

MESURE NON INVASIVE DE LA GLYCEMIE HUMAINE

TIPE 2021-2022

Thème: Santé Prévention



Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

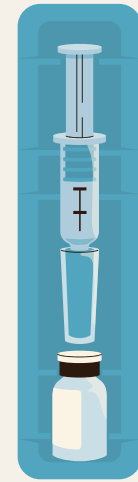
PLAN

- Problématique
- Modèle théorique
- Justification empirique
- Proposition d'un appareil de mesure
- Application
- Conclusion

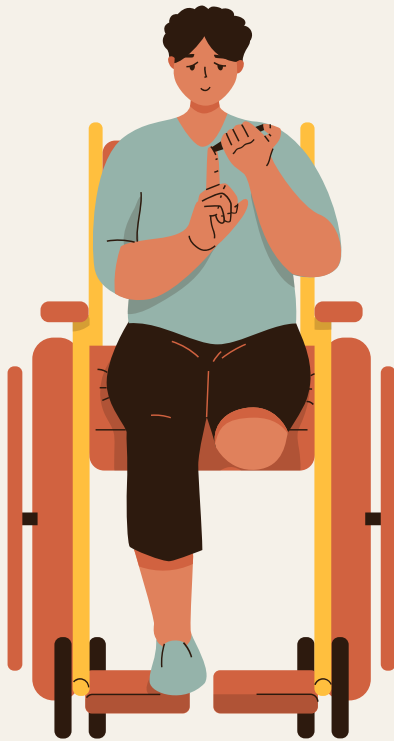
Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459



Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459



Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459



Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

PLAN

Problématique

Modèle théorique

Justification empirique

Proposition d'un appareil de mesure

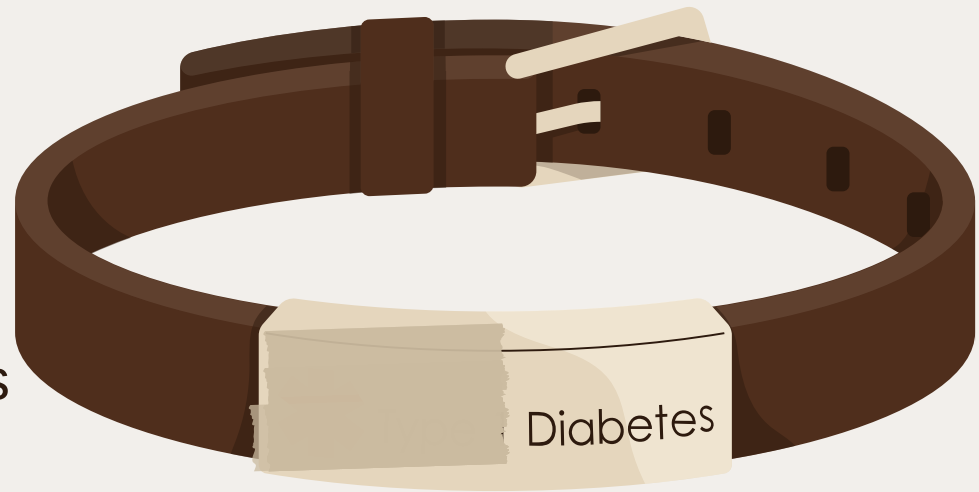
Application

Conclusion

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

Comment créer un appareil de mesure non invasive de la glycémie humaine ?

Dans quelle mesure cette nouvelle technologie pourrait-elle remplacer les méthodes en vigueur ?



Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

PLAN

Problématique

Modèle théorique

Justification empirique

Proposition d'un appareil de mesure

Application

Conclusion

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

CHOIX DE LA METHODE

Utilisation des ondes électriques pour
déterminer la concentration de glucose dans le
sang.

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

LIEN CHAMP ELECTRIQUE-GLYCEMIE:

Permittivité

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459



LE SANG

= diélectrique à pertes

modélisé sous une
excitation électrique
par le circuit
suivant:

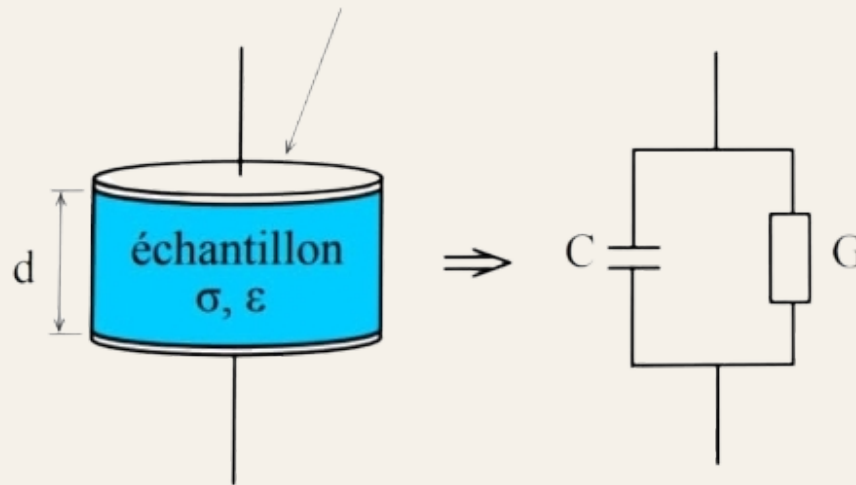


Figure 1: Circuit équivalent à un sang soumis à une excitation électrique
[1] étape 2

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

Permittivité complexe

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon' - j\varepsilon''$$

définition de la permittivité complexe

où:

ε' : partie réelle de la permittivité complexe

ε'' : l'opposé de sa partie imaginaire

Maryam EL YAAGOUBI

SCEI: 22459

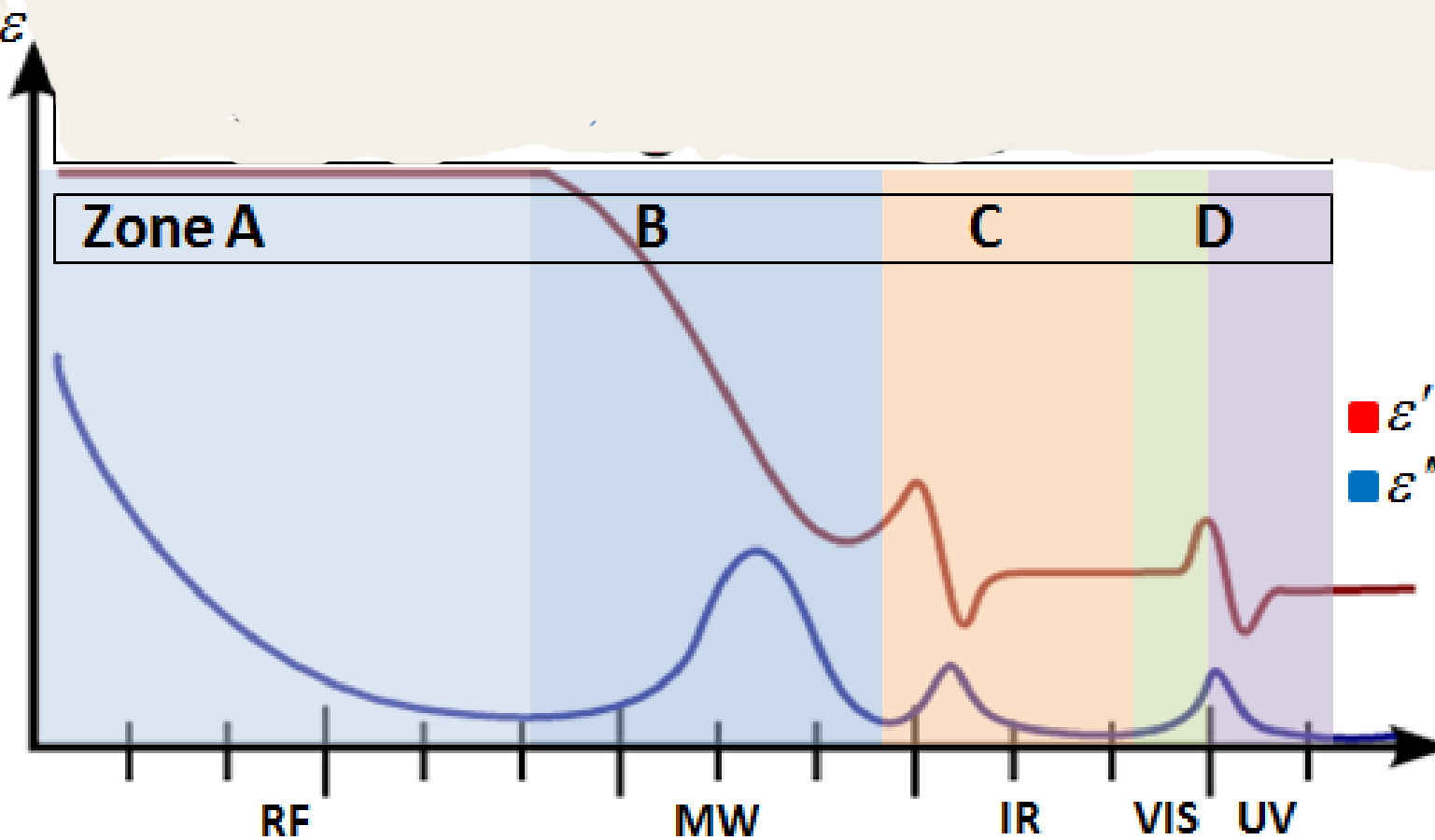


Figure 2: Courbe de la variation des parties réelle et imaginaire de la permittivité en fonction de la fréquence du champ extérieur

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

CHOIX DE LA FREQUENCE DU CHAMP

Le domaine des micro-ondes: Zone B

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

ON RETIENT QUE:

La permittivité complexe d'un sang soumis à une excitation de micro-ondes permet de le caractériser électriquement.

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

PERMITTIVITE ET TISSU BIOLOGIQUE

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon'(\omega) - i\varepsilon''(\omega) = \varepsilon_{\infty} + \frac{\Delta\varepsilon}{1 + (i\omega\tau)^{\alpha}}$$

où:

Relation de Cole-Cole

ε_{∞} est la permittivité aux très hautes fréquences

$\Delta\varepsilon$ est la permittivité aux très basses fréquences

τ est le temps de relaxation du liquide,

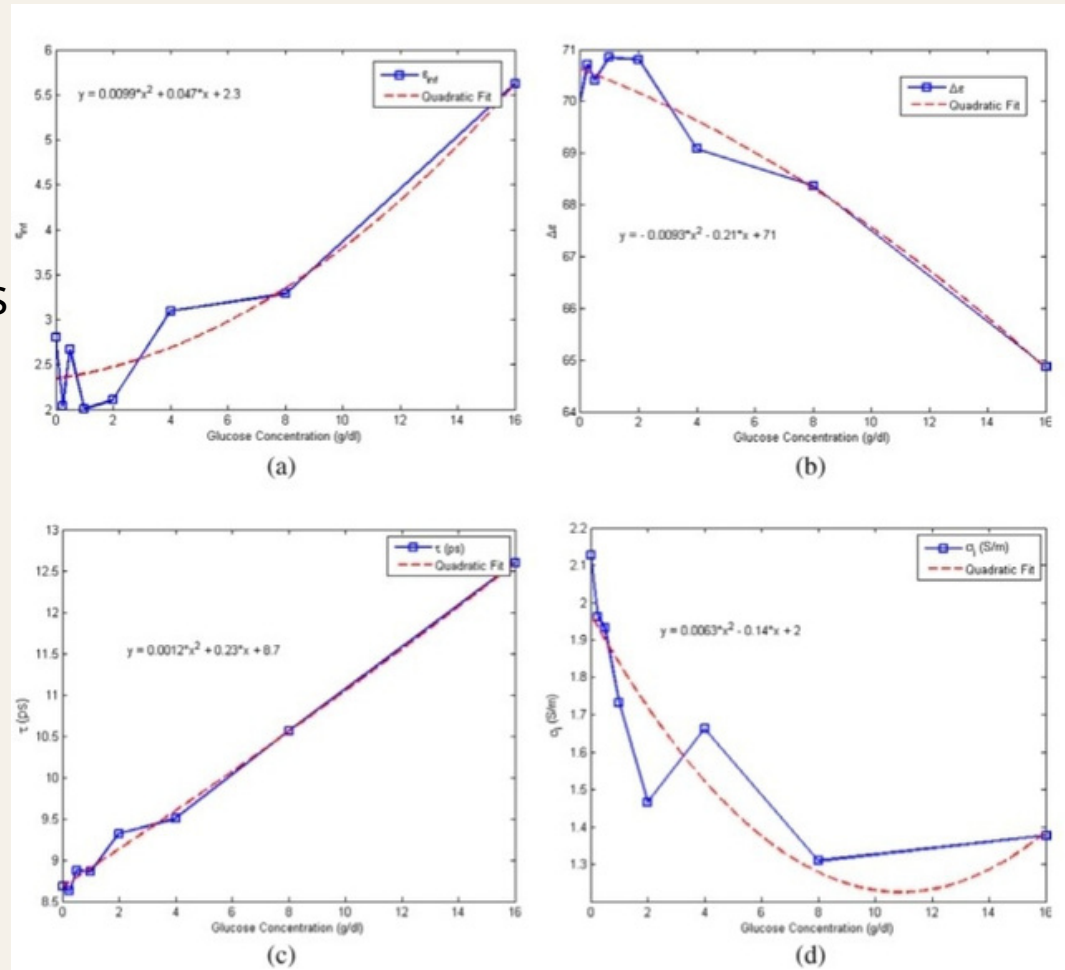
α est une constante $0 < \alpha < 1$ liée à la largeur de la distribution des temps de relaxation

Maryam EL YAAGOUBI

SCEI: 22459

LIEN PERMITTIVITE-GLYCEMIE

Figure 3: Paramètres
de
Cole-Cole en
fonction de
la concentration
de glucose
[8]



Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

PLAN

Problématique

Modèle théorique

Justification empirique

Proposition d'un appareil de mesure

Application

Conclusion

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

PRESENTATION DE L'EXPERIENCE

But: Valider la dépendance de la permittivité vis à vis de la concentration de glucose.

Expérience: Calculer la capacité de plusieurs condensateurs dont les diélectriques sont à différentes concentrations de glucose.

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

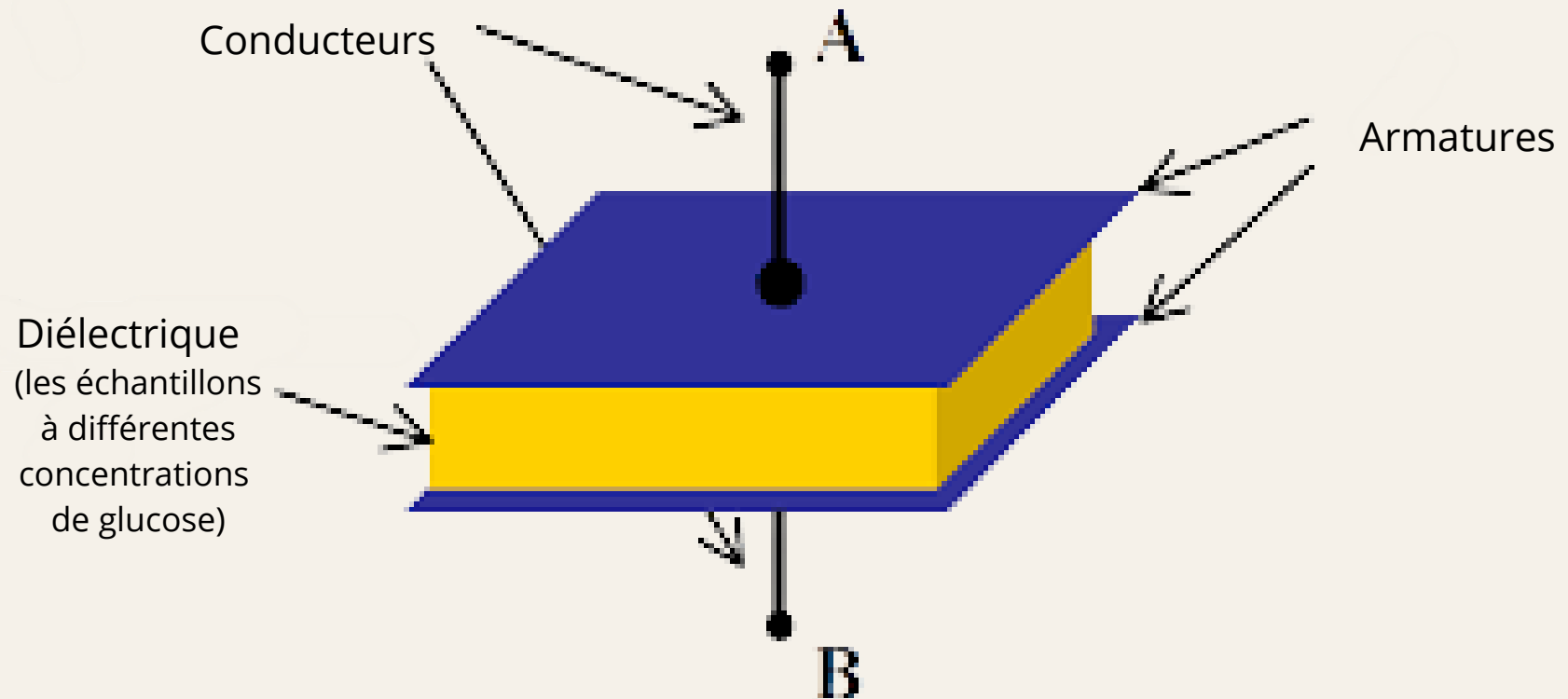


Figure 4 : Schéma de principe d'un condensateur

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

CAPACITE-PERMITTIVITE

Hypothèses simplificatrices:

Relations de l'électrostatique valables

Condensateur infini

L'échantillon est un diélectrique parfait

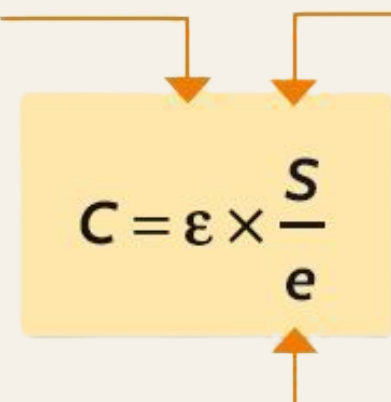
Maryam EL YAAGOUBI

SCEI: 22459

Relation capacité permittivié:

ϵ : permittivité du diélectrique $F \cdot m^{-1}$

S : surface en m^2


$$C = \epsilon \times \frac{S}{e}$$

e : épaisseur de l'isolant = distance entre les armatures en m

Maryam EL YAAGOUBI

SCEI: 22459

DISPOSITIF EXPERIMENTAL:

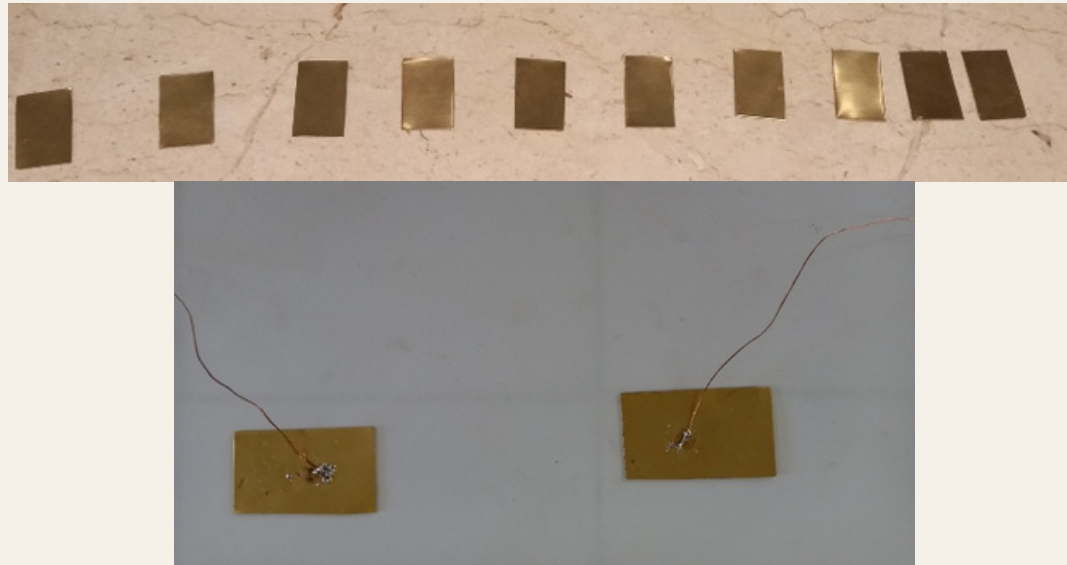


Figure 5: Les armatures des condensateurs

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

DISPOSITIF EXPERIMENTAL:



Figure 6: Les diélectriques

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

DISPOSITIF EXPERIMENTAL:

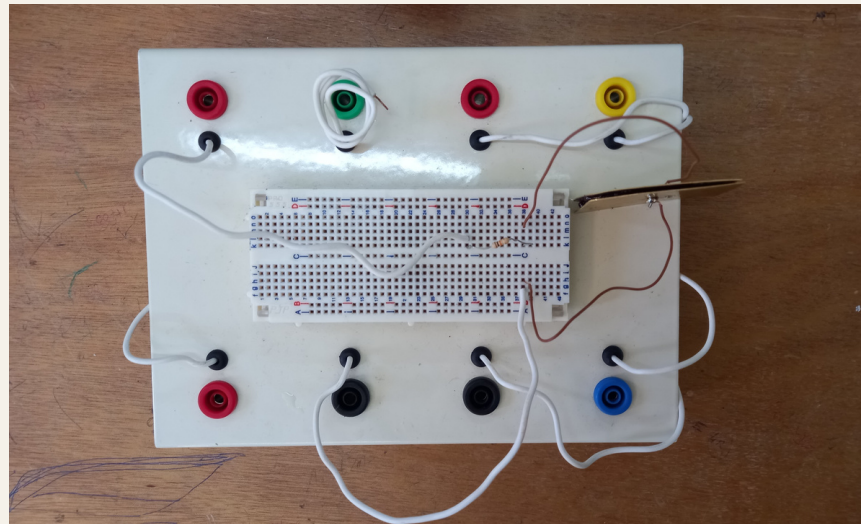


Figure 7: Circuit RC non branché à un GBF

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

DISPOSITIF EXPERIMENTAL:

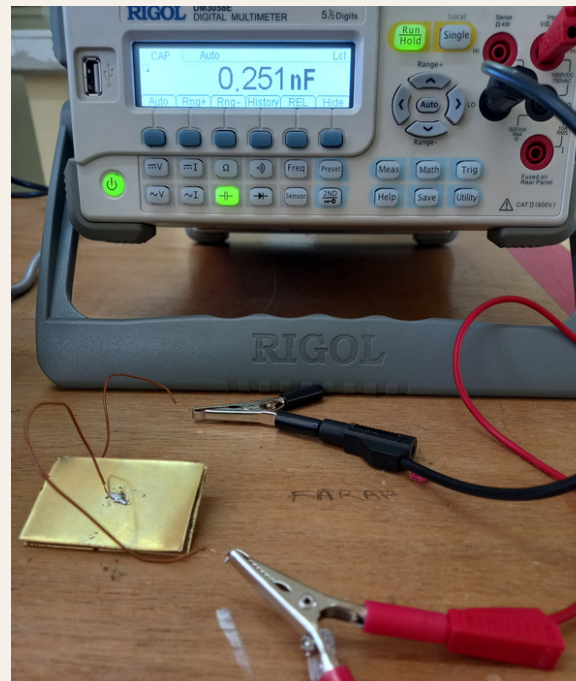


Figure 8:Multimètre

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

CIRCUIT RC:

Résistance: 10kΩ
Capacité : inconnue

$$C = \frac{v_e - v_s}{2\pi R f v_s}$$

v_e : Amplitude du signal du GBF

v_s : Amplitude du signal aux bornes du condensateur

R : Résistance

f : Fréquence du signal du GBF

C : Capacité du condensateur

Maryam EL YAAGOUBI

SCEI: 22459

CIRCUIT RC:

Résistance: $10\text{k}\Omega$
Capacité: inconnue

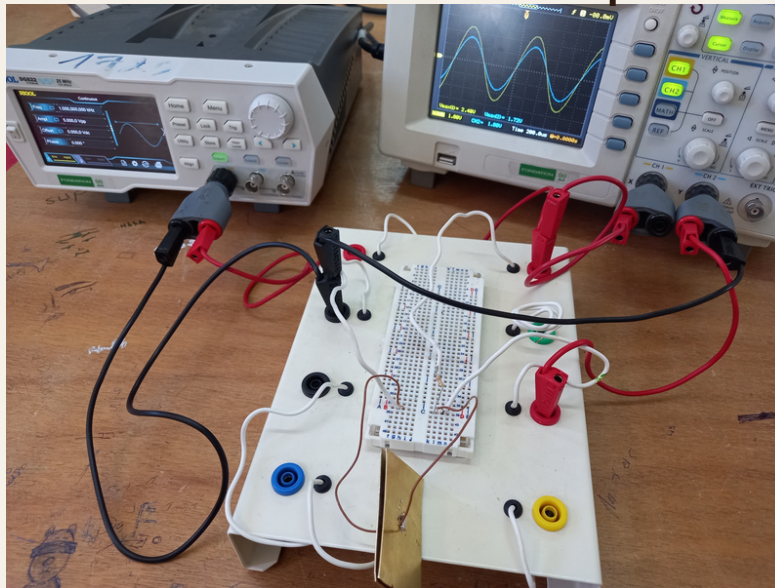


Figure 9: Circuit RC branché

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

Les condensateurs utilisés



Figure 10: Les condensateurs utilisés

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

CAPACITE EN FONCTION DE LA CONCENTRATION DE GLUCOSE

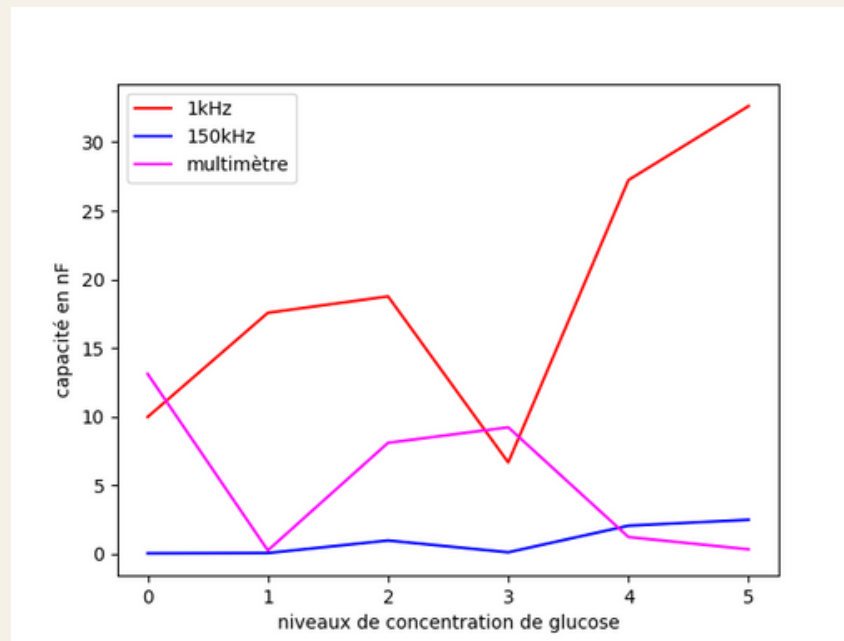


Figure 11: Courbe qui représente la capacité en fonction des différents "niveaux" de la concentration de glucose

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

PERMITTIVITE EN FONCTION DE LA CONCENTRATION DE GLUCOSE

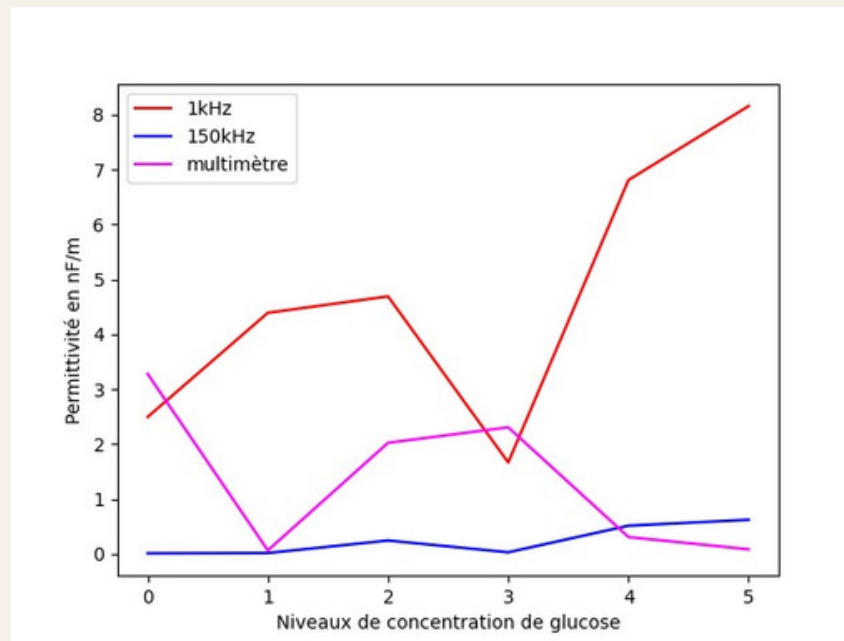


Figure 12: Courbe qui représente la permittivité en fonction des différents "niveaux" de la concentration de glucose

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

On a donc :

1-Validé la dépendance de la permittivité vis à vis de la concentration de glucose et de la fréquence.

2- Justifié par l'expérience la validité de la figure 2 (permittivité en fonction de la fréquence).

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

PLAN

Problématique

Modèle théorique

Justification empirique

Proposition d'un appareil de mesure

Application

Conclusion

Maryam EL YAAGOUBI

SCEI: 22459



Figure 13: Exemple de capteur non invasif de la glycémie

Maryam EL YAAGOUBI

SCEI: 22459

PLAN

Problématique

Modèle théorique

Justification empirique

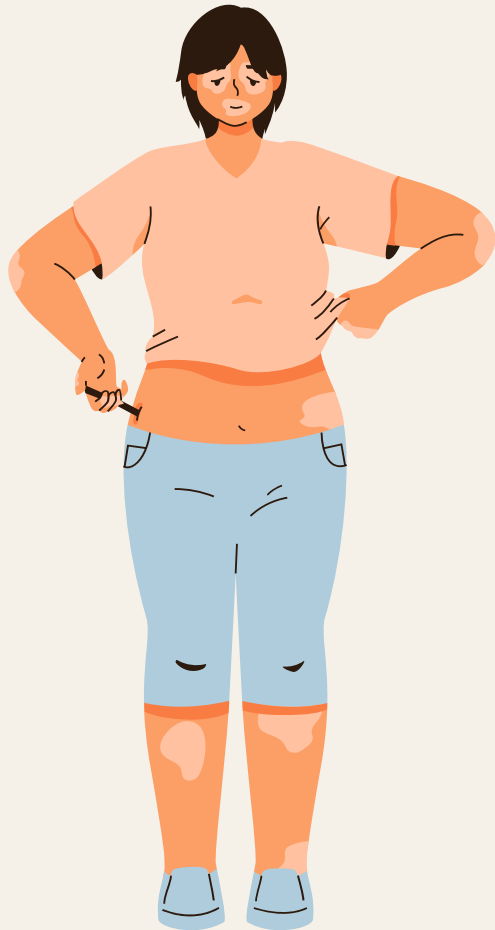
Proposition d'un appareil de mesure

Application

Conclusion

Maryam EL YAAGOUBI

SCEI: 22459



POMPE A INSULINE

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

PLAN

Problématique

Modèle théorique

Justification empirique

Proposition d'un appareil de mesure

Application

Conclusion

Maryam EL YAAGOUBI

SCEI: 22459

COMPARAISON A LA METHODE CLASSIQUE



VS

Un capteur qui se base
sur la technologie
proposée

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

MERCI DE VOTRE ATTENTION



Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

Annexe

```
capacité.py
1  import matplotlib.pyplot as plt
2  import numpy as np
3
4  def f1(x):
5      return ((2.44-x)/(2*np.pi*10000*1000*x))*10**(9)
6
7  def f150(x):
8      return ((2.44-x)/(2*np.pi*10000*150*1000*x))*10**(9)
9
10 abs=np.array([0,1,2,3,4,5])
11
12 Ord0=np.array([1.5,1.16,1.12,1.72,0.9,0.8])
13 Ord1=np.array([1.8,1.56,0.24,1.18,0.12,0.1])
14 Ord2=np.array([13.11,0.251,8.09,9.22,1.225,0.329])
15
16 plt.plot(abs,f1(Ord0),color='red',label='1kHz')
17 plt.plot(abs,f150(Ord1),color='blue',label='150kHz')
18 plt.plot(abs,Ord2,color='magenta',label='multimètre')
19
20
21 plt.savefig('capacite.png')
22 plt.show()
```

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

Figure 14: code de la courbe de la
figure 11

Annexe

```
permutivité.py
1  import matplotlib.pyplot as plt
2  import numpy as np
3
4  def f1(x):
5      return ((2.44-x)/(2*np.pi*10000*1000*x))*10**(9)
6
7  def f150(x):
8      return ((2.44-x)/(2*np.pi*10000*150*1000*x))*10**(9)
9
10 abs=np.array([0,1,2,3,4,5])
11
12 Ord0=np.array([1.5,1.16,1.12,1.72,0.9,0.8])
13 Ord1=np.array([1.8,1.56,0.24,1.18,0.12,0.1])
14 Ord2=np.array([13.11,0.251,8.09,9.22,1.225,0.329])
15
16 plt.plot(abs,0.25*f1(Ord0),color='red',label='1kHz')
17 plt.plot(abs,0.25*f150(Ord1),color='blue',label='150kHz')
18 plt.plot(abs,0.25*Ord2,color='magenta',label='multimètre')
19 plt.xlabel('Niveaux de concentration de glucose')
20 plt.ylabel('Permittivité en nF/m')
21 plt.legend()
22
23 plt.savefig('permutivite.png')
24 plt.show()
```

Maryam EL YAAGOUBI
SCEI: 22459

Figure 15: Code de la courbe de la
figure 12