

Mesure non invasive de la glycémie humaine

Un diabète mal géré peut causer des maladies cardiovasculaires, voire même des amputations. C'est fort de ce constat que j'ai décidé d'étudier les méthodes non invasives de mesure de la glycémie, qui rendront le suivi régulier de cette maladie chronique moins pénible, et motiveront les diabétiques à mieux se surveiller.

Ce sujet s'inscrit particulièrement dans le thème proposé puisqu'il s'intéresse à l'amélioration des méthodes d'auto surveillance de glycémie, une pratique qui joue un rôle prévalent dans la prévention de plusieurs incidents sanitaires pour les diabétiques.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Positionnement thématique (ETAPE 2)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Diabète</i>	<i>Diabetes</i>
<i>Mesure non invasive de la glycémie</i>	<i>Non invasive glucose monitoring</i>
<i>Permittivité du sang</i>	<i>Blood permittivity</i>
<i>Micro-ondes</i>	<i>Microwaves</i>
<i>Champ électromagnétique</i>	<i>Electromagnetic field</i>

Bibliographie commentée

Aujourd'hui, le diabète est un vrai problème de santé dans le monde ; il touche plus de 422 millions de personnes. Cette maladie chronique apparaît lorsque les niveaux d'insuline, l'hormone régulatrice du glucose dans le sang, sont anormaux, soit parce que le pancréas n'en produit pas suffisamment ou que les cellules du corps ne l'utilisent pas comme il le faut [1]. Pour éviter de graves complications, les diabétiques doivent contrôler régulièrement leur glycémie, faire très attention à ce qu'ils mangent et parfois se faire plusieurs piqûres par jour soit pour mesurer leur glycémie ou pour s'administrer de l'insuline.

La technique de mesure glycémique la plus répandue est la glycémie capillaire [2], celle-ci consiste à ce que le patient se pique par un appareil portable. Le sang recueilli est ensuite dosé et la glycémie du patient est affichée sur un capteur. Toutefois, cette méthode invasive, bien que fiable si correctement utilisée [2], n'est pas du tout confortable [3]. Ainsi, beaucoup de diabétiques admettent qu'ils ne mesurent pas leur taux de glycémie régulièrement et qu'ils seraient prêts à mieux faire s'ils avaient accès à des méthodes de mesure non invasives [4]. Les méthodes de

glycémie interstitielles [5], où un capteur affiche continuellement le taux de glucose mesuré par une aiguille placée sous la peau (dans le liquide interstitiel) sont intéressantes, puisque aucun événement glycémique ne passe inaperçu. Toutefois, le prix élevé constitue un problème économique majeur pour les diabétiques et le risque d'infection subsiste.

C'est alors dans l'optique d'éliminer l'inconfort et le risque d'infection qu'intervient l'idée de mesurer le taux de glycémie de façon non invasive. Plusieurs méthodes ont été proposées. En particulier, celles qui se basent sur l'utilisation des micro /milli ondes sont très prometteuses. En effet, la technologie micro-onde [6] se base sur une idée assez simple. Le but est de lier la concentration de glucose, qui est un paramètre physiologique, à une donnée mesurable. Le tissu biologique (plus particulièrement le sang) étant un milieu diélectrique, on s'intéressera à la mesure de sa permittivité, grandeur qui décrit la réponse du milieu à une excitation électrique, [7] et qui est liée à la concentration de glucose dans le sang [8]. Cette mesure sera basée sur le modèle de Cole Cole [9] vu les gammes de fréquence (micro-ondes) et de température (température du corps) où l'on travaille. On précise également qu'un capteur qui mesure la permittivité en utilisant cette technologie ne présente pas de danger pour l'homme [10].

Notre étude essaiera principalement de valider le choix de cette technologie en montrant la corrélation qui existe entre la permittivité et la concentration de glucose.

Problématique retenue

Comment peut-on créer un appareil de mesure non invasive de la glycémie humaine ? Dans quelle mesure cette nouvelle technologie pourrait-elle remplacer les méthodes en vigueur ?

Objectifs du TIPE

- Montrer que la permittivité électrique du sang dépend de la concentration de glucose.
- Étudier la réaction du sang à une excitation électromagnétique extérieure à l'échelle microscopique.
- Proposer un modèle simpliste de technologie micro-onde planaire (moins encombrante et donc plus conforme à une vision laboratoire sur puce) de mesure de la concentration de glucose d'un échantillon.
- Extrapoler les résultats pour montrer que le dispositif permet une mesure non invasive de la glycémie.

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ : Diabète : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/diabetes> ; dernière consultation: le 30 janvier 2022
- [2] J. MICHAEL McMILLIN. : Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations. 3rd edition. Boston: Butterworths; 1990. Chapter 141: Blood glucose : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK248/> ; dernière consultation: le 30 janvier 2022
- [3] LUTZ HEINEMANN : Finger pricking and pain: a never ending story : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2769798/> ; dernière consultation: le 30 janvier 2022

- [4] JULIE WAGNER, CARL MALCHOFF, GINA ABBOTT : Invasiveness as a barrier to self-monitoring of blood glucose in diabetes : *Wagner J, Malchoff C, Abbott G. Invasiveness as a barrier to self-monitoring of blood glucose in diabetes. Diabetes Technol Ther. 2005 Aug;7(4):612-9. Doi: 10.1089/dia.2005.7.612. PMID: 16120035.*
- [5] FÉDÉRATION FRANÇAISE DES DIABÉTIQUES : La mesure du glucose en continu : <https://www.federationdesdiabetiques.org/information/glycemie/mesure-du-glucose-en-continu> ; dernière consultation: le 30 janvier 2022
- [6] AYODUNNI AYODELE OLOYO : Non-invasive microwave detection of blood glucose level : https://www.research.manchester.ac.uk/portal/files/194692890/FULL_TEXT.PDF ; dernière consultation: le 30 janvier 2022
- [7] C GABRIEL 1, S GABRIEL, E CORTHOUT : The dielectric properties of biological tissues: I. Literature survey : https://www.researchgate.net/publication/14269211_The_dielectric_properties_of_biological_tissues_I_Literature_survey ; dernière consultation: le 30 janvier 2022
- [8] TUTKU KARACOLAK, ELAINE C. MORELAND, ET ERDEM TOPSAKAL : Cole–Cole Model for glucose dependent dielectric properties of blood plasma for continuous glucose monitoring : *Karacolak, T. & Moreland, Elaine & Topsakal, Erdem. (2013). Cole-Cole Model for Glucose-Dependent Dielectric Properties of Blood Plasma for Continuous Glucose Monitoring. Microwave and Optical Technology Letters. 55. 10.1002/mop.27515.*
- [9] RÉMI CARMINATI, CHERYL FEUILLET-PALMA : ESPCI PARIS. Ondes électromagnétiques. Notes de cours. : <https://cours.espci.fr/site.php?id=357&fileid=1673> ; dernière consultation: le 30 janvier 2022
- [10] ERIC C. GREEN : Design of a Microwave Sensor for Non-Invasive Determination of Blood-Glucose Concentration : <https://www.baylor.edu/content/services/document.php?id=35443> ; dernière consultation: le 30 janvier 2022

Références bibliographiques (ETAPE 2)

- [1] MAHDI SROUR : Etude et réalisation de capteurs hyperfréquences : application à la détermination de la concentration en glucose : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03670409/document> ; dernière consultation le 08 juin 2022

DOT

- [1] [Juillet 2021] : Exploration des méthodes de mesure minimalement invasives de la glycémie. Ceci m’a amenée à lire la référence [5].
- [2] [Septembre 2021] : Recherche des différentes méthodes de mesure non invasives de la glycémie.
- [3] [Octobre 2021] : Choix de la méthode des micro-ondes.
- [4] [Novembre 2021] : Première tentative infructueuse de simuler un capteur qui utilise la technologie micro-onde.
- [5] [Janvier 2022] : Idée de l’expérience : Mesure de la permittivité à partir de la mesure de la capacité d’un condensateur.

- [6] *[Fin Février 2022] : Abandon de l'idée de la simulation puisqu'elle n'apporte pas de valeur ajoutée considérable au travail.*
- [7] *[Mars 2022] : Première tentative d'expérience en assimilant un parallélépipède à angles doux à un cylindre. Les résultats de l'expérience sont non conformes avec cette assimilation. Le parallélépipède ne joue pas le rôle d'un condensateur.*
- [8] *[Mai 2022] : Expérience réussie en utilisant des condensateurs plans. Interprétation des résultats et production des courbes pertinentes pour la présentation finale.*