- ✎ *L'interventions médicales augmentées et la robotique*
- ✎ *Les réseaux et l'échange de données médicales*
- ✎ *Le traitement et l'analyse automatique d'images*

II. Définitions

- **L'informatique médicale** : est l'application des techniques issues de l'informatique au domaine médical. L'informatique médicale est une science à part entière ; aux confluent des sciences de l'information et de la médecine, c'est aussi l'une des technologies nécessaires au développement de la médecine, elle consiste à former des spécialistes dans les technologies médicales. Elle permet d'affiner et d'accélérer ou automatiser certains moyens d'investigation médicale et de diagnostic. Elle apporte de nouveaux mécanismes et moyens d'interprétation et de raisonnement médical, d'abstraction et d'élaboration des connaissances, de mémorisation et d'apprentissage.
- **L'informatique** : est un domaine d'activité scientifique, technique, et industriel concernant le traitement automatique de l'information numérique par l'exécution de programmes informatiques par des machines : des systèmes embarqués, des ordinateurs, des robots, etc. Le mot *informatique*

a été proposé par Philippe Dreyfus en 1962 ; c'est un mot-valise, formé d'*information* et d'*automatique*.

- **L'information** : désigne toutes les données qui peuvent être traités automatiquement par l'ordinateur (textes, nombres, images, sons, vidéos,...).
- **Un ordinateur** :
 - Toute machine capable de manipuler des informations binaires peut être qualifiée d'ordinateur.
 - Un ordinateur est une machine complexe (ensemble de circuits électroniques), programmable qui traite automatiquement les informations.
 - L'ordinateur est un appareil très puissant permettant de traiter les informations avec une très grande vitesse, un degré de précision élevée et à la faculté de stocker toutes ces informations.
 - L'ordinateur est une combinaison entre du matériel et des logiciels (programmes). Sans logiciel, un ordinateur est une machine inerte et stupide, qui ne peut rien faire.
- **Un programme** : est un ensemble de directives nommées instructions qui spécifient les opérations élémentaires à exécuter selon la façon dont elles s'enchainent. Ces instructions permettent d'exploiter le matériel afin d'exécuter les différentes tâches pour lesquelles ils sont programmés.
- **Un logiciel (une application)** : est un ensemble de programmes, qui permet à un ordinateur (ou à un système informatique) d'assurer une tâche ou une fonction. Un traitement de texte par exemple est un logiciel qui gère du texte pour afficher à l'écran les caractères saisis au clavier et permet de les imprimer

III. Les composants d'un système informatique

Un système informatique se compose de deux parties :

- **La partie matérielle (Hardware)** : l'ensemble des éléments physiques constituant la machine.
- **la partie logicielle (Software)** : l'ensemble des programmes.

III.1 Partie matérielle (Hardware)

Un ordinateur est en fait un système constitué de nombreux éléments matériels qui fonctionnent ensemble. Il y a des éléments situés à l'intérieur du boîtier (unité centrale) de l'ordinateur aussi bien qu'à l'extérieur (les périphériques). Donc l'ordinateur est composé principalement d'une unité centrale et d'un ensemble de périphériques.

III.1.1 Les périphériques

Un périphérique est un dispositif électronique connecté à un système informatique (ordinateur) qui ajoute à ce dernier des fonctionnalités.

Les périphériques sont classés sous plusieurs types :

- **Les périphériques d'entrée** : servent à fournir des informations (ou données) au système informatique : clavier (frappe de texte), souris (pointage), scanner (numérisation de documents papier), micro, ...etc.
- **Les périphériques de sortie** : servent à faire sortir des informations du système informatique : écran, imprimante, haut-parleur, ...etc.
- **Les périphériques d'entrée-sortie** : qui opèrent dans les deux sens : un lecteur de CD-ROM ou une clé USB, par exemple, permettent de stocker des données (sortie) ainsi de les charger (entrée)
- **Les périphériques de stockage** : qui permettent de stocker et de conserver les informations, par exemple disque dur (interne ou externe), Flash disque, CD.

La plupart des périphériques sont amovibles, c'est-à-dire qu'ils peuvent être déconnectés de l'unité centrale sans empêcher celle-ci de fonctionner.

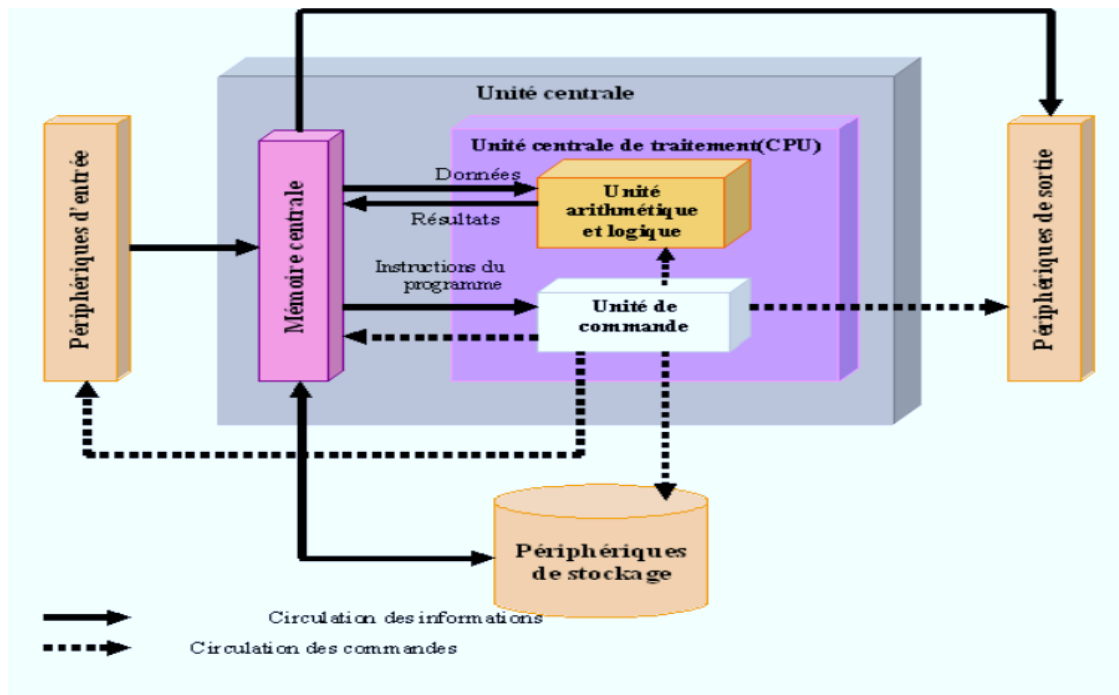


Figure 5 : Fonctionnement général d'un ordinateur

III.1.2 L'unité centrale

C'est l'élément de base d'ordinateur, elle s'occupe du traitement et du stockage de l'information. Elle se compose généralement d'une carte mère sur laquelle on trouve un ensemble des mémoires, le microprocesseur ou CPU (Central Processing Unit) et d'autres composants.

a) Les mémoires :

On appelle mémoire tout composant électronique capable de stocker temporairement des données. On distingue ainsi différentes catégories de mémoires :

- **La mémoire de masse :** (appelée également mémoire physique ou mémoire externe) permettant de stocker des informations à long terme, y compris lors de l'arrêt de l'ordinateur, tels que le disque dur, CD-ROM, DVD-ROM, clé USB.
- **La mémoire morte :** La mémoire morte (en anglais **ROM** = Read Only Memory) est une mémoire en lecture seule, appelée aussi mémoire non volatile,

c'est-à-dire une mémoire qui ne s'efface pas à l'extinction de l'ordinateur. Elle stocke le programme de base pour démarrer et utiliser un ordinateur (le **BIOS** : *Basic Input Output System*).

- **La mémoire vive (Centrale) :** La mémoire vive appelée également mémoire centrale ou RAM (Random Acces Memory) permet de stocker temporairement les données et programmes en cours de traitement. Les données contenues dans la mémoire vive sont perdues lorsque le courant électrique est coupé.
 - La mémoire vive se présente sous la forme de barrettes qu'on insère dans un connecteur de la carte mère et on peut augmenter la taille mémoire en rajoutant des barrettes de RAM.
 - A l'exécution un programme il se charge automatiquement dans la mémoire centrale.
 - *Le temps d'accès* à la mémoire centrale et sa *capacité de stockage* sont deux éléments qui influent sur le temps d'exécution d'un programme (performances d'une machine).

b) L'unité centrale de traitement UCT (le processeur) :

L'unité centrale de traitement ou CPU (Central Processing Unit) (appelée aussi processeur, microprocesseur) est la base de tous les calculs. Le processeur sert à exécuter les programmes, c'est le "cerveau" de l'ordinateur, il est composé de :

- **Une unité arithmétique et logique (UAL)**
 Cette unité réalise les opérations élémentaires (addition, soustraction, multiplication, . . .)
 L'UAL comporte un **registre accumulateur (ACC)** : c'est un registre de travail qui sert à stocker le résultat à la fin d'une opération arithmétique.
- **Une unité de contrôle** (l'unité de commande)
 L'unité de commande consiste à coordonner le travail de toutes les autres unités (UAL, mémoire, . . .) et d'assurer la synchronisation de l'ensemble, elle comporte 2 registres nécessaires :
 - **Un registre instruction (RI) :** contient l'instruction en cours d'exécution.

- *Un registre* qui s'appelle *compteur ordinal (CO)* ou le compteur de programme (*CP*) : contient l'adresse de la prochaine instruction à exécuter.

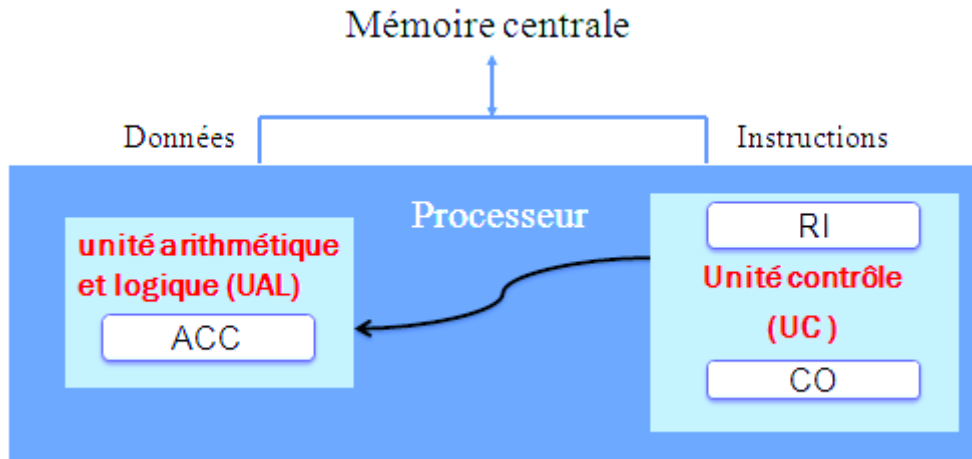


Figure 6 : Fonctionnement d'un processeur

III.1.3 Codage des informations dans l'ordinateur

Nous utilisons le système décimal (base décimale ou base 10) dans nos activités quotidiennes. Ce système est basé sur dix symboles, de 0 à 9. En informatique, outre la base 10, dans un ordinateur tout doit être mis sous forme binaire (2 symboles 0 et 1). Ces 2 symboles qui présentent l'ensemble de l'information est nommé *base binaire*. Donc, quelle que soit la nature des informations traitées par un ordinateur (image, son, texte, vidéo), elles doivent être codées pour qu'elles soient compréhensibles. C'est avec ce codage que fonctionnent les ordinateurs.

- **La transformation entre les bases (décimale, binaire)**
 - Du *décimale* vers *binaire* :

Pour convertir un nombre décimal vers un nombre binaire, il s'agit de faire une suite de divisions euclidiennes par 2. Le résultat sera la juxtaposition des restes.

Exemple : 123 en base 10 (décimale)

$$\begin{array}{r}
 123 \quad | \quad \underline{2} \\
 1 \quad | \quad 61 \quad | \quad \underline{2} \\
 \quad \quad | \quad 1 \quad | \quad 30 \quad | \quad \underline{2} \\
 \quad \quad \quad | \quad \quad \quad | \quad 0 \quad | \quad 15 \quad | \quad \underline{2} \\
 \quad \quad \quad \quad | \quad \quad \quad \quad | \quad \quad \quad | \quad 1 \quad | \quad 7 \quad | \quad \underline{2} \\
 \quad \quad \quad \quad \quad | \quad \quad \quad \quad \quad | \quad \quad \quad \quad \quad | \quad \quad \quad | \quad 1 \quad | \quad 3 \quad | \quad \underline{2} \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad | \quad \quad \quad \quad \quad \quad | \quad \quad \quad \quad \quad \quad | \quad \quad \quad | \quad 1 \quad | \quad 1 \quad | \quad \underline{2} \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad | \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad | \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad | \quad \quad \quad | \quad 1 \quad | \quad 0
 \end{array}
 = 1111011 \text{ en base 2 (binaire)}$$

Donc, $(123)_D = (1111011)_B$

▪ Du binaire vers décimale :

Pour convertir un mot binaire en nombre décimal, il suffit de multiplier la valeur de chaque bit par son poids, puis d'additionner chaque résultat.

Exemple : 1111011 en base 2 (binaire)

<i>poids</i>	6	5	4	3	2	1	0
<i>Bit</i>	1	1	1	1	0	1	1

$$= 2^0 * 1 + 2^1 * 1 + 2^2 * 0 + 2^3 * 1 + 2^4 * 1 + 2^5 * 1 + 2^6 * 1$$

$$= 1*1 + 2*1 + 4*0 + 8*1 + 16*1 + 32*1 + 64*1$$

$$= 123$$

Donc $(1111011)_B = (123)_D$

▪ Les Unités de mesure de la taille mémoire :

Les unités de mesure manipulées pour indiquer la taille d'une mémoire sont :

Bit : un bit est l'élément de base, contient 0 ou 1.

🗑 **Octet** : 1 Octet = 8 bits = 1byte.

🗑 **Kilo-octet (KO)**: 1 kilo-octet (KO) = 1024 octets = 2^{10} octets.

🗑 **Méga-octet (MO)**: 1 Méga-octet (MO) = 1024 KO = 2^{20} octets.

🗑 **Géga-octet (GO)**: 1 Géga-octet (GO) = 1024 MO = 2^{30} octets.

🗑 **Téra-octet (To)**: 1 téra-octet (To) = 1024 Go = 2^{40} octets.

III.2 La partie logicielle (Software) :

La partie logicielle est l'ensemble des programmes de traitement de l'information. Les logiciels disponibles sur un ordinateur peuvent être classés en 2 catégories :

- *Le système d'exploitation*
- *Les applications utilisateurs*

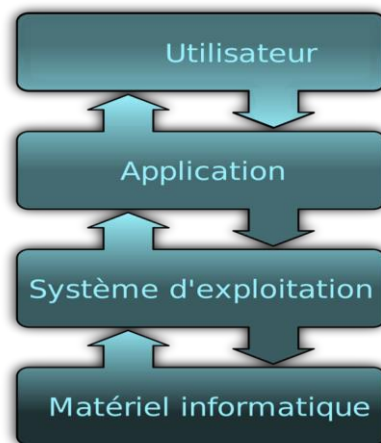


Figure 1 : les parties d'un système informatique

III.2.1 Le système d'exploitation

Le système d'exploitation (programme de base) est le logiciel le plus important ; Il est pratiquement le premier programme qu'on peut trouver dans un ordinateur, il sert à :

- Contrôler le matériel
- fait appel au processeur
- gère la mémoire vive
- Fournir aux autres logiciels l'environnement nécessaire :
- Jouer le rôle d'intermédiaire entre l'utilisateur et l'ordinateur

Il existe plusieurs systèmes d'exploitation, leurs différences se situent essentiellement au niveau du (mode d'exploitation, l'interface utilisateur et le niveau de la sécurité). Voici quelques exemples de systèmes d'exploitation très connus :



- **MS DOS (Microsoft Disque Operating System) :** C'est le premier système d'exploitation, il fonctionne en mode texte (ensemble des commandes), Il ne gère qu'une seule tâche à la fois (mono-tache).
- **WINDOWS :** il a été créé par Microsoft, il est actuellement le plus répandu (Windows 10, Windows 8, Windows 7, Windows Vista ou encore Windows XP). Ce système est vendu sur différentes marques d'ordinateurs (Acer, Asus, Dell, HP, Sony, Toshiba...)
- **Unix :** est un système d'exploitation multitâches et multi-utilisateurs il est développé par le laboratoire Bell, ce système fonctionne sur micro- ordinateur et sur réseau, il offre un niveau de sécurité élevé.
- **Linux :** c'est le nouveau système d'exploitation qui vient de remplacer Unix, il est très utilisé sur réseaux.
- **MacOS :** a été développé par la société Apple. Ce système d'exploitation n'est présent que sur les ordinateurs de la marque Apple (Macintosh).
- **Pour les téléphones :** on trouve Android (chez Google), iOS (chez Apple), Symbian (chez Nokia) et Windows Phone (chez Microsoft)

III.2.2 Les applications utilisateurs

Des applications directement utilisées pour réaliser une tâche, ou un ensemble de tâches élémentaires. Ces applications s'exécutent en utilisant les services du système d'exploitation.

On peut donner ici une classification des logiciels d'application :

- ☞ **Les logiciels de bureautique :** ils regroupent tous les logiciels qui permettent de réaliser des tâches quotidiennes de bureau tels que le traitement de texte, le tableur, logiciel de présentation (ex : Word, Excel, Power Point)

Application médicale :

- Délivrer une ordonnance
- Rédaction d'un rapport médical

☞ **Les logiciels de programmation** : ce sont tous les langages de programmation qui permettent à l'utilisateur d'écrire ses propres programmes, et de gérer les bases de données (ex : Pascal, Delphi, Java, C, C++, Php, ...)

Application médicale :

- Ils sont la base de toutes applications, médicale ou autre

☞ **Les logiciels de messagerie et de l'internet** : ce sont des logiciels capables de faciliter la communication via internet (ex : Microsoft Outlook, Proton mail, Gmail,...)

Application médicale :

- La diffusion des connaissances en santé
- La communication entre Le médecin et le patient et/ou entre professionnels de la santé.

☞ **Les logiciels de gestion de base de données :**

Ils regroupent les logiciels conçus pour gérer un domaine de gestion particulier (pharmacie, hôpital, ...).

Ces logiciels sont créés spécialement pour la manipulation des bases de données. Il sert à effectuer des opérations ordinaires telles que consulter, modifier, construire, organiser, transformer, copier, sauvegarder ou restaurer des bases de données.

(Ex : MySQL, Access, Oracle, NoSQL,...)

Application médicale :

- Gestion des produits pharmaceutiques
- Gestion de laboratoire d'analyses médicales
- Gestion du cabinet médical

👉 Les logiciels de statistique :

Les logiciels de statistique et d'analyse de données sont de nos jours des solutions indispensables pour toutes les entreprises et les plateformes désireuses de mesurer leurs performances. Avec ces logiciels, il est désormais possible d'interpréter avec beaucoup plus de précision de nombreux résultats d'analyse et de collecte de données (Ex : Excel, Stata, Statistix, Ibm Spss statistics, ...)

Application médicale :

- Indispensable pour la bonne mise en œuvre des systèmes de prévention et pour le bon fonctionnement du système de santé
- Épidémiologie
- Biostatistique

👉 Les logiciels d'intelligence artificielle :

L'Intelligence artificielle (IA) fait référence à la branche de l'informatique consacrée à la création de systèmes pour effectuer des tâches qui requièrent habituellement l'intelligence humaine. Les applications sont encore à un stade précoce de la médecine, mais le potentiel est énorme, et ce, dans divers domaines.

Application médicale :

- Aide au diagnostic
- Applications du ML (machine learning) pour la prédiction des maladies et la chirurgie robotique
- La chirurgie assistée par ordinateur
- Des robots médicaux
- La médecine prédictive
- Une anticipation d'une épidémie
- Un triage des patients
- Le développement de nouveaux traitements

➔ La robotique médicale

La robotique médicale englobe les appareils techniques et les machines utilisés dans le domaine médical qui accomplissent des tâches mécaniques.

Exemple d'un robot médical :

Le robot *Da Vinci* est un robot médical, et plus précisément une machine dirigée par un chirurgien pour réaliser des opérations, principalement au niveau de l'abdomen. Il est vendu par l'entreprise américaine *Intuitive Surgical*. En avril 2011, elle indiquait



que 1 750 exemplaires étaient en service dans le monde.

Avantages du robot :

- Plus de confort pour le chirurgien à l'intérieur de l'organe avec une excellente visibilité 3D
- La précision
- les petites incisions, moins de douleur, accélération de temps de guérison
- la diminution de la perte de sang

👉 **Les logiciels de simulation** : La simulation numérique est l'un des outils permettant de simuler des phénomènes réels sur un pc (monde virtuelle). Il consiste à acquérir une expérience et des connaissances sans risque. Il existe des outils dédiés pour la simulation.

Application médicale :

- Les logiciels simulent en temps réel les interactions entre un patient virtuel et l'utilisateur
- Des véritables "simulateurs" pour chirurgiens, pour que les internes et les jeunes médecins réalisent leurs premiers gestes chirurgicaux sans risque.
- Les salles de simulation médicale sont obligatoires dans les départements de médecine des universités développées.



- ☞ **Les logiciels de surveillance (monitorage) :** Permettent la gestion informatisée des données recueillies par les appareils connectés à distance en utilisant les *TIC* (Technologie d'Information et de Communication), ils permettent la surveillance des signes vitaux (Ex : Patient Care viewer,...)
- ☞ **Les logiciel de traitement d'image :** Permettant de manipuler et de traiter des formes, dessins, vecteurs ou images sur un ordinateur (Ex : Paint.net, Photoshop, Gimp, Osirix : pour l'image médicale,...)

Application médicale :

→ **L'imagerie médicale :**

Une discipline à visée tant diagnostique que thérapeutique, elle regroupe les moyens d'acquisition et de restitution d'images du corps humain à partir de différents phénomènes physiques :

- l'absorption des rayons X (La radiographie et scanner)
- la résonance magnétique (IRM)
- la réflexion d'ondes ultrasons (L'échographie)
- la radioactivité (scintigraphie)

→ **Numérisation et traitement d'images médicales :**

Les progrès réalisés en technologie informatique ont permis de résoudre en partie les difficultés de lecture en traduisant l'information contenue dans l'image sous la forme d'une image 3D ou 4D (c'est-à-dire 3D + le temps)

Le traitement et l'analyse informatisés constituent d'importantes aides au diagnostic médical pour les différentes modalités d'imagerie.

→ **Norme de transmission des images médicale :**

La transmission des fichiers numériques médicale dans un réseau de soin nécessite un environnement garantissant : *Compatibilité, Confidentialité et Intégrité*

DICOM: Digital Imaging and Communication in Medicine: C'est un document qui définit une méthode de communication des images numériques médicales. Cette norme est utilisée par la plupart des fabricants de matériel pour standardiser l'accès aux résultats, elle permet aussi la transmission d'informations textuelles concernant le patient, ces fichiers ne peuvent être lus et modifiés que par des logiciels spécialisés.

III.2.3 L'E-santé et ses dispositifs technologiques

Le numérique influence fortement le domaine de la santé, bouleversant dès à présent la recherche médicale tout autant que l'organisation des soins. L'e-santé (ou santé numérique) fait référence à « l'application des technologies de l'information et de la communication (TIC) à l'ensemble des activités en rapport avec la santé ».

La santé numérique intègre plusieurs grands sous domaines :

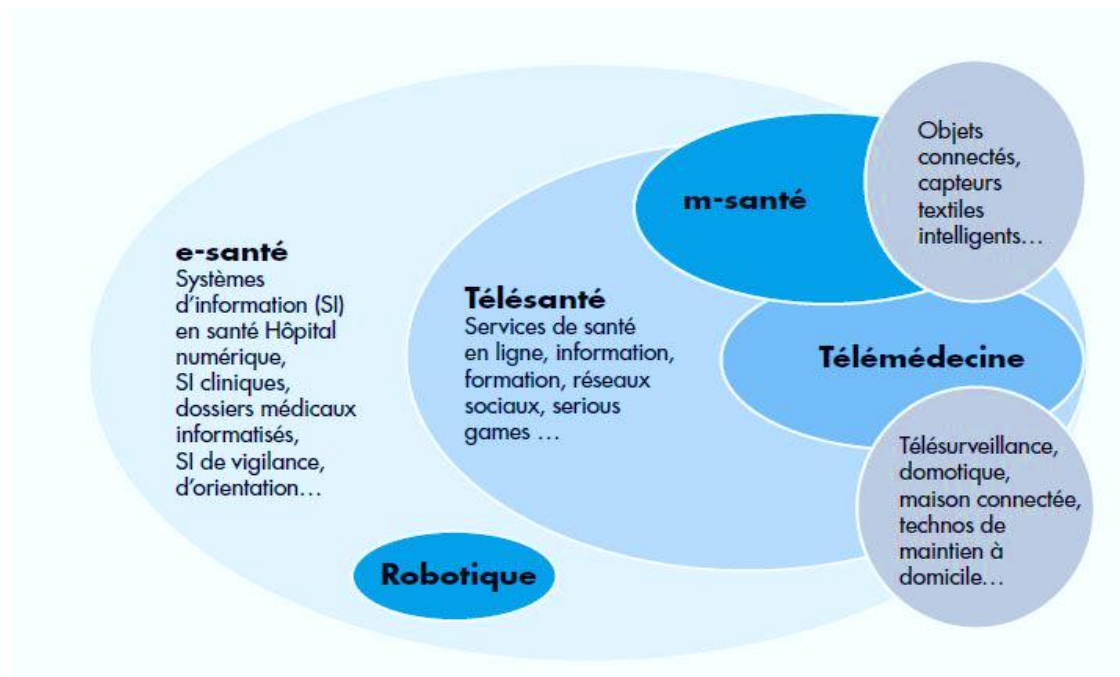


Figure 2 : La santé numérique

- **Les systèmes d'information en santé** : permettant une meilleure coordination des soins au sein d'un établissement de santé (Systèmes d'information Hospitalier ou SIH, Dossier Patient Informatisé ou DPI, etc.) ou d'un territoire de soins (Systèmes d'Information partagé de santé).
- **La télésanté** : intégrant des services de suivi et de prévention des individus dans un objectif principal de bien être (objets connectés, applications mobiles d'auto-mesure, plateforme web, ...)

- **La m-santé (mobile santé)** : qui comprend les applications numériques pour smartphones et tablettes, objets connectés et capteurs (pilulier connecté, tensiomètre, oxymètre, ...)
- **La télémédecine** : offrant des possibilités de soins à distance et regroupant 5 catégories d'actes médicaux : la téléconsultation, la télé-expertise, la télésurveillance et la téléassistance
 - ✎ **Téléconsultation** : Consultation médicale à distance entre un médecin et un patient.
 - ✎ **Télé-expertise** : Aide à la décision médicale apportée à un médecin par un médecin situé à distance, doté de compétences particulières.
 - ✎ **Télésurveillance** : Acte médical permettant de surveiller à distance l'état de santé d'un patient.
 - ✎ **Téléassistance** : Possibilité offerte à un médecin d'assister à distance un autre médecin au cours de la réalisation d'un acte.



Figure 3 : les applications de la télémédecine

👉 Les objets médicaux connectés :

Des capteurs et des appareils connectés installés (tensiomètre, électrocardiogramme, balance etc.) pour collecter et enregistrer les données ; ces données sont transférées au personnel médical concerné.



Figure 4 : Quelques objets connectés

👉 La technologie sans fil est désormais répandue sur la grande majorité de ces appareils électroniques :

- Le Wifi (WIrless Fidelity) couvre une plage de (100 m)
- Le Bluetooth couvre une plage de (100 m)
- La NFC (Near Field) couvre une plage de (10 Cm)
- La RFID (Radio Frequency Identification) couvre une plage de (3 m)