

# L'ingénierie biomédicale dans la thérapie des maladies humaines par un biocapteur

Le génie biomédical a acquis différents noms, dont celui de bio-ingénierie, génie biologique et génie clinique ou génie médical. Le terme de génie biomédical est considéré comme le nom général de tous les autres termes. Les domaines liés au génie biomédical avec l'ADN et la production d'un nouveau micro-organisme pour le bien de l'humanité qui demande des procédures et des dispositifs thérapeutiques et de réadaptation (ingénierie de la réadaptation), des dispositifs pour le remplacement ou l'augmentation des fonctions corporelles (organes artificiels), l'analyse informatique des données relatives aux patients et la prise de décision clinique (par exemple, l'informatique médicale et l'intelligence artificielle), l'informatique médicale et l'intelligence artificielle), l'imagerie médicale, la représentation graphique de détails anatomiques ou de fonctions physiologiques et la recherche de nouveaux matériaux pour les organes artificiels implantés.



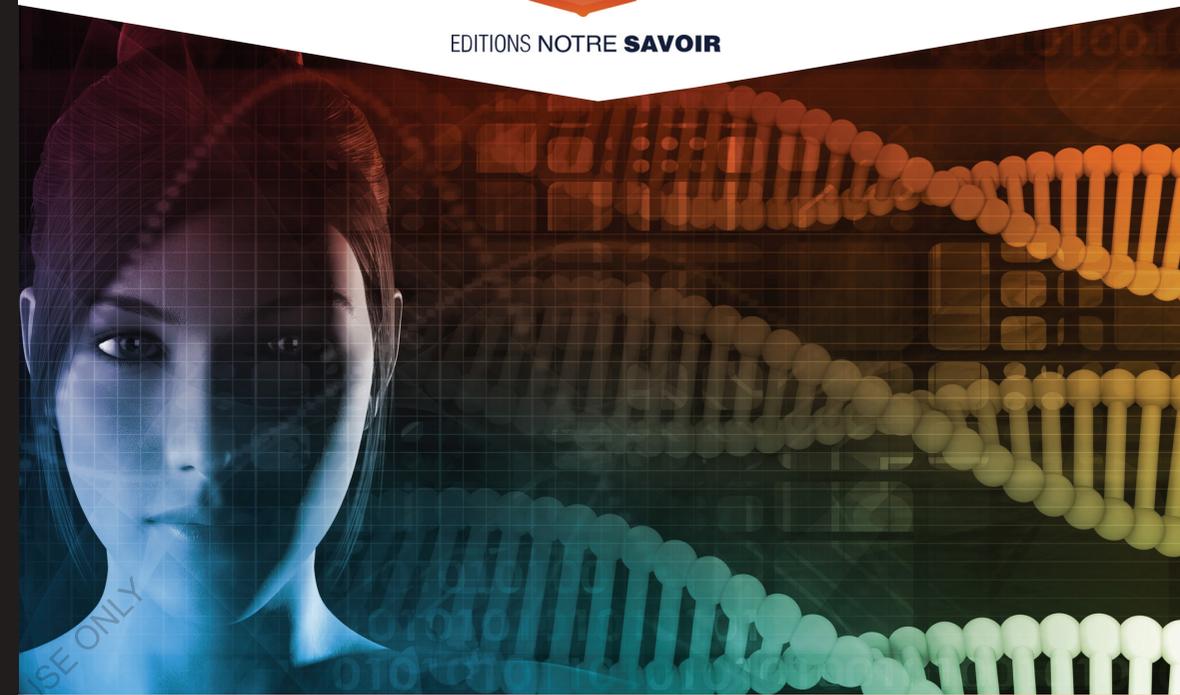
Chercheur Dr. Nebras Rada Mohammed Ph.D en biotechnologie avec une microbiologie, génie génétique, génétique moléculaire et génie protéique, elle est chercheuse, créatrice, inventrice et auteur, rédactrice en chef du Journal of Articles and Inventions in the American Goidi Journal, elle enseigne, en tant que maître de conférences au Collège universitaire.



EDITIONS NOTRE **SAVOIR**



EDITIONS NOTRE **SAVOIR**



## L'ingénierie biomédicale dans la thérapie des maladies humaines par un biocapteur

*Thérapie par génie génétique en génie biomédical par différents biocapteurs*

---

**Nebras Rada Mohammed**

**Nebras Rada Mohammed**

**L'ingénierie biomédicale dans la thérapie des maladies humaines  
par un biocapteur**

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

**Nebras Rada Mohammed**

# **L'ingénierie biomédicale dans la thérapie des maladies humaines par un biocapteur**

**Thérapie par génie génétique en génie  
biomédical par différents biocapteurs**

FOR AUTHOR USE ONLY

**ScienciaScripts**

**Imprint**

Any brand names and product names mentioned in this book are subject to trademark, brand or patent protection and are trademarks or registered trademarks of their respective holders. The use of brand names, product names, common names, trade names, product descriptions etc. even without a particular marking in this work is in no way to be construed to mean that such names may be regarded as unrestricted in respect of trademark and brand protection legislation and could thus be used by anyone.

Cover image: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com)

This book is a translation from the original published under ISBN 978-620-5-49538-4.

Publisher:

Scientia Scripts

is a trademark of

Dodo Books Indian Ocean Ltd. and OmniScriptum S.R.L Publishing group

Str. Armeneasca 28/1, office 1, Chisinau-2012, Republic of Moldova, Europe

Printed at: see last page

**ISBN: 978-620-5-20043-8**

Copyright © Nebras Rada Mohammed

Copyright © 2022 Dodo Books Indian Ocean Ltd. and OmniScriptum S.R.L  
Publishing group

FOR AUTHOR USE ONLY

**L'ingénierie biomédicale dans  
la thérapie des maladies  
humaines par un biocapteur**

**Thérapie par génie génétique en  
génie biomédical par différents  
biocapteurs**

**Nebras Rada Mohammed**

**Collège universitaire Al-Turath**

**Département d'ingénierie biomédicale**

**E. Mail : nebrasrada5@gmail.com**



## **Remerciements à propos de l'auteur**

Chercheur Dr. Nebras Rada Mohammed Ph.D en biotechnologie avec une microbiologie, génie génétique, génétique moléculaire et génie protéique, elle est chercheuse, créatrice, inventrice et auteur, rédactrice en chef du Journal of Articles and Inventions in the American Goidi Journal, elle enseigne, en tant que maître de conférences au Collège universitaire du collège universitaire Al-Turath, elle a une licence en microbiologie et une maîtrise en biologie moléculaire en microbiologie de l'Université Al-Mustansiriya, un arbitre, un résident

international et un consultant. Dans les laboratoires médicaux, elle a été experte en laboratoires médicaux et titulaire du titre d'un projet scientifique, arbitre, éditrice distinguée, elle a obtenu un soutien d'argent des plates-formes scientifiques, un président d'un comité dans une société scientifique, recevant des accolades de la propriété intellectuelle internationale, le prix de la meilleure femme arabe 2020, également le prix de la meilleure personnalité de la communauté, le prix de la meilleure recherche 2019. Elle a également obtenu le Best Research Award 2020 et un American Award For the invention of 2020 par le Goidi américain la World Investment Commission in America, elle détient le titre du meilleur inventeur distingué au niveau mondial par la World Investment Commission in America et détient

les premières places pour les inventions présentées  
dans le monde.

FOR AUTHOR USE ONLY

## Table des matières

### Chapitre 1

Introduction au génie biomédical .....6

### Chapitre 2

Introduction au génie biomédical avec les biocapteurs .....28

FOR AUTHOR USE ONLY

# Chapitre 1

## Introduction au génie biomédical

### 1-Génie biomédical

Une grande partie du développement de la médecine que nous connaissons aujourd'hui est due à l'amélioration du domaine de l'ingénierie qui a permis de résoudre presque tous les problèmes rencontrés par les médecins et d'améliorer les capacités de diagnostic. Nous pouvons constater qu'il existe toute une gamme d'appareils de diagnostic et de traitement, allant de petits appareils à des appareils plus grands et plus complexes.

C'est ainsi qu'est née une nouvelle branche de l'ingénierie, le système de santé américain ayant défini l'ingénierie biomédicale comme suit : cette profession d'ingénieur comprend l'application des concepts, des connaissances et des approches de

toutes les autres branches de l'ingénierie (comme l'électricité, la mécanique, la chimie, etc.) pour résoudre les problèmes liés aux soins de santé. Ainsi, nous pouvons dire que le génie biomédical est l'interaction entre deux professions majeures, l'ingénierie et la médecine. De la même manière, le génie biomédical a acquis différents noms au cours de son parcours, où en plus du génie biomédical, il y a aussi le génie biologique, le génie clinique ou le génie médical. Pourtant, le terme "génie biomédical" est considéré comme le nom général de tous les autres termes. La bio-ingénierie, par exemple, est davantage liée à la biotechnologie et au génie génétique, qui incluent des recherches visant à modifier les cellules.



**Figure 1.** Les domaines liés au génie biomédical. ADN et produire un nouveau micro-organisme pour le bien de l'humanité.

**En général, l'ingénieur biomédical est préoccupé par les points suivants :**

1. Application de l'analyse des systèmes d'ingénierie (modélisation, simulation et contrôle physiologiques aux problèmes biologiques).
2. Détection, mesure et surveillance des signaux physiologiques (c'est-à-dire biocapteurs et instrumentation biomédicale).
3. Procédures et dispositifs thérapeutiques et de réadaptation (ingénierie de la réadaptation).
4. Dispositifs de remplacement ou d'augmentation des fonctions corporelles (organes artificiels).

5. Analyse informatique des données relatives aux patients et prise de décision clinique (c'est-à-dire informatique médicale et intelligence artificielle).
6. Imagerie médicale, la représentation graphique de détails anatomiques ou de fonctions physiologiques.
7. Recherche de nouveaux matériaux pour les organes artificiels implantés.
8. Développement de nouveaux instruments de diagnostic pour l'analyse du sang.
9. Rédaction de logiciels pour l'analyse des données de la recherche médicale.
10. Analyse des risques liés aux dispositifs médicaux pour la sécurité et l'efficacité.

11. Développement de nouveaux systèmes d'imagerie diagnostique.

12. Conception de systèmes de télémétrie pour le suivi des patients.

13. Conception de capteurs biomédicaux afin d'améliorer les systèmes de surveillance des patients pour le diagnostic et le traitement des maladies.

L'ingénieur biomédical, quant à lui, est capable d'utiliser une variété de connaissances scientifiques issues de différents domaines comme les sciences électriques, chimiques, optiques, mécaniques, neurologiques et physiologiques pour étudier, modifier, simuler et contrôler les systèmes biologiques (humains et animaux), comme le montre la figure (1). L'ingénierie biomédicale s'est développée au fil du

temps, pour s'intéresser principalement à l'amélioration et à la conception de dispositifs médicaux, pour s'étendre à un plus grand nombre de responsabilités ou de branches.

## **2. Rôles joués par le BME ou les branches du BME :**

Le domaine du génie biomédical peut être divisé, selon l'approche que vous adopterez pour votre futur emploi, en trois branches :

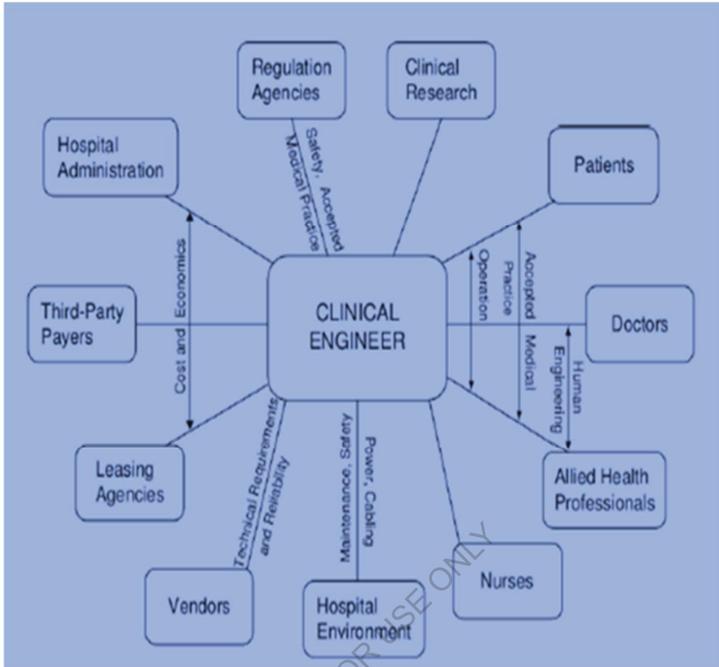
### **2.1 Ingénierie clinique :**

Ce terme fait normalement référence aux ingénieurs biomédicaux qui travaillent dans les hôpitaux et les cliniques, ils ont de nombreuses tâches et responsabilités : (voir figure (2))

1. Choisir la technologie appropriée pour satisfaire une exigence spécifique.

2. Installation et maintenance des dispositifs disponibles.
3. Superviser et donner une formation spécialisée aux médecins et aux utilisateurs de ces technologies médicales.
4. Veiller à la sécurité des patients et des utilisateurs et s'efforcer d'améliorer la conception de ces technologies grâce à l'expérience acquise au cours de leur travail.

Aujourd'hui, les ingénieurs cliniciens ne travaillent pas seulement à la vérification et à la maintenance des dispositifs médicaux, mais aussi en tant qu'ingénieurs de soutien lors d'opérations spéciales, comme le cathétérisme, où il y a toujours un risque de choc direct au cœur.



**Figure 2.** Les responsabilités des ingénieurs cliniques. du patient par le biais du cathéter. L'ingénieur clinique peut donc être considéré comme un résolveur de problèmes, puisqu'il peut résoudre les problèmes rencontrés par les médecins et les autres professions médicales de l'hôpital, grâce à son expertise en ingénierie. C'est pourquoi il doit bien connaître les sciences médicales et les sciences de la vie, afin qu'un

langage commun puisse être établi entre lui et les autres personnes liées à la médecine dans l'hôpital. Par conséquent, l'ingénieur clinicien doit tout savoir sur les ressources et les capacités de son poste de travail (hôpital ou clinique), connaître toutes les mises à jour dans son domaine et suivre les nouvelles technologies émergentes afin d'être en mesure de faire son travail efficacement.

## **2.2 Ingénieur BM en tant qu'ingénieur industriel**

:

Également appelé ingénieur concepteur. Étant donné l'énorme développement qui se produit dans le domaine des dispositifs médicaux et des technologies, les personnes liées à la médecine ne peuvent pas trouver, créer ou même améliorer une technologie déjà existante. C'est là qu'intervient le rôle de l'ingénieur concepteur, ou de l'ingénieur BM qui travaille dans les entreprises de

dispositifs médicaux. Il utilisera ses connaissances en ingénierie pour produire une nouvelle solution au problème actuel. Que ni les médecins ni les ingénieurs cliniques ne peuvent résoudre en utilisant les ressources disponibles dans l'hôpital. Ainsi, l'ingénieur industriel doit avoir une grande expertise en ingénierie et acquérir une petite quantité de connaissances médicales afin d'accomplir parfaitement son travail. Un autre obstacle à l'approche du processus industriel est l'obtention de l'approbation de l'utilisation de la nouvelle technologie présentée à la communauté médicale, qui a normalement beaucoup d'inquiétudes quant aux nouvelles technologies et à la sécurité de leur utilisation par les patients et le reste du personnel hospitalier.

### **2.3 Ingénieur scientifique :**

La troisième partie des ingénieurs biomédicaux est l'ingénieur scientifique. L'ingénieur scientifique travaille normalement dans des endroits comme les universités, les instituts de recherche scientifique et les laboratoires de développement des entreprises. Ils s'efforcent d'utiliser les concepts et les théories de l'ingénierie pour explorer et comprendre les processus biologiques de toutes sortes de créatures. Ils essaient également de simuler des organes spécifiques ou des fonctions spécifiques du corps humain, comme la simulation du système cardiovasculaire des humains. Le système cardiovasculaire se compose du cœur, des vaisseaux sanguins et du sang lui-même. La simulation du système cardiovasculaire nécessite d'impliquer des équations mathématiques pour imiter la fonctionnalité du cœur, des vaisseaux sanguins en tant que tuyaux, et du sang en tant que liquide ayant ses propres propriétés et viscosité.

L'obtention d'un tel modèle nous aidera à comprendre la fonctionnalité d'une manière bien meilleure, en surveillant l'occurrence d'opérations spéciales à l'intérieur de l'organe que nous ne pouvons pas surveiller d'une manière normale. L'existence d'un modèle nous aidera également à développer des processus événementiels, puisque nous pourrons facilement appliquer de nouvelles théories et idées sur le modèle disponible au lieu de les appliquer directement sur les patients, et étudier les changements qui se produiront sur le modèle. Les scientifiques biomédicaux doivent donc travailler dans des environnements liés à la biologie pour garantir l'applicabilité de leurs théories et invasions aux patients, car il ne suffit pas de faire une inversion physiquement et mathématiquement vraie, sans prendre en considération la partie biologique et même psychologique, ce qui pose un problème qui peut conduire à la rejeter totalement.

### **3. Champ de recherche en génie biomédical**

L'ingénierie biomédicale est un domaine en développement constant, car nous pouvons toujours inclure les nouvelles technologies apparues dans les domaines de l'ingénierie, et les modifier pour les rendre applicables dans les domaines liés à la médecine pour le bénéfice d'un plus grand nombre de patients. Parmi les domaines de recherche modernes, citons :

#### **3.1 Prothèse :**

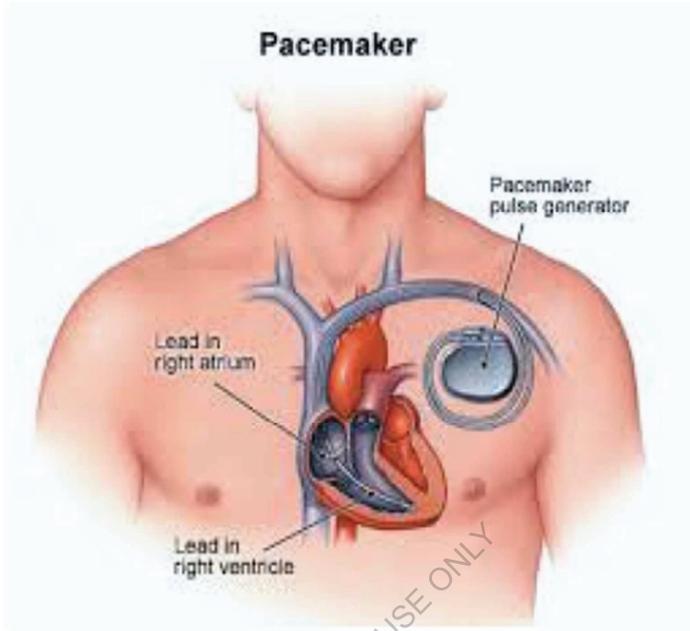
L'une des branches les plus connues de l'ingénierie bio-médicale est la prothèse, c'est-à-dire tout dispositif artificiel ou pièce appliquée au corps humain en remplacement d'une partie neurologique ou musculo-squelettique manquante, afin d'aider le corps à retrouver la capacité de fonctionner normalement. La prothèse est divisée en deux branches, l'orthopédie ou interne, et la prothèse externe. Voir figures (3, 4) Normalement, elles

sont alimentées par une source interne, comme une source myo-électrique, ou par une source externe.

### **3.2 Prothèse neuronale :**

Considérée comme une nouvelle branche du génie biomédical, elle comprend les applications suivantes :

- Interface cerveau-ordinateur : une interface cerveau-ordinateur est un système qui mesure l'activité du SNC et la convertit en une sortie artificielle qui remplace, restaure, renforce, complète ou améliore la sortie naturelle du SNC et modifie ainsi les interactions en cours entre le SNC et son environnement externe ou interne.



**Figure 3.** Le stimulateur cardiaque est une prothèse orthopédique, utilisée pour réguler le rythme cardiaque.

- Stimulation neurale ; La stimulation neurale, également connue sous le nom de stimulation de la moelle épinière (SCS), est un traitement avancé de certains types de douleurs chroniques. La SCS est en fait l'une des nombreuses thérapies médicales faisant partie d'une vaste catégorie de dispositifs

médicaux appelés neurostimulateurs. Un petit dispositif implanté - appelé générateur ou récepteur d'impulsions - permet de générer des impulsions électriques de faible intensité pour stimuler des nerfs ciblés le long de la moelle épinière. La stimulation interfère avec la transmission des signaux de douleur au cerveau. En cas de succès, les sensations douloureuses sont remplacées par ce que certains patients décrivent comme une sensation plus agréable, appelée paresthésie.

- Les neurosciences théoriques et computationnelles ; sont l'étude du fonctionnement du cerveau en termes de propriétés de traitement de l'information des structures qui composent le système nerveux. Les neurosciences computationnelles utilisent des outils théoriques pour expliquer, prédire ou interpréter des données expérimentales et les

mécanismes complexes qui les sous-tendent. Elles mettent l'accent sur la description de neurones (et de systèmes neuronaux) fonctionnels et biologiquement réalistes, ainsi que sur leur physiologie et leur dynamique.

- Circuits neuronaux ; (artificiels et biologiques).

Les neurones ne fonctionnent jamais de manière isolée, ils sont organisés en ensembles ou circuits qui traitent des types d'informations spécifiques, la disposition structurelle des neurones et leurs interactions entre eux est appelée circuit neuronal.

Les circuits neuronaux sont des entités à la fois anatomiques et fonctionnelles, ils accomplissent normalement une seule tâche, comme la formation d'une boucle de rétroaction négative opposée au multitâche. Les scientifiques et les chercheurs ont essayé d'imiter les circuits neuronaux avec des circuits

électroniques réels, ce qui contribuera au développement de domaines tels que l'intelligence artificielle (IA) et autres.





**Figure 4.** La prothèse externe, ici nous voyons une jambe artificielle utilisée pour aider les personnes amputées à marcher et à vivre leur vie normalement à nouveau. L'image du haut présente la version ancienne (la version passive), tandis que celle du bas est la version moderne, elle est équipée d'un microcontrôleur pour améliorer le mouvement de l'articulation. Les prothèses externes peuvent être remplacées par des prothèses électroniques réelles, ce qui contribuera au

développement de domaines tels que l'intelligence artificielle (IA) et autres.

### **Pour être un bon ingénieur biomédical :**

Ce que l'on attend de vous en tant qu'étudiant pour devenir un bon ingénieur biomédical. Le domaine de l'ingénierie biomédicale est fortement basé sur l'ingénierie (y compris toutes ses branches) et sur d'autres connaissances liées à la médecine, comme les sciences de la vie et les sciences médicales (y compris des sujets comme l'anatomie et la physiologie du corps humain). Cela nous permettra de comprendre parfaitement ce qui se passe à l'intérieur de notre corps et comment y faire face du point de vue de l'ingénierie et de le présenter sous une forme facile et compréhensible. Il faut garder à l'esprit que personne ne peut être un expert total dans tous les domaines du génie biomédical.

## Références

- Introduction au génie biomédical, John Enderle, Joseph Bronzino, troisième édition.
- [http://www.pauldurso.com/neural\\_stimulation.htm](http://www.pauldurso.com/neural_stimulation.htm).
- <http://www.cnsorg.org/computational-neuroscience>.
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11154/>.
- <http://compneuro.washington.edu/about/> what-is-compneuro/.
- <https://psychologydictionary.org/neural-circuit/>.
- Neural Engineering, Bin He, deuxième édition.

## **Chapitre 2**

# **Introduction au génie biomédical avec les biocapteurs**

### **1- Que sont les capteurs et les transducteurs ?**

**Transducteur** : un dispositif qui convertit l'énergie d'une forme à une autre.

FOR AUTHOR USE ONLY

# Classification of Transducers

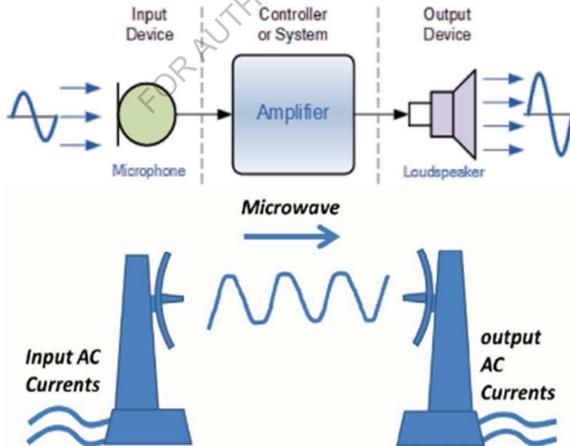
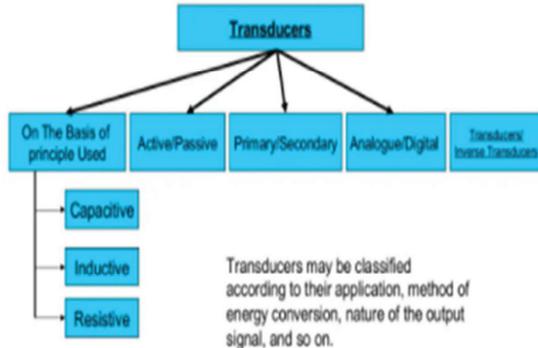
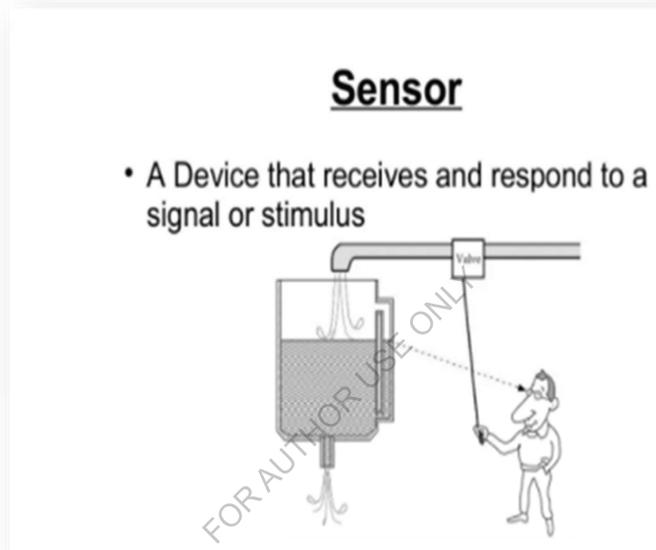


Figure 1 : Transducteurs normaux.

**Capteur** : Un dispositif qui reçoit et répond à un signal ou un stimulus qui convertit un paramètre physique en une sortie électrique.



## 2- Les types de capteurs :

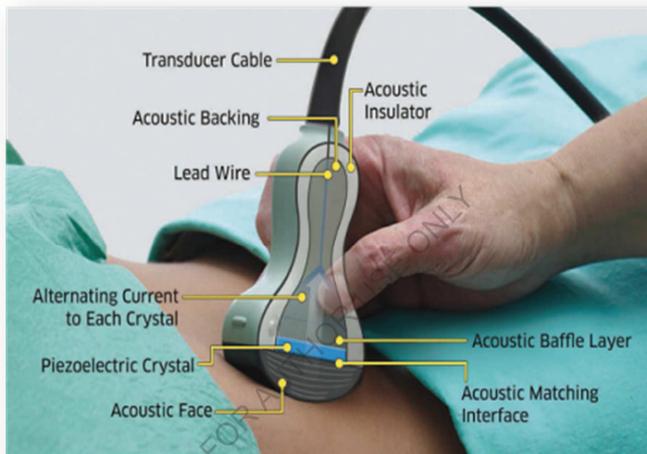
Les capteurs peuvent être classés en deux types, en fonction de la manière dont ils obtiennent leur énergie de travail.

**1-Les capteurs actifs** génèrent une sortie électrique directement en réponse à une stimulation appliquée ou mesurée. Un capteur actif n'a pas besoin d'une source de tension externe pour produire une sortie électrique. **Exemple :** Cellule solaire, matériau piézoélectrique, thermocouple, etc.

**2-Les capteurs passifs** produisent un changement dans une certaine quantité électrique passive telle que la capacité, la résistance ou l'inductance, en réponse à un stimulus appliqué ou mesuré. Par conséquent, un capteur passif nécessite une source externe de tension alternative ou continue afin de convertir une quantité

électrique passive telle que la capacité, la résistance ou l'inductance en une sortie électrique.

**Exemple :** Photodiode, thermistance, jauge de contrainte, etc.

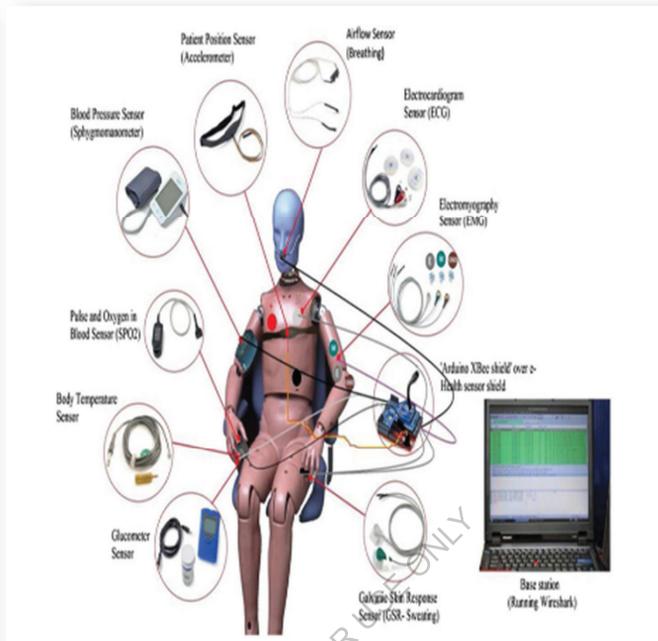


**Figure 2 : Transducteur à usage médical, transducteur à ultrasons.**

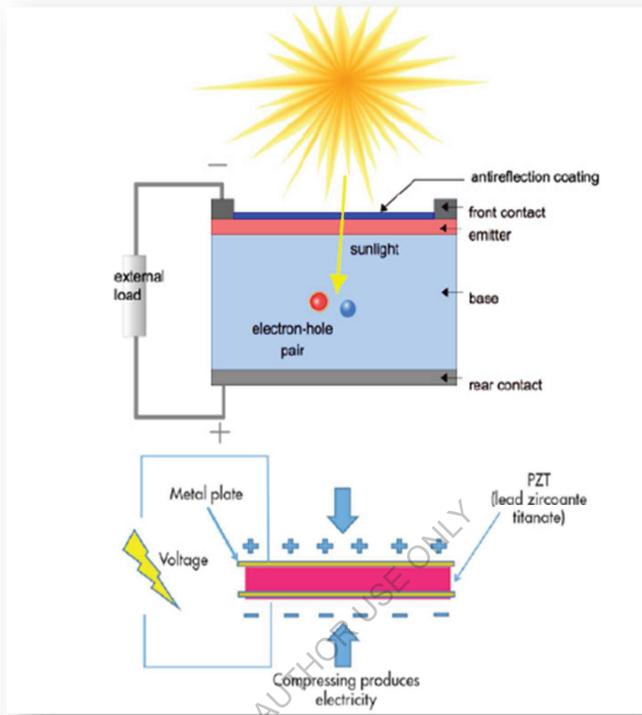


**Figure 3 : Capteurs normaux.**

FOR AUTHOR USE ONLY

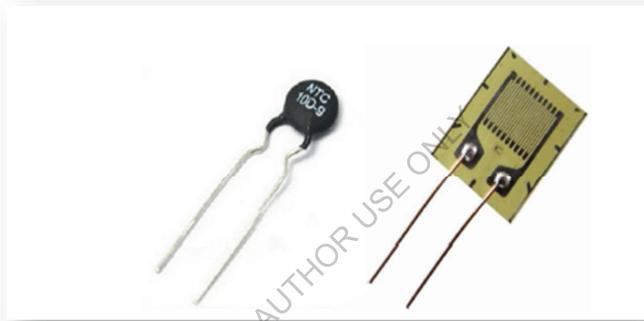


**Figure 4 : Capteurs médicaux.**



**Figure 5 :** Exemples de capteurs actifs. L'image du haut représente la cellule solaire, un dispositif électrique qui convertit directement l'énergie de la lumière en électricité par l'effet photovoltaïque, un phénomène physique et chimique. Un capteur piézoélectrique, image du bas, est un dispositif qui

utilise l'effet piézoélectrique pour mesurer les changements de pression, d'accélération, de température, de déformation ou de force en les convertissant en une charge électrique. Le préfixe (piezo) signifie en grec "presser" ou "serrer".



**Figure 6 :** Exemples de capteurs actifs. Une thermistance, l'image du haut, est un type de résistance. Dont la résistance dépend de la température, plus que pour les résistances standard. Le mot est un portmanteau de thermique et de résistance. Les thermistances sont largement utilisées

comme limiteur de courant d'appel, capteurs de température. Une jauge de contrainte (parfois appelée jauge d'extensométrie) est un capteur dont la résistance varie en fonction de la force appliquée. Elle convertit la force, la pression, la tension, le poids et autres, en un changement de résistance électrique qui peut ensuite être mesuré. Lorsque des forces externes sont appliquées à un objet stationnaire, il en résulte une contrainte et une déformation. La contrainte est définie comme les forces de résistance internes de l'objet et la déformation est définie comme le déplacement et la déformation qui se produisent.

**Tableau (1) : Type de capteur, élément sensible et exemple.**

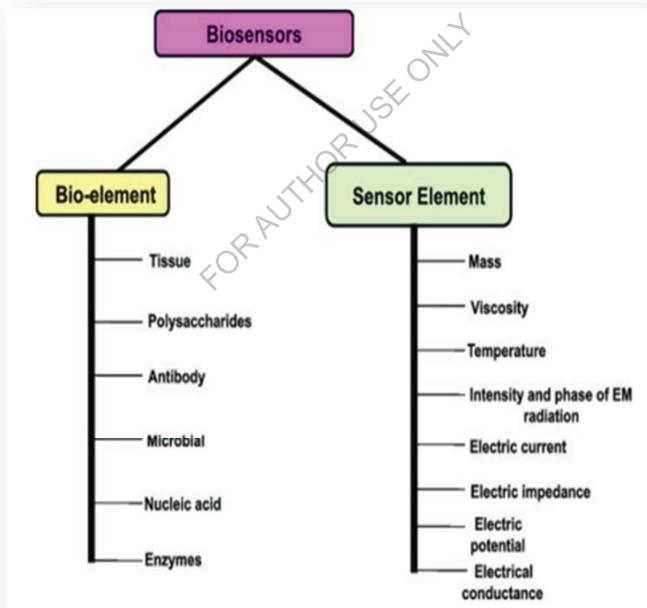
Sensor type	Sensing element	Example
Thermal	Thermocouple, thermistor	Electronic thermometer
Mechanical	Strain gauge, piezoelectric sensor	Pressure transducer
Electrical	Electrode	Electrocardiograph (ECG), electroencephalograph (EEG)
Chemical	Electrode	pH meter
Optical	Photodiode, photomultiplier	Pulse oximeter

Input	Instrument	Sensor	Output	Range*
Temperature	Oral digital thermometer	Thermistor	Temperature display	32–40°C
Blood pressure	Digital sphygmomanometer	Stethoscope or strain gauge	Pressure	0–400 mmHg
Blood oxygen	Pulse oximeter	Photodiode	Percent oxygen saturation	0–100% Sp <sub>o2</sub>
<b>Biopotentials</b>				
Cardiac biopotentials	Electrocardiograph (ECG)	Skin electrodes	Electrocardiogram	0.5–5 mV
Neural biopotentials	Electroencephalograph (EEG)	Scalp electrodes	Electroencephalogram	5–300 mV
Retinal biopotentials	Electroretinograph (ERG)	Contact lens electrodes	Electroretinogram	0–900 mV
Muscle biopotential	Electromyograph (EMG)	Needle electrodes	Electromyogram	0.1–5 mV

\* Information on the range of measured values from Webster JG. *Bioinstrumentation*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2003.

**Un biocapteur** : est un dispositif analytique utilisé pour la détection d'une substance chimique qui combine un élément biologique avec un détecteur physico-chimique, l'élément biologique sensible comprend par exemple des tissus, des micro-organismes, des organelles, des cellules, des récepteurs, des enzymes, des anticorps et des acides nucléiques.



## Applications des biocapteurs en médecine

1- Les biocapteurs sont utilisés pour la détection du cancer et des maladies et sont les contributeurs potentiels et les outils les plus prometteurs pour le traitement du cancer en raison de leur sensibilité, de leur fiabilité et de leur faible coût. Les biocapteurs peuvent être utilisés pour la détection précoce du cancer, des maladies cardiaques, du diabète et de nombreuses maladies infectieuses.

2- Les biomarqueurs protéiques, les profils protéiques, les modifications post-traductionnelles et les changements d'expression génétique sont quelques-unes des notations moléculaires importantes qui ont ouvert une nouvelle voie pour le

développement de biomarqueurs et de biocapteurs.

3- Les différents types de biocapteurs sont le biocapteur d'affinité, le biocapteur ampérométrique, le biocapteur catalytique, le biocapteur d'ADN, le biocapteur électrochimique, le biocapteur à base de graphène, le biocapteur de changement de masse, le biocapteur de métabolisme, le biocapteur microbien, le biocapteur miRNA, le biocapteur optique et bien d'autres encore.

4- Les biocapteurs fonctionnent sur la base de la reconnaissance d'éléments, de la transduction du signal et de sa réponse biologique.

5- Smart Biosensors in Medical Care aborde les caractéristiques des biocapteurs et leurs applications potentielles dans le domaine des soins de santé.

6- Diagnostic des infections microbiennes, Les systèmes BoC se sont également révélés très efficaces pour détecter les infections liées aux microorganismes, notamment les infections bactériennes, virales et parasitaires. Dans ce contexte, une étude documentaire utilisant la base de données Scopus et les mots-clés " (bio)capteur microfluidique " et " diagnostic d'infection " a permis d'identifier 10 articles publiés en 2018. Tous les articles sont résumés dans le tableau 2 et décrits dans les paragraphes suivants. Premièrement, les articles identifiés ont étudié l'efficacité de détection des biocapteurs

microfluidiques envers les souches bactériennes *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* et *Yersinia pestis*. Ensuite, les articles identifiés ont étudié l'efficacité de détection des biocapteurs microfluidiques vis-à-vis de l'adénovirus humain et du virus de l'hépatite B.

7- Diagnostic des troubles neurodégénératifs, identification des biomarqueurs liés à la neurodégénérescence, notamment les peptides amyloïdes- $\beta$ , les protéines tau, les biomarqueurs lumineux des neurofilaments pour les lésions neuronales, la neurogranine, BACE1, SNAP-25, et synaptotagmine pour le dysfonctionnement et/ou la perte synaptique, sTREM2, YKL-40, interleukines, facteur  $\alpha$  de nécrose tumorale et

lactoferrine pour la neuroinflammation due à l'activation de la microglie et des astrocytes, et clusterine pour l'apoptose.

FOR AUTHOR USE ONLY

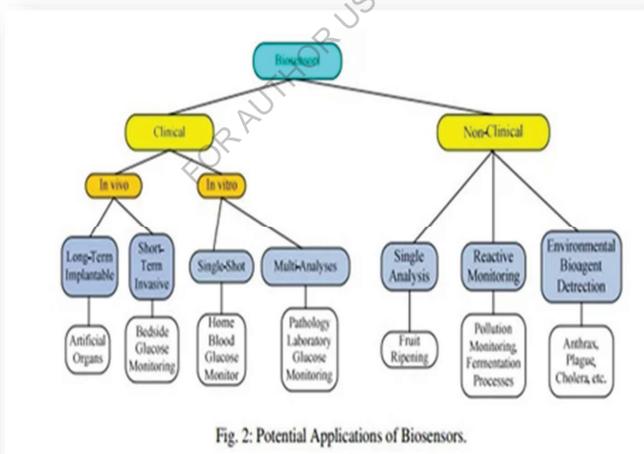
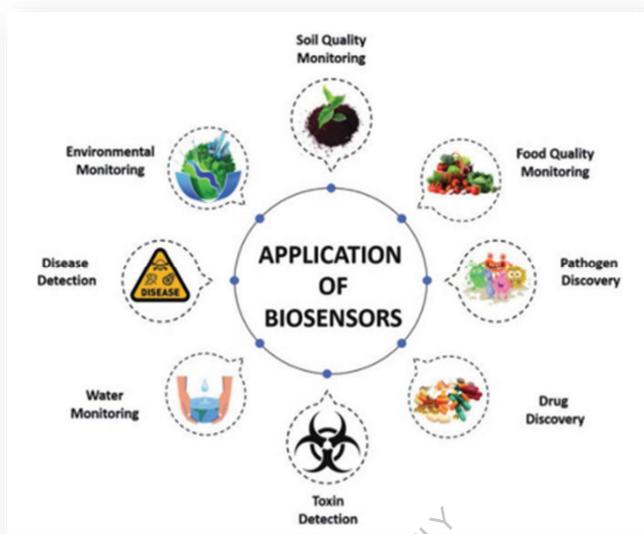
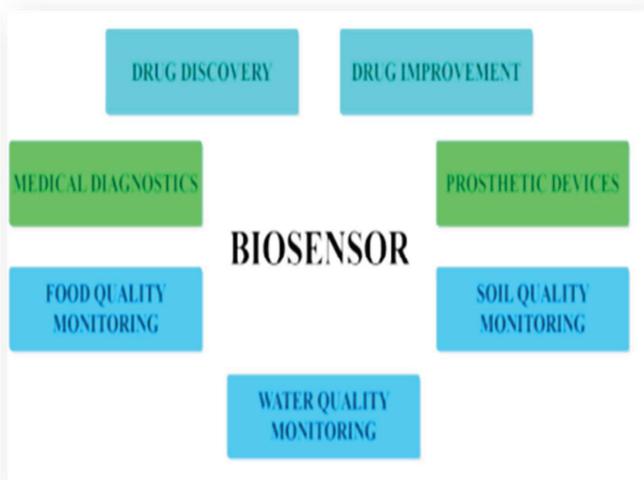
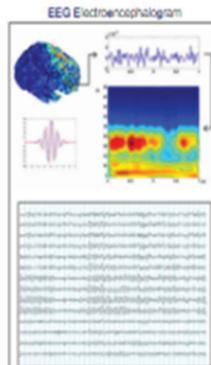


Fig. 2: Potential Applications of Biosensors.



## Design of Health Technologies Medical Sensors

- Biosensors:**
- EEG Electroencephalogram
  - Hernia Repair (Herniorrhaphy)
  - Diabetes / Implantable insulin pumps
  - Implantable Cardioverter defibrillator (ICD)
  - Glucose monitoring
  - Other systems



# Advanced Sensing Systems

## Biosensors:

- EEG Electroencephalogram
- Hernia Repair (Herniorrhaphy)
- Diabetes / Implantable insulin pumps
- Implantable Cardioverter defibrillator (ICD)
- Glucose monitoring
- Other systems

## EEG Electroencephalogram

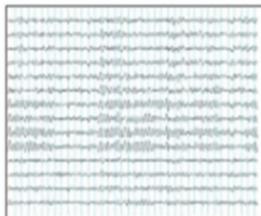
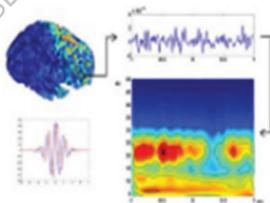
(Monitoring Brain waves)

• Brain cells communicate by producing tiny electrical impulses. In an EEG, electrodes are placed on the scalp over multiple areas of the brain to detect and record patterns of electrical activity and check for abnormalities.

• You apply between 16 and 25 metal discs (electrodes) in different positions on your scalp which are held in place with a paste. The electrodes are connected by wires to an amplifier and a recorder.

• EEG is used to help diagnose the presence and type of seizures, to look for causes of confusion, and to evaluate head injuries, tumors, infections, degenerative diseases, and metabolic disturbances that affect the brain.

• It is also used to evaluate sleep disorders and to investigate periods of unconsciousness. The EEG may be done to confirm brain death in a comatose patient.



## Diabetes / Implantable insulin pumps

- Implantable insulin pumps are emerging insulin-delivery devices that can be surgically implanted under the skin of individuals with diabetes. The pump delivers a continuous basal dose of insulin through a catheter and into the patient's abdominal cavity.
- Implantable insulin pumps are devices that can be surgically implanted in individuals with diabetes as an insulin-delivery device. They are usually placed on the left side of the abdomen.
- The disk-shaped pumps are about the diameter of a hockey puck but much thinner. They weight about 5 to 8 ounces when filled. The reservoir holds up to several months' worth of insulin and is refilled via a syringe injection through abdominal tissue. Depending on the dosage of insulin, the battery in an implanted pump lasts about eight to 13 years, according to one manufacturer.



## Implantable Cardioverter defibrillator (ICD)

### Summary

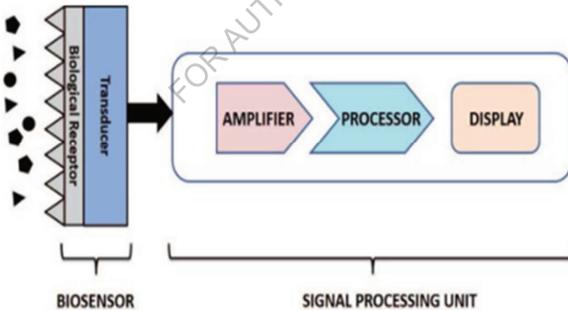
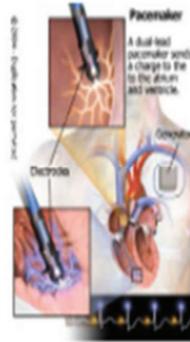
- An implantable cardioverter defibrillator (ICD) is a device that is implanted in the chest to constantly monitor and correct abnormal heart rhythms (arrhythmias). The devices were developed originally to correct heart rhythms that are too fast, but recent technological advances have increased the pool of possible patients who may benefit from an ICD.
- ICDs are mainly used to treat two forms of abnormal heart rhythms, both of which occur in the ventricles, or lower pumping chambers of the heart. If the ventricles begin to beat too quickly (ventricular tachycardia), the device may emit low-energy electrical pulses that allow the heart to regain its normal rhythm. If the tachycardia progresses to a very rapid, life-threatening rhythm that causes the ventricles to quiver rather than beat (ventricular fibrillation), the device may deliver a relatively stronger jolt to reset the heart rate (defibrillation).

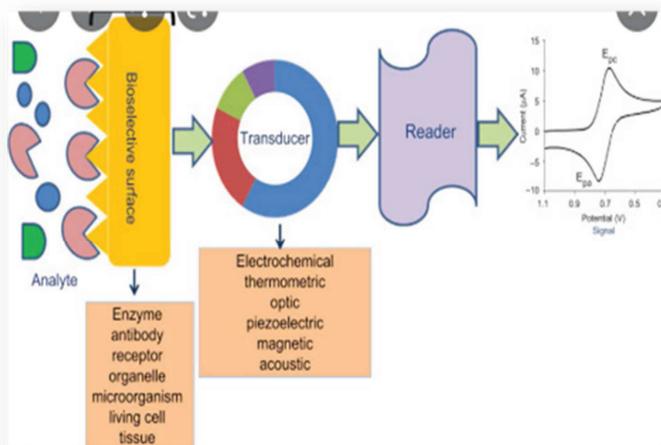


Heart Conduction Animation

## Implantable Cardioverter defibrillator (ICD) cont

- Left Ventricular Assist Device Animation
- Heart Bypass Surgery
- Angiogram
- Stress Test
- Hypertension

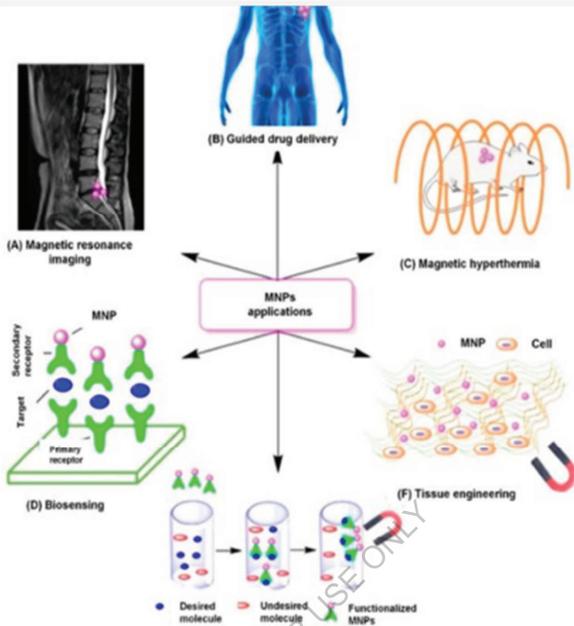


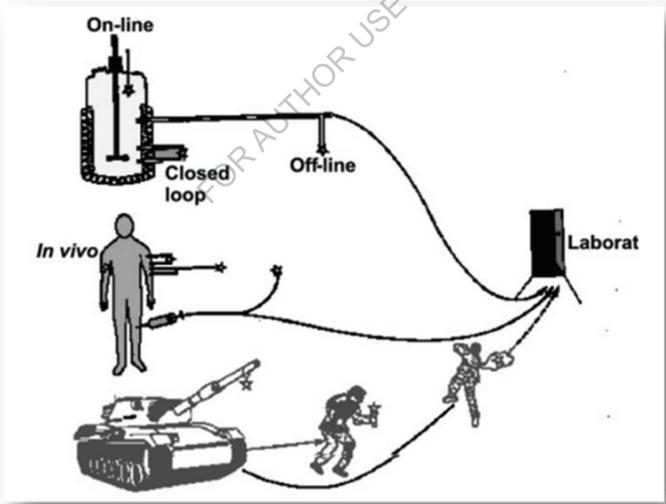
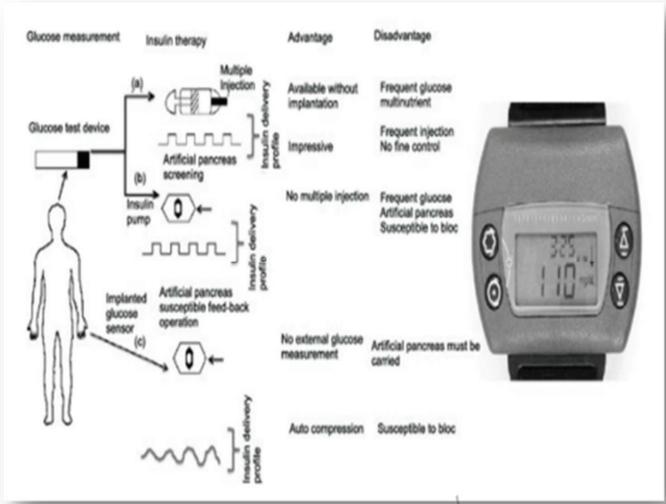


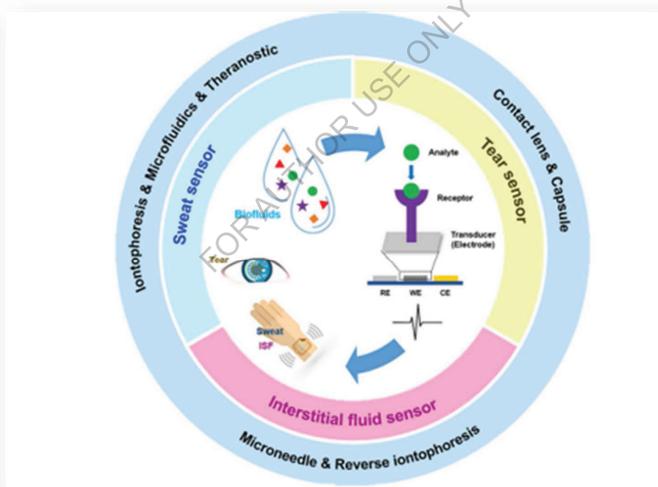
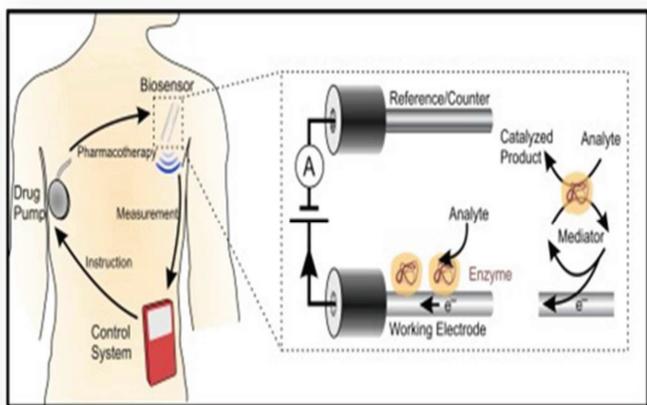
## Biosensor: Types & Applications

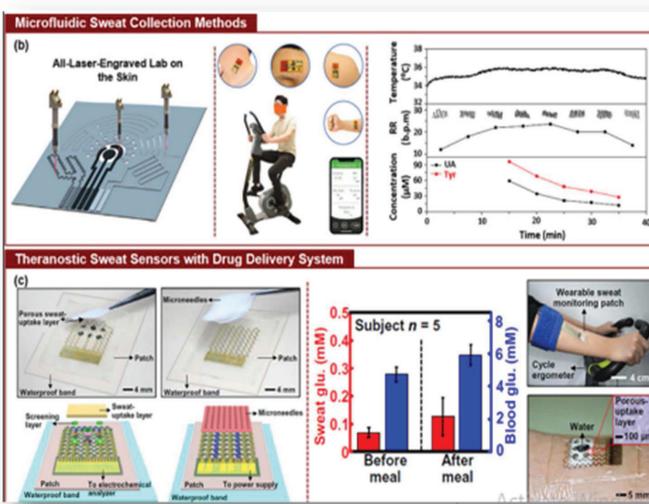
**Glucose Test Strip**

- Print Support Layer
- Counter/Electrode and Pt Electrode Electrode
- Spacer (Platinum Sensing Polymer)
- Working Electrode
- Medium Support Layer
- Enzyme and Mediator
- Control and Working Electrode

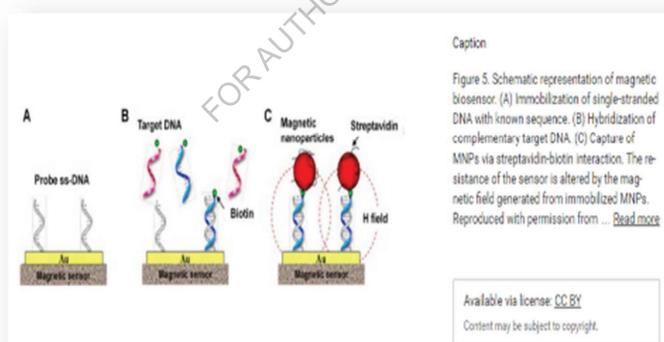
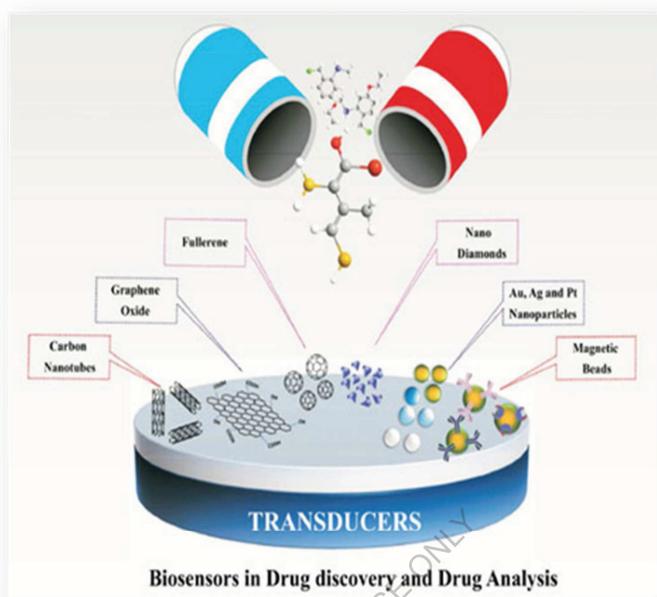


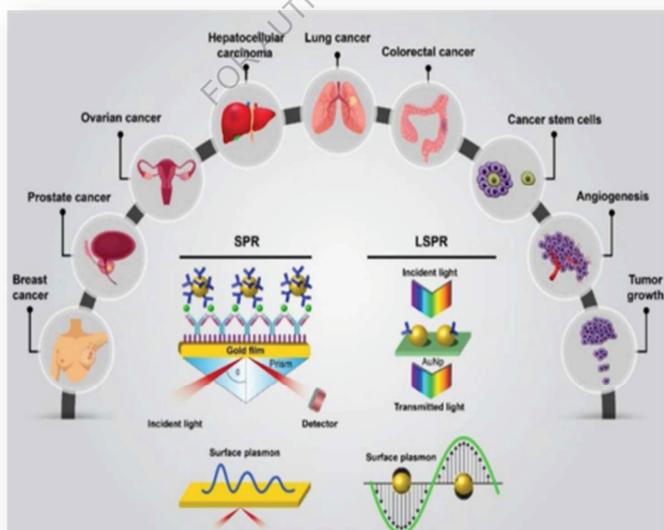
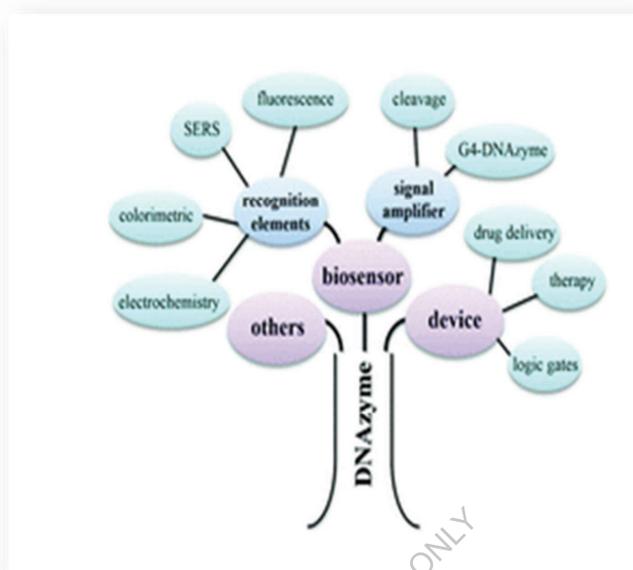


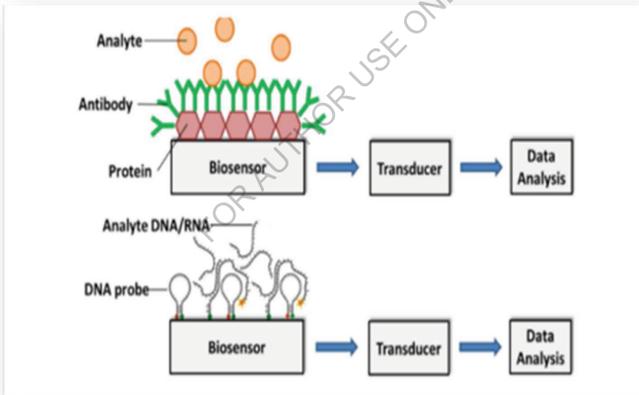
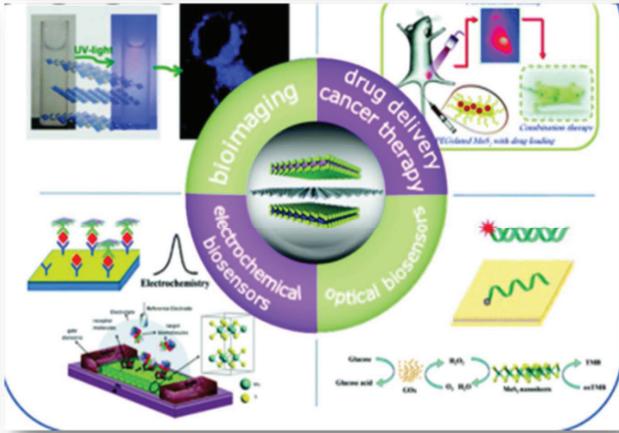


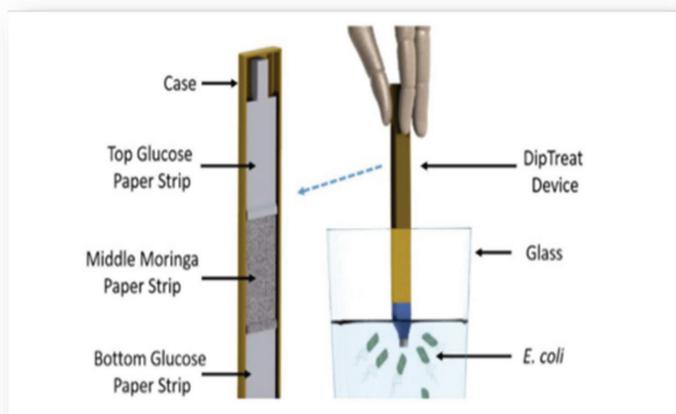


FOR AUTHOR USE ONLY









FOR AUTHOR USE ONLY

## **Gamme dynamique**

Précision

Résolution

Précision

Décalage

Linéarité

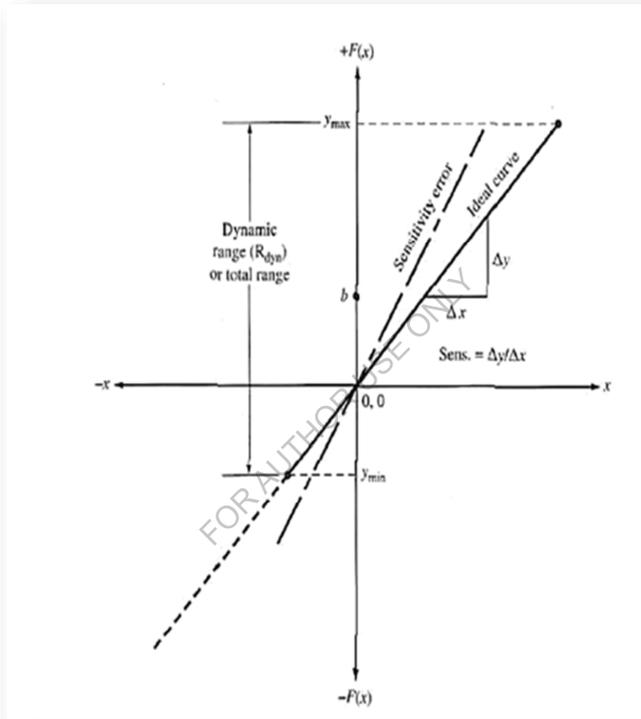
Hystérésis

Temps de réponse

**Sensibilité** : La sensibilité du capteur est définie comme la pente de la courbe caractéristique de sortie ( $Y = X$ ). Plus généralement, il s'agit de l'entrée minimale du paramètre physique qui créera un changement de sortie détectable. Dans certains capteurs, la sensibilité est définie comme la variation du paramètre d'entrée nécessaire pour produire une variation de sortie normalisée. Dans d'autres, elle est

définie comme la variation de la tension de sortie pour une variation donnée du paramètre d'entrée.

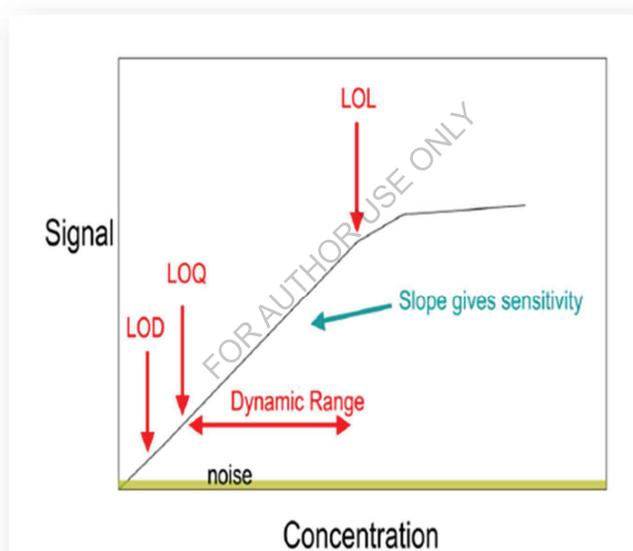
Voir la figure (8).



**Figure 8** : La courbe de sensibilité.

**Plage dynamique** La plage dynamique est la plage totale du capteur, du minimum au maximum. Voir les figures (8, 9).

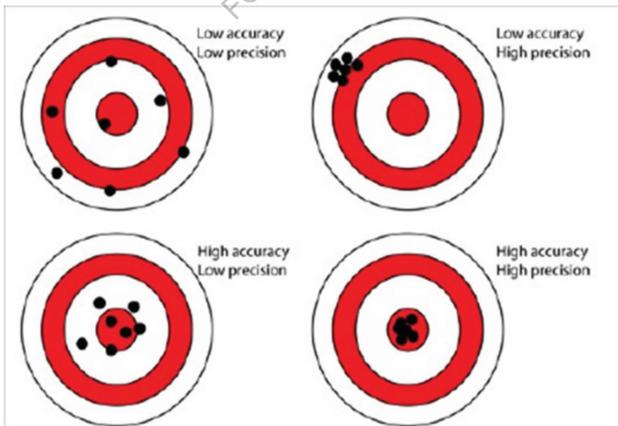
**Précision** La précision fait référence au degré de reproductibilité d'une mesure.



**Figure 9** : La courbe de sensibilité.

**Précision** La précision du capteur est la différence maximale qui existera entre la valeur réelle (qui doit être mesurée par un étalon primaire ou un bon étalon secondaire) et la valeur indiquée à la sortie du capteur. Pour bien comprendre la différence entre précision et exactitude, voir la figure (10).

**Résolution** La résolution est définie comme le plus petit changement incrémental détectable du paramètre d'entrée qui peut être détecté dans le signal de sortie.

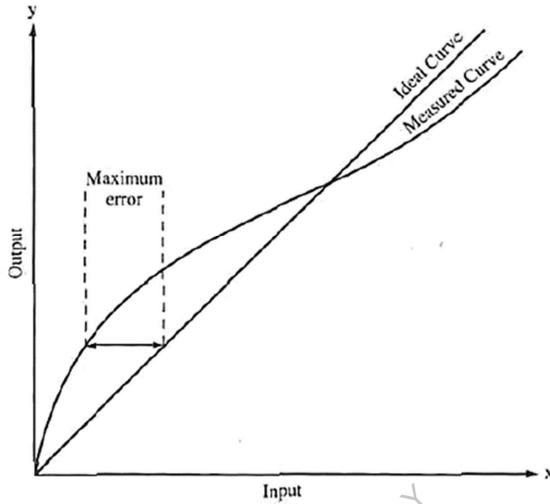


**Figure 10 : Exactitude et précision.**

**Offset** L'erreur d'offset d'un transducteur est définie comme la sortie qui existe alors qu'elle devrait être nulle. Il s'agit également de la différence entre la valeur de sortie réelle et la valeur de sortie spécifiée dans un ensemble de conditions particulières.

**Linéarité** La linéarité du capteur est une expression de la mesure dans laquelle la courbe mesurée réelle d'un capteur s'écarte de la courbe idéale. Voir la figure (11).

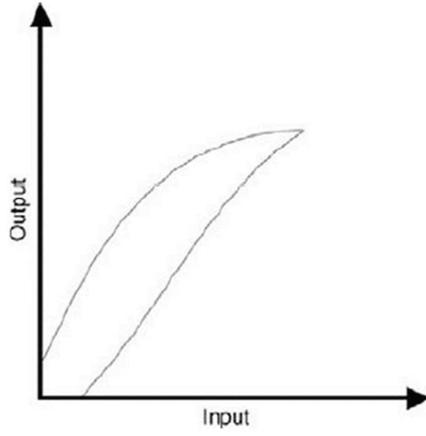
FOR AUTHOR USE ONLY



**Figure 11 : erreur de linéarité.**

**Hystérésis** Un transducteur doit être capable de suivre les changements du paramètre d'entrée quelle que soit la direction dans laquelle le changement est effectué, l'hystérésis est la mesure de cette propriété.

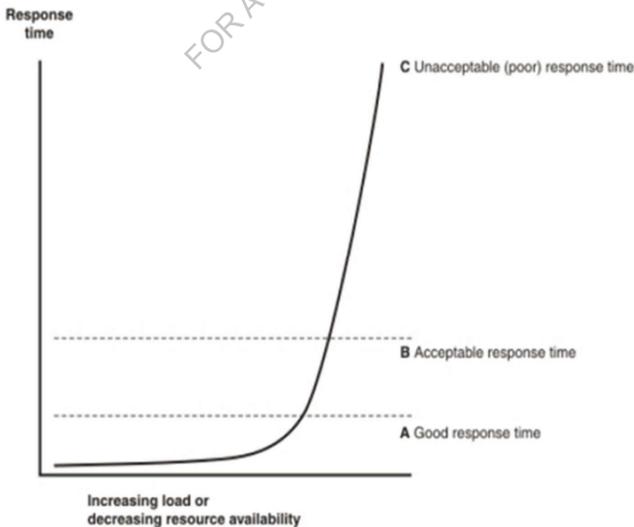
Voir la figure (12).



**Figure 12 : Courbe d'hystérésis.**

FOR AUTHOR USE ONLY

Les capteurs à temps de **réponse** ne changent pas immédiatement l'état de sortie lorsqu'un paramètre d'entrée change. Ils passent plutôt au nouvel état sur une période de temps, appelée temps de réponse. Le temps de réponse peut être défini comme le temps nécessaire à la sortie d'un capteur pour passer de son état précédent à une valeur finale établie dans une bande de tolérance de la nouvelle valeur correcte. Voir la figure (13).



### **Figure 13 : Courbe d'hystérésis.**

Bruit Presque tous les types de capteurs produisent un certain bruit de sortie en plus du signal de sortie. Le bruit du capteur limite les performances du système. Les types de bruit les plus courants sont le bruit d'alimentation 50 Hz et le bruit blanc qui est généralement distribué sur le spectre des fréquences.

Bande passante Tous les capteurs ont un temps de réponse limité à un changement instantané du signal physique. En outre, de nombreux capteurs ont des temps de décroissance, qui représentent le temps nécessaire pour que la sortie du capteur revienne à sa valeur d'origine après une variation du signal physique. Les réciproques de ces temps correspondent respectivement aux fréquences de coupure supérieure et inférieure. La bande passante

d'un capteur est la plage de fréquences comprise entre ces deux fréquences.

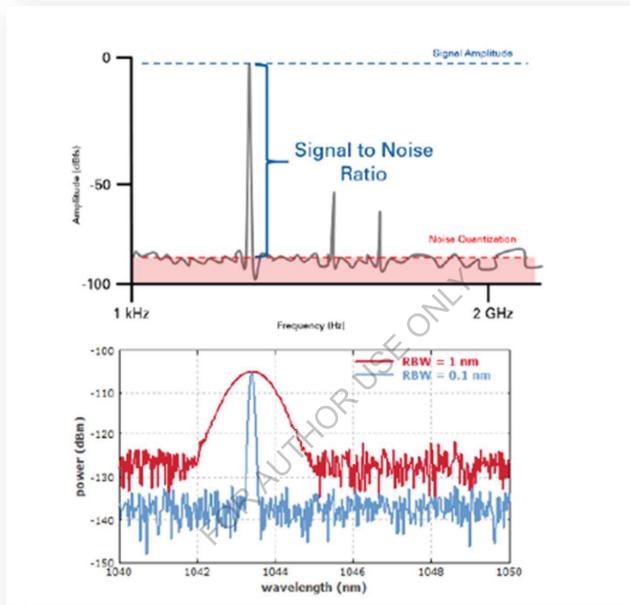
#### **4- Sources d'erreurs dans les capteurs :**

Les capteurs, comme tous les autres dispositifs, subissent certaines erreurs. L'erreur est définie comme la différence entre la valeur mesurée et la valeur réelle. **Les erreurs des capteurs peuvent être réparties en cinq catégories de base :**

- 1- Erreur d'insertion.**
- 2- Erreur d'application.**
- 3- Erreur de caractéristique.**
- 4- Erreur dynamique.**
- 5- Environnement.**

**Erreurs d'insertion :** Les erreurs d'insertion se produisent lors de l'insertion du capteur dans le système à mesurer. Elles peuvent donc être classées

parmi les erreurs dues au facteur humain, c'est-à-dire les erreurs causées par une mauvaise utilisation du dispositif.



**Figure 14 :** Le bruit est un signal indésirable, qui peut être superposé au signal requis et le déformer. Lorsque nous enregistrons un signal, le niveau de bruit enregistré peut être mesuré à l'aide du rapport signal/bruit (abrégé SNR ou S/N) est une mesure

utilisée en science et en ingénierie qui compare le niveau d'un signal souhaité au niveau du bruit de fond. Ici, nous pouvons voir que l'image supérieure représente un bon niveau de SNR, par rapport à l'image inférieure qui a un SNR faible (ou un niveau de bruit élevé).

**Erreurs d'application** : Les erreurs d'application sont causées par l'opérateur en raison d'une mauvaise utilisation du logiciel accompagnant le dispositif médical, comme un mauvais réglage du test ou le choix d'un mauvais test, un mauvais sexe ou âge du patient. voir figure (15).



**Figure 15** : Les dispositifs médicaux modernes utilisent largement des logiciels pour contrôler les opérations de test. L'ignorance de toutes les fonctionnalités de ces logiciels ou une mauvaise utilisation peuvent affecter les résultats des tests que nous effectuons.

**Erreurs caractéristiques** : Les erreurs caractéristiques sont inhérentes au dispositif lui-

même, c'est-à-dire la différence entre la fonction de transfert caractéristique idéale du dispositif et la caractéristique réelle.

Cette forme d'erreur peut inclure une valeur de décalage DC (une fausse tête de pression), une pente incorrecte ou une pente qui n'est pas parfaitement linéaire.

**Erreurs dynamiques** : De nombreux capteurs sont caractérisés et étalonnés dans des conditions statiques, c'est-à-dire avec un paramètre d'entrée statique ou quasi-statique. De nombreux capteurs sont fortement amortis de sorte qu'ils ne répondent pas aux changements rapides du paramètre d'entrée. Les erreurs dynamiques comprennent le temps de réponse, la distorsion d'amplitude et la distorsion de phase.

## **Erreurs environnementales :**

Signal de 50 Hz.

Ondes radio.

Internet sans fil.

Les ondes GSM.

## **5- Développement des capteurs et transducteurs médicaux :**

Le développement dans les domaines biomédicaux exige que l'on suive de près toutes les nouvelles technologies présentées et que l'on tente d'en trouver les implications médicales. Voir la figure (16).



**Figure 16 : Développement des capteurs médicaux.**

## 6- Références

Medical Instrumentation Application and Design,  
John G. Webster, troisième édition.

[\\_https://www.omega.com/prodinfo/straingages.html](https://www.omega.com/prodinfo/straingages.html).

[\\_http://www.cnsorg.org/computational-neuroscience](http://www.cnsorg.org/computational-neuroscience).

[\\_https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11154/](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11154/).

[\\_http://compneuro.washington.edu/about/what-is-compneuro/](http://compneuro.washington.edu/about/what-is-compneuro/).

[\\_https://psychologydictionary.org/neural-circuit/](https://psychologydictionary.org/neural-circuit/).

Neural Engineering, Bin He, deuxième édition.

16

[-https://doi.org/10.1038/s41427-020-00280-x](https://doi.org/10.1038/s41427-020-00280-x)

FOR AUTHOR USE ONLY

**More  
Books!**



yes  
**I want morebooks!**

Buy your books fast and straightforward online - at one of world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at  
**[www.morebooks.shop](http://www.morebooks.shop)**

Achetez vos livres en ligne, vite et bien, sur l'une des librairies en ligne les plus performantes au monde!

En protégeant nos ressources et notre environnement grâce à l'impression à la demande.

La librairie en ligne pour acheter plus vite  
**[www.morebooks.shop](http://www.morebooks.shop)**

KS OmniScriptum Publishing  
Brivibas gatve 197  
LV-1039 Riga, Latvia  
Telefax: +371 686 20455

[info@omniscryptum.com](mailto:info@omniscryptum.com)  
[www.omniscryptum.com](http://www.omniscryptum.com)



FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY