République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ YAHIA FARÈS DE MÉDÉA

Département de Génie Mécanique



Faculté de technologie

Projet de fin d'études

Filière : Electromécanique

Spécialiste : Mecatronique

Thème

RÉGLAGE DES DOSES D'UNE POMPE À INSULINE

Présentée par :

M^{lle} : REBAHI Nedjma

Proposés et dirigés par :

Pr. GUEMANA Mouloud

Dr. TCHOUKETCH KBIR Sofiane

Email: www.univ-medea.dz

REMERCIEMENTS

Avant tous, louanges à Dieu, le tout puissant, pour m'avoir donné la volonté, le courage et la patience lors de toutes ces années d'étude.

Je tiens à remercier vivement, **Mouloud Guemana**, Professeur à l'université de **Yahia farés à Médéa**, pour son esprit scientifique et pour ses conseils et ses critiques objectifs tout au long de ce travail. Merci pour la confiance que vous m'avez accordée au cours de ces années d'encadrement.

De même, j'aimerais exprimer ma profonde gratitude et mon entière reconnaissance, mon Co-encadreur **tchoketch kbir Sofiane** docteure à l'université **Yahia farés à Médéa**.

J'adresse mes sincères remerciements à Monsieur **bachen Mourad,** Professeur à l'université **Yahia farés à Médéa**

Également à remercier Melle **Abadi louiza**, Mr **Ibrir Abdellah** docteure à l'université Yahia **farés à Médéa**, Mr **Bengharbia Mohammed** médicine généraliste cabinier à Médéa

. Enfin, je remercie toute ma famille et tous mes amis (es).

Dédicaces

****

A

Ma mère, et mon père,

A

A toute ma famille,

****

Sommaire :

Titre	Page
Remerciements	
Dédicaces	
Sommaire	
Liste des figures	
Résume	
Introduction Générale	**2**
Chapitre I : Diabète et traitement	
I.1.Introdiction	**5**
I.2. Définition du diabète	**6**
I.3. Différents types de diabète	**6**
I.4. Traitement actuel du diabète	**9**
I.5. L'insuline	**11**
I.6. Conclusion	**15**
Chapitre II : Insuline artificielle	
II. Introduction	**17**
II.2.Historique	**18**
II. 3.Description d'une insuline artificielle	**20**
II.4. Description d'une pompe à insuline artificielle	**22**
II.5.Choix de la pompe	**27**
II.6.Les patients cibles	**28**
Chapitre III : Réglage des doses d'une pompe à insuline artificielle	
III.1 1. Les system propose:	**34**
III.1 .2.System mécanique	**34**
III.1 .3.Vis écrou	**34**
III.1.4.Moteur pas à pas	**34**
III.1.4.Lexical de guidage	**35**
III.1.4.Fine de course	**35**
III.1 .2.System électronique	**36**
III.1 .2.1.Microcontrôleur : ESP 8266 Wemos D1 mini	**36**
III.1 .2.1.Afficheur	**36**
III.1 .2.2.Module Bluetooth HC-05 :	**37**
III.1 .2.5.Le Capteur Freestyle Libre 2	**37**
III.1 .2.4.Capteur glycémique	**37**
III.1 .2.3.Pile électrique	**37**
III.1 .2.5.1. Caractéristiques	**38**
III.1 .2.6.1.Capteur Guardian	**39**
III.1 .2.6.2.Application Guardian Connect	**39**
III.1 .2.6.2.Capteur Guardian MC Sensor (3) et transmetteur Guardian Connect	**39**
III.1 .2.6.3.System application	**40**
III.2.Réglage des doses	**41**
III.2.1.Le jour	**41**

III.2.2.La nuit	**42**
III.2.3.Hyperglycémie	**42**
III.2.4.Hypoglycémie	**43**
III.3.Les calculs des doses	**43**
III.3.Consultation avec le médecin	**46**
III.3.1Le concept de l'insulinothérapie fonctionnelle	**46**
III.3.2.Chez les non-diabétiques	**46**
III.3.3.Chez le diabétique de type 1(insulinodépendant)	**46**
III.3.4.Comment évolue –t-on les besoins en insuline ?	**47**
III.3.5.Les doses prandiales relatives au repas (insuline rapide ou ultra rapide)	**47**
III.3.5.Comment évalue-t-on les besoins en insuline ?	**48**
Chapitre IV: Réalisation de prototype de système de réglage des doses	
IV.1. Conception 3D	**51**
IV.2. l'organigramme	**55**
IV.3.Les commentaires	**56**
IV.4.le prototype	**56**
Conclusion générale	**59**
Les Ressources	**62**

Liste des figures :

Figure	Page
Figure 01 : la complication de Diabaté	9
Figure 02 : les types de traitement	10
Figure 03 : Les appareils CGM capteur glycémique	11
Figure 04 : l'insuline dons le songe	12
Figure 05 : L'insuline artificielle	13
Figure 06 : la courbe de l'insuline humaine donne le corps	14
Figure 07 : la première pompe d'une insuline	18
Figure 08 : les types des pompes à insuline	18
Figure 09 : pompes à insuline	19
Figure 10 : insuline artificielle	20
Figure 11 : stylo d'insuline	22
Figure 12 : insuline artificielle et lecteur glycémique	23
Figure 13 : la courbe de l'obtention d'une pompe à insuline	24
Figure 14: application de calcule de glucide	27
Figure 15: schéma cinétique	34
Figure 16 (1): moteur driver DRV 8825	35
Figure 16 (2): moteur pas à pas	
Figure 17: Lexical de guidage	35
Figure 18: Fine de course	35
Figure 19: Microcontrôleur : ESP 8266 Wemos D1 mini	36
Figure 20 : Afficheur	36
Figure 21 Module Bluetooth HC-05	37
Figure 22: capteur freestyle	39
Figure 23: Capteur Guardian	40
Figure 24: application Guardian	40
Figure 25 : application de Pompe	41
Figure 26: le principe de fonctionnent par jour	41
Figure 27 : le principe de fonctionnent par jour	42
Figure 28: le principe de fonctionnent avec Hyperglycémie	42
Figure 29: le principe de fonctionnent avec Hypoglycémie	43
Figure 30: le réservoir mesurer	43
Figure 31: le secure	48
Figure 32: conception cote mécanique (moteur, vis écrou, piston)	52
Figure 33: conception cote électronique (afficheur , bouton, pile……..)	53
Figure 34: conception 3D d'une pompe à insuline	54
Figure 35: organigramme	55

Figure 36: Image 01	**56**
Figure 37: Image 02	**57**
Figure 38: Image 03	**57**

الملخص:

إن علاج مرض السكري عن طريق الأنسولين لديه العديد من العقبات والمشاكل في حياة المريض عندما يتلقى حقن جرعة الأنسولين يوميًا وحتى عدة مرات في اليوم، يجب أن يكونوا حذرين ونصيحة لتجنب المضاعفات. أصبحت السيطرة على مرض السكري هاجسًا للمرضى تحت الأنسولين. الغرض من هذه الدراسة في الميكا رونيك التي تعالج المشكلات التي يوجهها مريض السكري لتغيير نظرته في هذا المرض وتسهيل الحياة مع مرض السكري، ومحتوى هذه الدراسة هو أن يؤدي إلى برنامج ميكا رونيك يسمح بتحقيق الجهاز في شكل البنكرياس الاصطناعي.

الكلمات المفتاحية: السكري؛ الأنسولين الحقن جرعة؛ المضاعفات المرضى تحت الأنسولين. الميكا رونيك؛ البنكرياس الاصطناعي.

Abstract:

The treatment of diabetes by insulin It has many obstacles and problems in the life of the patient when he receives injections of insulin dose daily and even several times a day, they must be careful and advice to avoid complications . Control of diabetes disease has become an obsession with patients under insulin. The purpose of this study in mechatronics tackling the problems encountered by the diabetic patient to change his gaze on this disease and facilitate life with diabetes, the content of this study is to lead to a mechatronic program allowing the realization of a device in the form of an artificial pancreas.

Key Word :

Diabètes ; Insuline ; injections ; dose ; complications ; patients Under insuline ; Mécatronique ; Artificiel pancréas.

Résume :

Le Traitement du diabète par insuline Il comporte beaucoup d'obstacles et des problèmes dans la vie du patient lors qu'il reçoit des injections des dose d'insuline quotidiennement et même plusieurs fois par jour, Ils doivent être prudents et conseils pour éviter les complications. Le contrôle de la maladie de diabète est devenu une obsession pour les patients sous insuline. Le but de cette étude en mécatronique aborder les problèmes rencontrés par le patient diabétique pour change son regard sur cette maladie et faciliter la vie avec le diabète, le contenu de cette étude est d'aboutir à un programme mécatronique permettant la réalisation d'un dispositif sous la forme d'un pancréas artificiel.

Mots clés : diabète ; Insuline ; injections ; dose ; complications ; patients sous insuline ; mécatronique ; pancréas artificiel.

Introduction Générale

Introduction Générale

Le diabète est une maladie chronique qui affecte un nombre croissant de personnes à travers le monde. Il se caractérise par un dysfonctionnement du système de régulation de la glycémie, conduisant à une concentration élevée de sucre dans le sang. L'un des traitements les plus couramment utilisés pour le diabète est l'administration d'insuline, une hormone essentielle à la régulation du glucose dans l'organisme.

Le développement de l'insuline artificielle a révolutionné la gestion du diabète, offrant aux patients une alternative pratique aux injections manuelles régulières. Les systèmes de pompe à insuline artificielle permettent d'administrer automatiquement des doses précises d'insuline en fonction des besoins individuels de chaque patient. Cependant, la détermination des bonnes doses d'insuline reste un défi important.

Le réglage des doses d'une pompe à insuline artificielle est un processus complexe qui nécessite une compréhension approfondie de la physiologie du patient, de ses habitudes alimentaires, de son niveau d'activité physique, et d'autres facteurs influençant sa glycémie. Il est crucial d'ajuster les doses d'insuline de manière adéquate afin de maintenir des niveaux de glucose sanguin stables et d'éviter les complications à court et à long terme liées au diabète.

Dans ce projet de fin d'études, nous nous proposons d'étudier et de développer un système de réglage des doses d'insuline pour les patients utilisant une pompe à insuline artificielle. Notre objectif principal est de concevoir un prototype de système qui soit capable d'évaluer en temps réel les besoins individuels en insuline du patient, en se basant sur des données cliniques et des algorithmes de calcul avancés.

Ce projet se décompose en plusieurs chapitres qui aborderont les différents aspects liés au réglage des doses d'insuline. Le chapitre I présentera une introduction générale sur le diabète et son traitement, en mettant l'accent sur l'importance de l'insuline. Le chapitre II se concentrera sur l'insuline artificielle, en décrivant son fonctionnement, ses avantages et ses limites.

Le chapitre III abordera spécifiquement le réglage des doses d'une pompe à insuline artificielle, en détaillant les différentes méthodes et approches utilisées dans la pratique clinique. Nous analyserons les facteurs à prendre en compte lors du réglage des doses et présenterons les principaux protocoles utilisés.

Enfin, le chapitre IV sera consacré à la réalisation du prototype du système de réglage des doses d'insuline. Nous décrirons les composants matériels et logiciels nécessaires, ainsi que les

étapes de développement et de test du système. Nous discuterons également des résultats obtenus et des perspectives d'amélioration future.

Ce projet de fin d'études vise à contribuer à l'amélioration de la prise en charge du diabète en proposant un système de réglage des doses d'insuline plus précis et plus personnalisé. En fournissant aux patients diabétiques une technologie avancée et fiable, nous espérons les aider à maintenir une glycémie équilibrée et à vivre une vie plus saine et plus confortable.

Chapitre I : Diabète et traitement

I.1.Introduction :

Le diabète est une maladie chronique qui se déclare lorsque le pancréas ne produit pas suffisamment d'insuline, ou lorsque l'organisme n'est pas capable d'utiliser efficacement l'insuline qu'il produit. L'insuline est une hormone qui régule la glycémie.

I.2. Définition du diabète :

Dans des conditions normales, le glucose est de loin le principal stimulant de la Sécrétion d'insuline. Lorsque les taux de glycémie augmentent, les taux d'insuline augmentent Également, ce qui établit un système classique de rétroaction négative qui maintient le taux de Glycémie dans une fourchette étroite. Dans le cas de diabète sucré, le métabolisme du glucose Est altéré par l'absence de sécrétion d'insuline ou par une sensibilité réduite des cellules à L'insuline (c.-à-d. une résistance accrue).

En raison d'un manque d'insuline ou de résistance à l'insuline, le glucose ne peut être Utilisé ou stocké par la plupart des cellules du corps.

Il en résulte une augmentation de la Glycémie (hyperglycémie) et une augmentation de l'utilisation des graisses et des protéines par Les cellules comme source d'énergie, ce qui entraîne la libération d'acides gras libres, de Cholestérol et de phospholipides dans la circulation sanguine. L'accumulation de ces substances Dans le sang est associée à des dommages, des dysfonctionnements et des défaillances de divers Organes de l'organisme. L'hyperglycémie soutenue est associée à une acidocétose aiguë et à des Maladies micro et macro-vasculaires. L'acidocétose, due à l'accumulation de cétones due À la dégradation des graisses et des protéines dans le sang, peut mettre la vie en danger si elle N'est pas traitée, entraînant le coma et la mort

I.3. Différents types de diabète

I.3.1. Types de diabète :

Il existe deux principaux types de diabète :

I.3.1.1. Diabète de type 1 :

Dans le DT1, les cellules β pancréatiques sont détruites par une réaction auto-immune erronée dans le corps. Ainsi, la sécrétion d'insuline est réduite à un niveau très bas (jusqu'à 10% de la Normale). À ce niveau de production, l'insuline ne peut pas diminuer la glycémie. La glycémie

Augmente encore plus en raison d'un autre effet manquant de l'insuline, à savoir l'inhibition de La sécrétion de glucagon (qui stimule la dégradation du glycogène en glucose) lorsque le taux

De glycémie est élevé. La glycémie chez les patients atteints du DT1 peut atteindre 300 à 1200 mg/dl, soit 8 à 10 fois plus élevée que celle d'une personne non diabétique. Lorsque la glycémie

Dépasse 180 mg/dl, les reins commencent à libérer du glucose dans l'urine. Les symptômes du DT1 comprennent la fatigue, la faim et la perte de poids. Les patients souffrant du DT1 sont Dépendants de l'administration de doses d'insuline externes parce que rien n'est sécrété. C'est Pourquoi ce type de diabète est également appelé diabète insulinodépendant.

I.3.1.1.1. Les causes du diabète de type 1 :

Ce type de diabète est une maladie que l'on appelle "auto-immune". Pour des raisons qui restent inconnues, la personne fabrique des anticorps qui ont la caractéristique d'attaquer ses propres cellules pancréatiques, en l'occurrence celles qui fabriquent de l'insuline.

Le résultat en est la destruction des îlots de Langerhans où se fabrique l'insuline. Quand 90% des îlots sont détruits, le diabète apparaît. Il existe un terrain génétique particulier, mais le rôle de l'hérédité n'est pas si déterminant : dans 90 % des nouveaux cas, on ne retrouve aucun antécédent de diabète de type 1 dans la famille et le risque de devenir diabétique si un parent est atteint ne dépasse pas 2 à 3 %. Cela signifie que les facteurs environnementaux, infectieux, alimentaires ou psychologiques, sans en être la cause spécifique, jouent un rôle important dans le déclenchement de cette maladie auto-immune si la personne est génétiquement prédisposée.

I.3.1.1.2. Les symptômes du Diabète type 1 :

Dans l'immense majorité des cas, le diabète de type 1 survient de façon soudaine avant L'âge de 30 ans, le plus souvent chez l'enfant ou l'adolescent. Il provoque des états de fatigue Importante, une soif intense, une perte de poids massive ou encore un besoin fréquent d'uriner.

I.3.1.1.3. Diagnostique du diabète type 1 :

D'un point de vue clinique, les critères permettant de poser le diagnostic du diabète Sont les suivants : La glycémie à jeun est supérieure à 1, 26 g/l ; La glycémie mesurée 2 heures après une charge orale de 75 g de glucose est supérieure à 2 g/l ; La glycémie à n'importe quel moment de la journée est supérieur à 2 g/l avec la présence de certains symptômes (sensation de soif, sécrétion excessive d'urine, somnolence, amaigrissement inexpliquée, etc.). Un de ces Critères est à vérifier à deux reprises pour poser un diagnostic définitif. Dans le cas d'un diabète De type 1, la glycémie est en général très élevée (>> 3 g/l) à la découverte du diabète et une Hospitalisation s'avère nécessaire. Cette hyperglycémie est généralement associée à la présence De corps cétoniques en excès, ce qui traduit une carence

en insuline. La présence d'anticorps Anti-ilots témoigne de l'auto-immunité anti-pancréatique et permet de confirmer la maladie.

En L'absence de traitement, le décès peut survenir en quelques semaines ou mois

I.3.1.2. Diabète de type 2 :

Contrairement au diabète de type 1, le diabète de type 2 permet au pancréas de produire De l'insuline. Toutefois, l'insuline sécrétée n'est pas capable d'affecter les cellules de l'organisme Pour augmenter leur absorption de glucose. Ainsi, les patients atteints du diabète de type 2 sont Résistants à l'insuline. Avec le temps, le nombre de β-cellules commencent à diminuer en raison De la surcharge, et puis, les diabétiques de type 2 doivent être traités avec des médicaments pour Augmenter la sensibilité à l'insuline. Si ces médicaments ne sont pas suffisants, l'insuline externe Doit être injectée comme dans DT1. Le DT2 est le type de diabète le plus courant.

Au cours des deux dernières décennies, la prévalence du diabète a augmenté de façon Spectaculaire et la maladie est maintenant un problème de santé publique mondiale. Dans le Monde, environ 366 millions de personnes sont diabétiques. On s'attend à ce que ce nombre Atteigne environ 552 millions d'ici 2030. La maladie et sa complication ont coûté au moins 465 milliards de dollars en dépenses de santé en 2011. Le diabète est l'une des dix principales Causes de décès dans le monde. Ce sont là des faits alarmants qui justifient la nécessité de mener Des recherches dans ce domaine.

I.3.1.2.1. Les causes du diabète de type 2

Il n'existe pas une cause précise mais un ensemble de facteurs qui sont responsables : Une origine génétique : le facteur familial est tout à fait prépondérant. Des antécédents de Diabète du même type sont souvent présents dans la famille.

Des facteurs environnementaux : alimentation déséquilibrée, un manque d'activité physique, Responsables du surpoids.

I.3.1.2.2. Les symptômes :

Les symptômes du diabète de type2 sont malheureusement rarement détectables sans Effectuer une analyse sanguine (mesure de la glycémie) d'où l'importance de faire Régulièrement un check-up chez votre médecin, c'est surtout recommandé chez des personnes En surpoids, car le risque de développer un diabète de type 2 est plus élevé chez ces individus.

Notons que dans certains cas des signes ou des symptômes de diabète de type 2 peuvent être visibles, ce sont : Une soif importante due à une concentration élevée dans le

sang qui provoque Une sortie du liquide des cellules vers le sang, par effet d'osmose. Une envie fréquente d'uriner, Pour la même raison qu'en cas de soif importante, le liquide sort des cellules par effet d'osmose, Va dans la circulation sanguine et est ensuite en partie éliminé au niveau rénal, la personne va Donc uriner de façon fréquente.

I.3.2. Les complications :

Le diabète de type 2 est une maladie qui peut présenter de graves complications pour la Santé, en particulier chez les personnes qui ne sont pas correctement traitées ou qui ignorent Qu'elles souffrent de cette maladie métabolique. En effet, lorsque le diabète n'est pas Correctement soigné (hyperglycémie), on peut observer les complications suivantes :

- Complications cardio-vasculaires,
- Troubles rénaux,
- Augmentation du risque d'infection ……

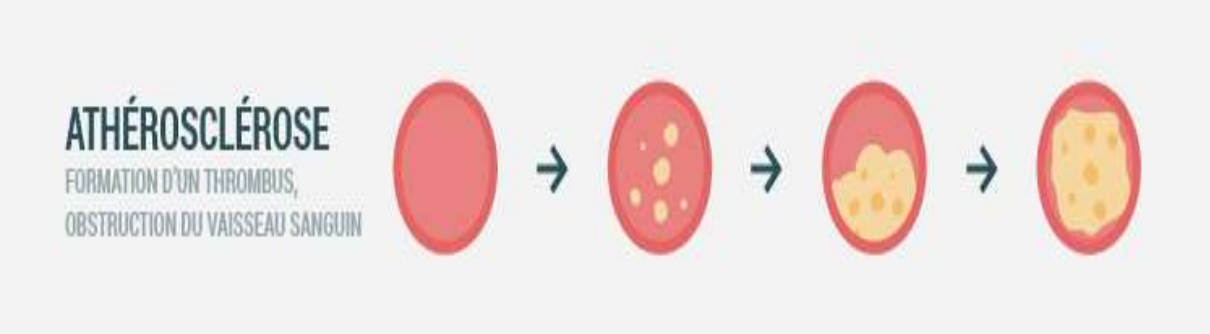


Figure 01 : les complications de Diabaté

I.4. Traitement actuel du diabète :

Il y a différents traitements en fonction du type et de l'avancement du diabète. Durant la première phase du diabète de type 2, il existe des médicaments sous forme de pilules à avaler au cours des repas, ce sont des médicaments qui aident l'insuline à mieux fonctionner et donc à contrôler le taux de glycémie. Dans les autres cas, on utilise l'insulinothérapie. On injecte de l'insuline synthétique dans le sang à différents moments de la journée pour conserver un taux de glycémie à un niveau normal. Il y a différentes façons de s'injecter de l'insuline :

La seringué stylo, le pistolet et la pompe à insuline.



Figure 02 : les types de traitement

I.4.1. Surveillance du glucose :

Généralement, le glucose est surveillé à l'aide d'un glucomètre, qui est un petit appareil Portatif. Pour mesurer la glycémie à l'aide d'un lecteur traditionnel, une personne doit prélever Un petit échantillon de sang en piquant le doigt, placer l'échantillon sur une bandelette-test et Insérer la bandelette dans l'appareil. Les appareils de mesure existants utilisent des principes de Réflectométrie électrochimique ou optique pour mesurer le niveau de glucose. La plupart De ces glucomètres utilisent une méthode électrochimique enzymatique (oxydation du glucose) Pour la détection du glucose. Le test doit être répété plusieurs fois par jour.

Les glucomètres Actuels fournissent des informations instantanées (discrètes) et ne tiennent pas compte de la Dynamique (p. ex. variations des niveaux et des tendances) du glucose entre les tests, ce qui Limite leur capacité à atteindre le contrôle glycémique souhaité. Le DCCT a recommandé une Surveillance stricte de la glycémie pour maintenir la concentration de glucose dans la plage la Plus sûre possible. Une telle surveillance est possible grâce à l'utilisation de dispositifs de Surveillance continue du glucose (CGM) : des technologies de capteurs qui fournissent des Mesures continues des niveaux de glucose et émettent des lectures toutes les 1 à 5 minutes.

La plupart des dispositifs CGM se composent d'un capteur qui est généralement inséré dans le Tissu sous-cutané, d'un moniteur pour afficher les informations et d'un émetteur qui

transmet les Données du capteur au moniteur. CGM peut fournir des informations qui permettent de :

• Détecter les événements hypoglycémiques et hyper-glycémiques ainsi que les Fluctuations importantes de la glycémie (variabilité glycémique) ;

• Prédire les hypoglycémies imminentes.

Les appareils CGM peuvent aider les patients et les médecins à adapter le traitement Et faciliter l'élaboration de stratégies thérapeutiques qui tiennent compte de la dynamique du Sang en temps réel, comme la réponse temporelle du glucose en fonction de la prise de repas Et/ou de la dose d'insuline et du taux de variation du signal glycémique mesuré.



Figure 03 : Les appareils CGM capteur glycémique

I.5. L'insuline :

I.5.1. L'insuline humaine :

L'insuline est une hormone produite par la cellule bêta de votre pancréas. Le but de cette hormone est d'aider à réguler votre glycémie en déplaçant le sucre (glucose) de votre sang dans les cellules de votre corps.[1]

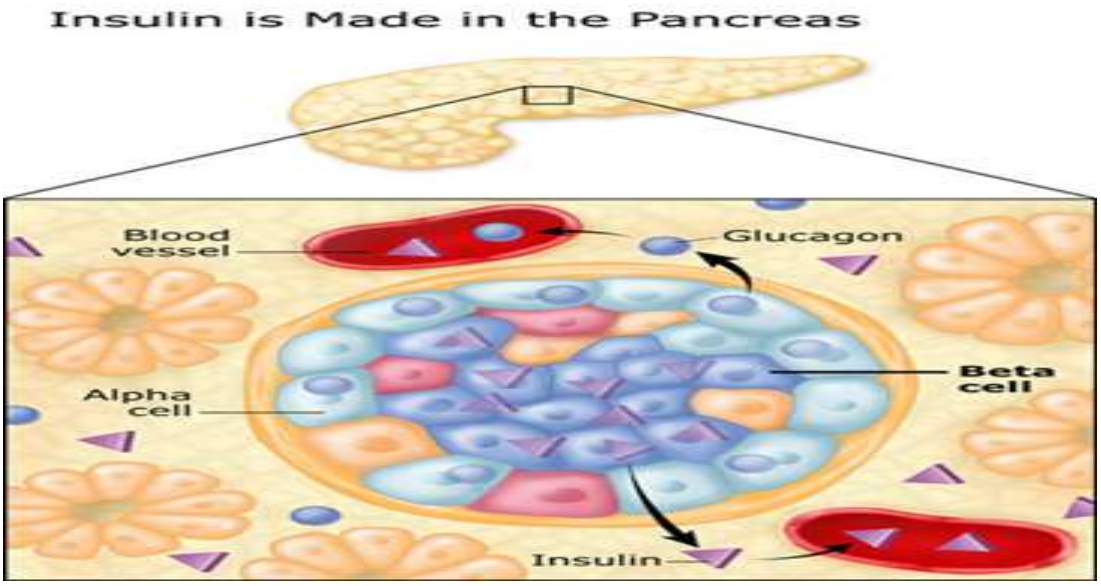


Figure 04 : l'insuline dons le songe

Lorsque vous mangez des glucides, votre système digestif le décompose et le transforme en glucose. Le glucose entre dans votre sang à travers vos petits intestins.[1]

Les cellules de votre corps ont besoin de glucose pour l'énergie. Pour obtenir du glucose de votre sang dans vos cellules, votre pancréas produit de l'insuline, qui envoie des signaux aux cellules de votre corps pour absorber le sucre dans votre sang.[1]

Les personnes atteintes de diabète de type 1 ne produisent pas suffisamment d'insuline et, par conséquent, doivent administrer des médicaments à l'insuline pour aider à réguler leur glycémie.[1]

Dans le diabète de type 2, les cellules de votre corps ne répondent pas bien à l'insuline et, à des stades ultérieurs, le pancréas peut ne pas produire suffisamment d'insuline. Les personnes atteintes de diabète avancé de type 2 peuvent également avoir besoin de prendre des médicaments à l'insuline pour contrôler leur glycémie.[1]

Des niveaux élevés de glucose dans votre sang peuvent endommager vos vaisseaux sanguins et vos organes. [1]

I.5.2. L'insuline artificielle :

Jusqu'à la source contractée 1980, les personnes atteintes de diabète ont principalement reçu l'insuline animale de vaches ou de porcs. De nos jours, la plupart des gens utilisent l'insuline conçue dans un laboratoire. Il existe deux types de source insuline de laboratoire :

insuline humaine analogues d'insuline [1

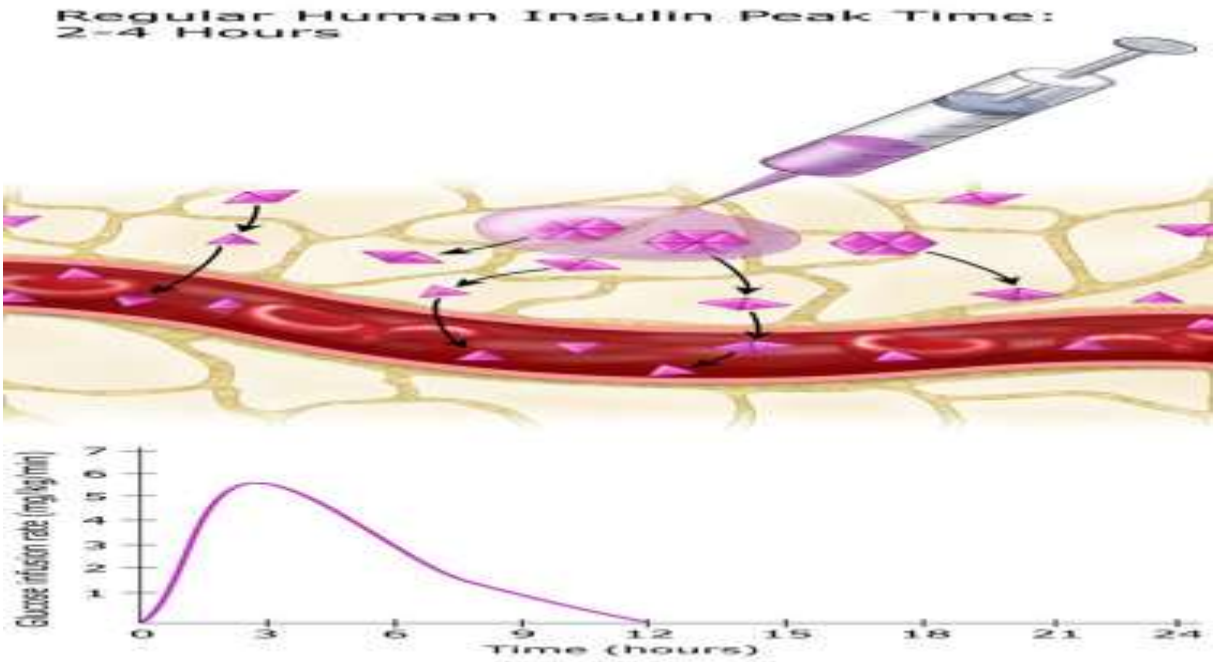


Figure 05 : L'insuline artificielle

L'insuline humaine est créée en cultivant des protéines d'insuline à l'intérieur des bactéries d'E. Coli. L'insuline humaine a été préparée pour la première fois par David Goeddel et ses collèges dans la source de 1978.

L'insuline humaine est vendue sous une variété de noms de marque, notamment:

Actraphane

Actrapide

Humulin

Humulin n

Humulin r

Insulatarde

Entité

Novolin

Novolin n

Novolin r

Afrezza

Insuman

Myxredlin

I.5.2.1. L'insuline humaine est disponible sous deux formes :

Une forme régulière ou à action courte

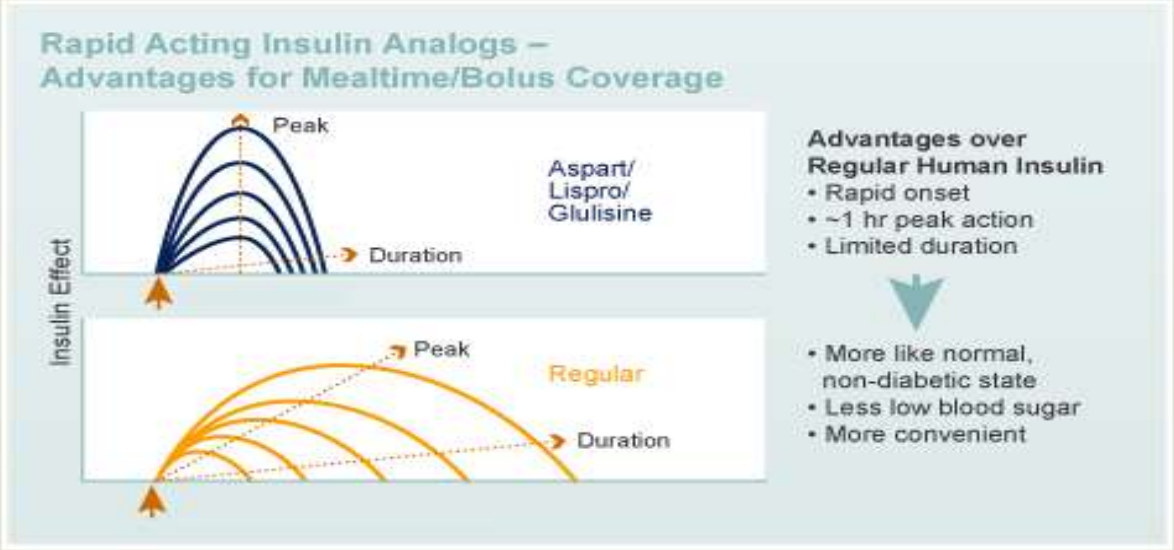


Figure 06 : la courbe de l'insuline humaine donne le corps

Une forme d'action intermédiaire appelée insuline de protamine neurale (NPH).

L'insuline humaine régulière prend des mesures dans les 15 à 30 sources minustestres et culmine en 1 à 3 heures. Plus vous prenez, plus cela commence rapidement.

Une protéine de poisson appelée protamine ou zinc est ajoutée à l'insuline NPH pour ralentir son absorption. L'insuline NPH prend effet environ 2 heures après l'injection et atteint son effet maximum après environ 4 à 6 heures.

De nos jours, des analogues d'insuline sont également utilisés pour traiter le diabète. Les analogues de l'insuline sont fabriqués de la même manière que l'insuline humaine mais sont génétiquement modifiés pour changer la façon dont ils agissent dans votre corps. [1]

Les analogues de l'insuline ont une structure chimique différente et abaissent votre glycémie plus rapidement source de la glycémie une fois que l'insuline est injectée dans votre corps [1].

I.6. Conclusion :

Il existe d'autres hormones qui fonctionnent avec l'insuline pour réguler la glycémie, y compris les incertaines et les hormones gluco-compupulateurs, mais l'insuline est la plus importante.

Chapitre II : Insuline artificielle

II. Introduction:

Pour libérer les diabétiques de la contrainte de plusieurs piqures quotidiennes, la pompe à insuline a été créée. Le système se porte à la ceinture et est relié au corps par un cathéter installé lors de la recharge de la pompe (tous les 2 ou 3 jours en général). Cette pompe injecte au cours de la journée toutes les doses nécessaires en insuline rapide (un débit basal tout au long de la journée et du bolus pour corriger la glycémie au moment des repas). Le réglage se fait par le patient tous les jours en fonction des doses calculées avec son médecin et avec des corrections en fonction de ses prédictions sur la journée à venir (s'il va faire du sport, il faut diminuer ou arrêté les doses habituelles pour éviter l'hypoglycémie).

Le patient est libéré de certaines contraintes mais il doit toujours surveiller sa glycémie plusieurs fois par jour car le système est en boucle ouverte, il n'y a pas de retour du taux du glycémie sur la pompe. Un système totalement autonome serait très utile pour les malades.

II.2.Historique :

Dans les années 1960, la première pompe à insuline a été réalisée par le Docteur Arnold Kadish en Californie. Elle se portait comme un sac à dos. Quelques années plus tard, les premiers capteurs à insuline sont mis sur le marché par les laboratoires MILES ensuite racheté par Bayer (1969).

Parallèlement, la première transplantation de pancréas a eu lieu à l'Université du Minnesota (1966). Les docteurs ont alors essayé de guérir le diabète par transplantation. Aujourd'hui, la greffe de pancréas est une opération réalisée partout dans le monde [4]



Figure 07 : la première pompe d'une insuline

En 1978, Baxter lance la première commercialisation de la pompe à insuline alors appelée Auto Syringe (inventée par Dean Kamen). Ce fut la première pompe programmable utilisable à domicile par les patients.

En 2004, la première pompe programmable sans fil, l'Om iPod est commercialisé.



Figure 08 : les types des pompes à insuline

Aujourd'hui

De nombreuses pompes à insuline existent sur le marché. Seulement, ce dispositif médical reste peu répandu du fait de son prix très élevé (3000 euros minimum).

Les principales entreprises réalisant ce genre de dispositif sont Medtronic, Roche, Novalab. Les derniers modèles proposent des moyens de surveillance et d'acquisition de données en temps réel.[4]



Figure 09 : pompes à insuline

La pompe à insuline Animas (Novalab) à un système de SGC (Surveillance du Glucose en Continu) intégré. Ce système permet de connaitre la quantité de bolus encore actif dans l'organisme, cela permet de prendre de meilleure décision quant à l'administration de l'insuline. Il existe également des pompes connectées au capteur de glycémie afin de contrôler les taux du patient.

D'autres sociétés ont fait le pari de la discrétion en essayant de minimiser les dimensions de la pompe de manière à ce qu'elle soit discrète pour le patient qui la porte.

Ce fut le cas pour OmniPod qui s'est engagé à créer une pompe discrète tout en assurant sa robustesse et ses performances avec des pompes à changer tous les 3 jours.

Cette pompe est connectée à un PDM (Personale Diabètes Manager) sans fil qui gère l'administration, récupère les données du glucomètre intégré, calcule l'insuline active dans l'organisme et peut également suggérer au patient une dose de bolus à injecter.

Cellnovo a souhaité réaliser une pompe à insuline discrète mais qui serait en plus rechargeable de manière à avoir un impact le plus minime possible sur l'environnement.

II. 3.Description d'une insuline artificielle :



Figure 10 : insuline artificielle

L'insuline en injection est utilisée comme traitement du diabète pour les diabétiques de type 1 insulino-dépendants et les diabétiques de type 2 insulino-requérants. C'est ce qu'on appelle l'insulinothérapie. Elle peut également être prescrite, dans certains cas et de façon temporaire, aux femmes atteintes de diabète gestationnel.

- **II.3.1.Définition de l'insuline**

L'insuline est une hormone sécrétée par les cellules β des îlots de Langerhans du pancréas. Chez une personne non diabétique, l'insuline est sécrétée de manière continue et elle régule notamment le taux de glucose (ou glycémie) dans le sang.

Rôle et fonctionnement de l'insuline

Lorsque vous consommez un repas, et en particulier lors de l'ingestion de glucides, votre glycémie s'élève, entraînant normalement une sécrétion d'insuline par votre organisme. Pour une personne non diabétique, la glycémie peut augmenter légèrement, puis s'abaisser à un taux normal, et le glucose est converti en réserves et en énergie. Ce système ne fonctionne pas correctement chez les personnes qui souffrent du diabète.

Si vous êtes diabétique de type 1, vous devez vous injecter de l'insuline dès la découverte du diabète.

Si vous êtes diabétique de type 2, l'insulinothérapie devient nécessaire après une certaine évolution de la maladie, lorsque l'insuline n'est plus produite en quantité suffisante par le pancréas (insulinopénie) malgré les traitements oraux et les mesures hygiéno-diététiques.

Quelles sont les différentes familles d'insuline " apportée " ?

Sur le marché ALGERIANE, il existe une trentaine d'insulines commercialisées par quatre laboratoires pharmaceutiques: Saidal et Lilly, Novo Nordisk et Sanofi.

On peut classer les insulines en 4 catégories :

- Les insulines rapides
- Les analogues lents
- Les insulines retard
- Les mélanges d'insulines

On distingue les différentes insulines en fonction de leur durée et rapidité d'action.

L'apport d'insuline se fait soit sous forme d'injections (avec une seringue ou un stylo), soit avec une pompe à insuline, appareil portable (ou plus rarement "implantable"), destiné à administrer l'insuline en continu.

La quasi-totalité des insulines existe sous forme de :

Stylos injectables ou seringues

Cartouches

Flacons

La multiplicité des insulines et des marques permet d'adapter au mieux le traitement en fonction de chaque patient : état clinique, âge, poids, taille, mode vie…

II.3.2.Les schémas insuliniques :

Quel que soit votre schéma d'insulinothérapie et votre profil, l'objectif demeure le même : limiter les trop grandes variations de votre glycémie tout au long du cycle biologique, soit 24h avec alternance d'un jour et d'une nuit (nycthémère).

Différents schémas d'injections (de 1 à 5 injections par jour) peuvent être prescrits par votre médecin, en fonction de votre type de diabète, de vos besoins en insuline et de votre mode de vie.

Dans le cas d'un schéma basal-bolus, l'insuline basale, aussi appelée insuline pour vivre, correspond à une ou deux injections d'insuline lente. Si vous utilisez une pompe à insuline, cela correspond au débit de base.

L'insuline pour manger (insuline prandiale) est apportée par un bolus, c'est à dire une injection d'insuline rapide au moment des repas, en fonction du nombre de glucides ingérés. L'insuline de correction permet, grâce à une injection d'insuline rapide, de corriger votre glycémie si elle est trop élevée.

II.3.3.L'insulinothérapie fonctionnelle :

Elle permet, si vous êtes diabétique de type 1 ou diabétique de type 2 insulino-requérant (sous schéma basal-bolus ou sous pompe à insuline), d'ajuster votre traitement à votre mode de vie plutôt que l'inverse. Il s'agit d'essayer de reproduire, grâce aux injections

d'insuline, l'insulinosecrétion naturelle du pancréas. Les services hospitaliers proposent souvent des stages d'insulinothérapie fonctionnelle.[2]



Figure 11 : stylo d'insuline

II.4. Description d'une pompe à insuline artificielle :

Le traitement par pompe à insuline est une forme d'**insulinothérapie** intensive qui ne nécessite pas de multiples injections d'insuline. Un appareil à piles de la taille d'un téléavertisseur, appelé pompe à insuline, est porté sur soi en tout temps et libère continuellement de l'insuline à action rapide. L'appareil permet également d'administrer au besoin des doses supplémentaires (bolus) d'insuline, sur commande de son utilisateur.

II.4.1Le mode de fonctionnement :

Il existe deux grandes catégories de pompe sur le marché actuelle :

La pompe avec tubulure qui relie la pompe au cathéter qui infuse l'insuline dans les tissus sous-cutanés, et la pompe avec dispositif de type « pod » qui est un dispositif collé directement sur la peau et qui infuse l'insuline par le cathéter inséré sous la peau. Dans les deux cas, l'ensemble complet de perfusion (réservoir, tubulure, cathéter ou pod) doit être changé tous les 2 ou 3 jours.

La pompe à insuline tente d'imiter le fonctionnement d'un pancréas normal, en libérant une dose d'insuline basale et des bolus aux repas ou lorsque la glycémie augmente de façon inhabituelle. Par contre, à la différence du pancréas, elle ne libère pas automatiquement une quantité d'insuline variable en fonction de la glycémie ou de ce qui a été mangé. L'utilisateur, avec l'aide de son équipe de soins, doit lui-même programmer les doses. Par conséquent, il doit surveiller sa glycémie de près et calculer avec précision la quantité de glucides consommés afin d'ajuster les doses d'insuline à administrer.

Mais la technologie évolue constamment et il existe maintenant sur le marché de nouveaux systèmes de pompes à insuline qu'on appelle les pompes automatisées. Ces nouveaux systèmes de pompes à insuline ajustent automatiquement l'administration d'insuline basale en fonction des lectures provenant de la surveillance du glucose en continu (SGC) afin d'augmenter le temps passé dans une plage saine et de diminuer les épisodes d'hypoglycémie et d'hyperglycémie. Le patient doit seulement entrer les glucides consommés lors des repas et à répondre aux messages-guides du système .[3]



Figure 12 : insuline artificielle et lecteur glycémique

II.4.2.Les avantages :

II.4.2.1.Un meilleur contrôle glycémique :

Des études menées auprès d'enfants et d'adultes diabétiques ont démontré que le traitement par pompe à insuline offrait généralement un meilleur contrôle de la glycémie que le traitement par injections multiples, réduisant les hausses et les chutes de glycémie. [3]

II.4.2.2.Une plus grande liberté :

Un autre des principaux avantages réside dans la liberté qu'offre la pompe à insuline sur le plan du mode de vie. Cet avantage est encore plus appréciable chez les enfants et les adolescents, qui ont souvent un horaire de vie très variable. L'utilisateur peut décider spontanément du moment et de la dose de l'administration d'insuline. [3]



Figure 13: la courbe de l'obtention d'une pompe à insuline

II.4.2.3.Démarches pour l'obtention d'une pompe à insuline :

L'initiation d'un traitement par pompe à insuline fait intervenir différents personnels : [5]

- Le diabétologue ;
- L'équipe du centre initiateur (médecins, infirmières, diététiciennes … de l'hôpital ou de la Clinique) ;
- Le prestataire de service et son infirmière mise à disposition ;
- Le patient lui-même.

II.4.2.3.1.Le diabétologue :

Le diabétologue a pour rôle d'étudier le cas du patient diabétique et de savoir si ce dernier est apte ou non à être traité par pompe à insuline.

Dans l'hypothèse où le diabétologue accepte que le patient soit traité par pompe à insuline, il indiquera un prestataire de service. En revanche les doses d'insuline à injecter sont décidées par le diabétologue [5]

II.4.2.3.2.Le prestataire de service :

Une fois la décision prise dans le choix du port d'une pompe à insuline, une première visite est organisée à l'hôpital ou à la clinique initiatrice. Lors de cette première visite, la pompe à insuline sera choisie ainsi que le prestataire de service. Le choix du prestataire reste très important, car c'est lui qui jouera le rôle d'interlocuteur entre le patient et sa pompe à insuline, c'est lui aussi qui formera le patient quant à l'utilisation de sa pompe.

Avant l'hospitalisation, le prestataire de service expliquera le fonctionnement de la pompe afin que le patient se familiarise avec celle-ci.

Par la suite, le prestataire de service contactera chaque mois le patient afin de lui livrer tout le matériel nécessaire, c'est à dire tous les consommables (cathéter, réservoir, auto piqueur, pile …).

Le prestataire de service met à disposition (location) du patient la pompe à insuline, lui explique le fonctionnement de celle-ci. Il doit être joignable par le patient 24/24 heures et 7/7 jours pour répondre à toutes questions et doutes concernant le fonctionnement de la pompe, ainsi que pour toute demande de maintenance et de réparation de pompe à insuline.

Il a pour rôle principal d'accompagner quotidiennement le patient diabétique dans sa formation médicotechnique sur la pompe à insuline.

En cas de problèmes, de soucis techniques, le prestataire de service doit répondre dans les plus brefs délais à la demande du consommateur, en remplaçant la pompe à insuline si cela est nécessaire.[5]

II.4.2.3.3.L'hospitalisation :

La prescription d'une pompe à insuline est réglementée, afin de conjuguer efficacité métabolique et sécurité. En effet, la pompe à insuline est un outil aux ordres du patient. Le porteur de pompe, guidé par l'auto surveillance glycémique, doit savoir ajuster au quotidien les doses d'insuline et savoir prendre le relais par multi-injections en cas d'incidents techniques, afin d'éviter toutes complications. C'est pourquoi, l'initiation du traitement par pompe à insuline doit être effectuée en Hôpital [5]

Une hospitalisation de quinzine jours (en minumum) au cours de laquelle un programme d'enseignement structuré est dispensée à tous les diabétiques sous schéma insulinique basal bolus, afin de former le patient à la gestion de l'insulinothérapie par pompe.

Cette éducation sera poursuivie au domicile du patient par des rendez-vous fixés avec le prestataire de service.

Au cours de cette hospitalisation, il est nécessaire de trouver un bon équilibre glycémique et de définir les doses d'insuline appropriées.

En fin d'hospitalisation, quelques objectifs techniques minimum sont à maitriser par le patient comme l'utilisation des fonctions simples de la pompe (changement de pile, d'heure, arrêt de perfusion de l'insuline), remplissage du réservoir, chargement de la pompe et mise en place du cathéter, réalisation d'un bolus à la bonne dose, modification et ajustement du débit basal. Des objectifs sécuritaires doivent être nécessairement acquis par le patient pour lui autoriser la sortie de l'hôpital ; il doit savoir réagir de manière adaptée à une alarme prévenant

de l'absence de débit, de la présence d'un réservoir bas, du niveau de pile faible ; réagir face à une hypoglycémie et une hyperglycémie ; savoir rechercher la présence de corps cétoniques en cas d'hyperglycémie ; connaître les mesures à entreprendre en cas de présence d'acétone avec hyperglycémie ; le patient doit connaître son schéma insulinique de remplacement qui lui permettra de prendre le relais de la pompe si cela est nécessaire.

Le patient apprendra également à calculer de manière rapide, le nombre de glucides ingérés, afin de savoir fixer les doses d'insuline à injecter

II.4.2.3.5.Par application :

De nombreux diabétiques utilisent une appli mobile pour mieux gérer leur maladie, qu'il s'agisse de calculer les glucides, trouver des recettes adaptées ou aider au contrôle de la glycémie. Notre sélection, commentée par le Dr Michael Joubert, diabétologue endocrinologue

Exemple :

Gluci-check

Gratuite sur AppStore et Google Play

Ce qu'elle propose : un journal d'autosurveillance glycémique, une banque de photos riche de plusieurs d'aliments qui permet d'évaluer la quantité de glucides pour chacun, en fonction des portions.

Pour qui ? Les diabétiques de type 1 ou de type 2 qui veulent maîtriser leurs apports caloriques.

Le + : conçue en collaboration avec des patients et approuvée par de nombreux services de diabétologie

Le -: pas très fluide d'utilisation.

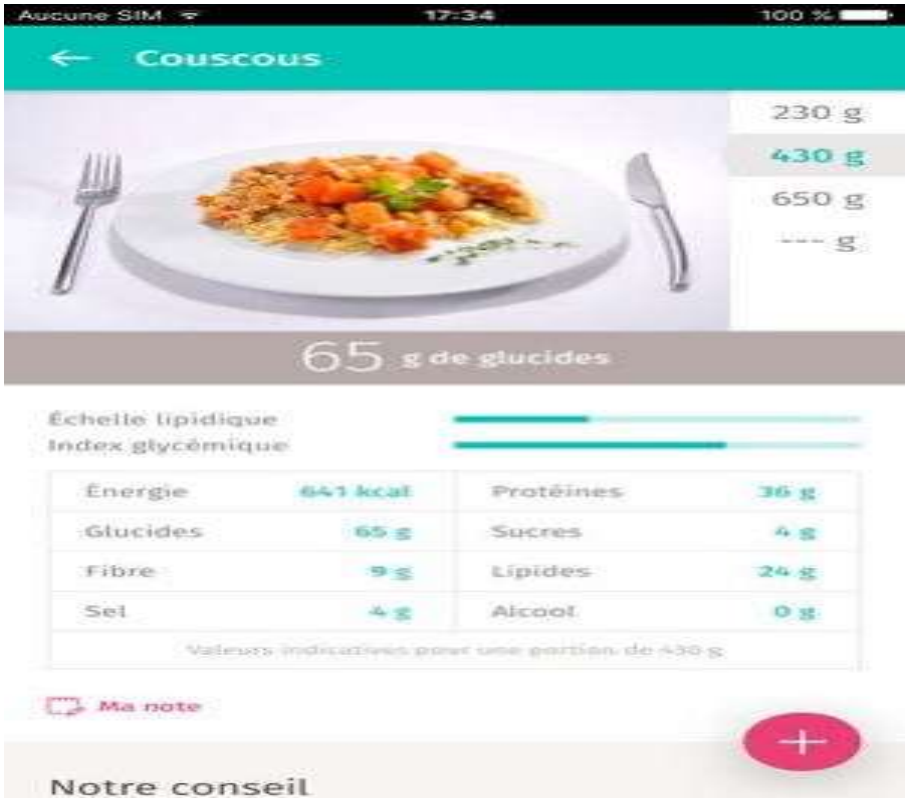


Figure 14 : application de calcule de glucide

II.5.Choix de la pompe :

Le choix du modèle de la pompe sera décidé après concertation entre le patient et le médecin. Ce dernier sera choisi en fonction des attentes du patient.

- Le choix d'une pompe se base sur plusieurs critères :
- Taille et poids : il est important que le patient porte la pompe entre ses mains pendant quelques minutes, afin de juger de son poids. Ce qui lui permettra de s'assurer qu'il est à l'aise avec elle ;
- Ecran ;
- Contenance du réservoir d'insuline : en fonction du nombre d'unités que le patient doit s'injecter, il aura besoin d'un plus ou moins grand réservoir. Il faut donc penser à prendre une pompe avec un réservoir d'insuline adapté au nombre d'unités devant être injectées ;
- Cathéter ;
- Débit de base : les besoins en insuline varient en fonction de l'activité du patient au cours de la journée, il est important de pouvoir créer un débit de base en fonction du sujet pour permettre un maintien de la glycémie ;

- Bolus ;
- Etanchéité ;
- Températures extrêmes ;
- Alarme visuelle, sonore et vibratoire ;
- Historique : il est utile de pouvoir programmer des profils afin de sélectionner celui qui correspond au mieux pour une journée donnée (ex : activité physique, cycle menstruel, nuit …) ;
- Télécommande ;
- Coloris ;
- Accessoires disponibles pour porter la pompe ;
- Facilité d'utilisation : il est important que le patient comprenne comment fonctionne sa pompe, et qu'il sache l'utiliser à 100 % de ses fonctions rapidement.

Il est important que le patient ait discuté des avantages et des inconvénients ainsi que des caractéristiques de chaque modèle de pompe avec son médecin

II.6.Les patients cibles

La pompe à insuline est un système révolutionnaire qui peut changer le quotidien d'un patient Diabétique.

Tous les patients ne peuvent être sujets à porter une pompe à insuline. Certains critères seront pris en compte dans la décision de débuter l'insulinothérapie par pompe. Afin de bénéficier de ce système, certaines règles sont à respecter :

- Il est nécessaire d'effectuer une auto-surveillance glycémique intensive (≥ à 4 contrôles/jours). Il s'agit d'un prérequis indispensable pour une utilisation optimisée et sécurisée du traitement par pompe à insuline.
- La motivation du futur porteur de pompe est un des garants du succès.
- Noter les résultats de ses glycémies capillaires sur le carnet de suivi.
- Savoir déterminer le nombre de glucides au cours d'un repas afin de déterminer la dose d'insuline nécessaire.
- Etre apte à résoudre les hypoglycémies et les hyperglycémies.
- Etre capable de programmer la pompe.
- Etre capable d'agir en conséquence lors de messages et d'alarmes s'exprimant sur celle-ci.

Il faut également que le traitement par pompe à insuline soit compris et accepté par le patient. La décision de traiter un patient par pompe à insuline peut être l'occasion d'une relance de la motivation du patient et de lui permettre de porter un nouveau regard sur sa maladie.

Il faut savoir, qu'en premier lieu, la pompe à insuline s'adresse aux adultes et enfants diabétiques insulinodépendants, exposés au risque d'hypoglycémies sévères ; ainsi qu'aux femmes diabétiques désirant une grossesse, puisque celles-ci ne peuvent être traitées par médicaments par voie orale, et aussi du fait que le risque d'acidocétose peut avoir des conséquences particulièrement graves sur le fœtus. En second lieu, les diabétiques non insulinodépendants instables pourront en bénéficier.

Une réévaluation annuelle du rapport bénéfice/risque du traitement par pompe à insuline est indispensable et fait partie du texte de loi qui encadre le traitement par pompe à insuline externe

II.6.1.Diabète de type I :

La pompe à insuline externe est fréquemment utilisée dans le traitement du diabète de type I, avec une efficacité métabolique prouvée. En revanche, chez les patients diabétiques de type 2, son utilisation reste limitée. Certaines études montrent une diminution du taux d'HbA1c chez les diabétiques de type 2 mis sous pompe à insuline externe, par rapport à un schéma multi-injections ; alors que d'autres ne trouvent aucune différence significative entre les deux modalités de traitement.

Du fait du déclin progressif des cellules β du pancréas, certains diabétiques de type 2 deviennent insulino-requérants. Ainsi, ils nécessitent un traitement par insuline après plusieurs années d'évolution du diabète.

La Haute Autorité de Santé (HAS) a validé chez le diabétique de type 2, les modalités de traitement par pompe à insuline, dans le cas d'échec du schéma multi-injections et/ou devant une insulino résistance marquée par des besoins en insuline importants. Malgré leur autorisation, en France, l'utilisation de la pompe à insuline externe dans le cas de diabète de type 2 demeure limitée. Peut-être dû au fait qu'il y ait peu d'études montrant une différence d'efficacité marquante entre une prise en charge par pompe à insuline et un schéma multi-injections. Pourtant, au cours de ces études, nous remarquons un meilleur équilibre glycémique des patients diabétiques type 2 mis sous pompe à insuline alors qu'ils étaient traités auparavant par un schéma multi-injections ; on remarque également une baisse de 40 %

des doses d'insuline basale. L'âge et le profil métabolique du patient ne doivent pas être un frein à la mise sous pompe. Il s'agit d'une bonne alternative aux multi-injections chez les patients utilisant de fortes doses d'insuline. Cependant, il ne faut pas s'attendre à une perte de poids malgré une diminution des besoins insuliniques.

Toutes ces améliorations sont peut-être dues à un apport sous-cutané en continu d'insuline qui mime mieux la physiologie, ou, cela pourrait s'expliquer par une éventuelle amélioration de l'insulinorésistance et/ou une meilleure biodisponibilité de l'insuline reçue en continu, comparée à l'insuline administrée en discontinu comme c'est le cas du schéma par multi-injections.

En tout état de cause, du fait du coût élevé et non négligeable du traitement par pompe à insuline l'indication de celle-ci dans le cas d'un diabétique de type 2 doit toujours être discutée au cas par cas.

II.6.2.La femme enceinte :

L'utilisation de la pompe à insuline chez la femme enceinte présentant un diabète, a fait l'objet d'une étude qui n'a pas mis en évidence d'élévation du taux de complications materno-fœtales. De plus, on sait qu'au court de la grossesse les taux de glycémie sont influencés par les hormones.

C'est pourquoi l'utilisation d'une pompe à insuline au cours d'une grossesse, permettrait un meilleur équilibre de la glycémie et diminuerait le risque de complications métaboliques.

II.6.3.Les enfants et les nouveau-nés :

Le port d'une pompe à insuline chez l'enfant apporterait beaucoup de bénéfice, en termes de qualité de vie et d'équilibre glycémique. Elle est indiquée en pédiatrie en cas de diabète instable, de jeûne, de phobies des injections et du « phénomène de l'aube » (hyperglycémie due à un processus naturel vers la fin de la nuit). L'instauration de ce traitement nécessite la motivation de l'enfant ainsi que des parents.

De nombreuses études ont montré une réduction de la qualité de vie et une augmentation des problèmes psychosociaux et neuropsychologiques des enfants diabétiques de type I, favorisées par un mauvais équilibre métabolique. De plus, ces études ont fait la preuve de l'efficacité de l'utilisation de la pompe à insuline en pédiatrie ainsi que chez l'enfant ; un contrôle métabolique meilleur, une réduction des hypoglycémies, une qualité de vie de toute la famille

Pour aller plus loin dans le bénéfice de la pompe à insuline, une étude a été menée afin d'évaluer l'humeur et le comportement chez l'enfant mais également chez les parents des enfants diabétiques, une semaine avant la mise sous pompe et huit semaines après la mise sous pompe.

Il a été rapporté une amélioration de l'humeur par les enfants mais également par leurs parents.

L'HbA1c est meilleure (on améliore l'HbA1c en moyen de 0,70 %), le temps des hyperglycémies a été également réduit.

L'effet positif de la mise sous pompe à insuline peut être lié à l'amélioration des paramètres métaboliques, mais aussi au traitement par pompe, lui-même, qui apporte une plus grande flexibilité, moins d'injections et souvent une satisfaction parentale meilleure (ce qui est fondamental dans la prise en charge d'enfants diabétiques de type I .

Les points positifs qui en ressortent sont principalement la « gestion de l'insuline » et des « injections », mais également, la gestion du diabète, les émotions, les comportements, la scolarité, la vie en famille, la vie quotidienne et les activités physiques. En revanche, l'item portant sur « la vie en société, entourage » n'est pas significatif, du fait que la pompe modifie l'image du corps par un sentiment ambivalent de normalité (liberté engendrée par le port de la pompe à insuline) et différence (due à la modification de l'apparence par la visibilité du port de pompe qui rappelle aux patients leur maladie).

Dans notre étude, nous avons remarqué que la plupart des sujets qui ont abandonné ce système de pompe à insuline sont : à l'âge de l'adolescence, ils supportent mal la visibilité du diabète et sont victimes de moqueries. C'est pourquoi, mettre en route rapidement la pompe, va favoriser l'acceptation et le vécu de la maladie.

Certaines études ont montré l'intérêt de l'utilisation de la pompe à insuline chez le nouveau-né, dès le diagnostic de la maladie. En effet, la pompe à insuline permet de délivrer précisément des doses d'insuline très faibles, de manière particulièrement adaptée aux conditions nutritionnelles du Nouveau-né et aux objectifs thérapeutiques du diabétique nouveau-né. En revanche, lors de l'initiation de la pompe à insuline chez le nouveau-né, un nombre fréquent de glycémies est nécessaire afin d'ajuster précisément les débits de base et les bolus. C'est pourquoi l'accès permanent aux mesures glycémiques en temps réel faciliterait l'adaptation nutritionnelle.

Le pancréas artificiel, le système de « boucle fermée », a tout son intérêt chez le diabétique nouveau-né, puisque l'association de la mesure continue de glucose en temps réel couplée à la pompe à insuline a été (d'après certaines études) parfaitement tolérée, et a permis que les objectifs thérapeutiques initiaux nutritionnels et métaboliques du diabète néonatal soient atteints, en évitant les hypoglycémies redoutables.

La thérapie par pompe à insuline est de plus en plus populaire. Parce que les pompes à insuline imitent plus étroitement ce que votre corps fait naturellement, vous pouvez améliorer votre contrôle de la glycémie. Avec ce contrôle vient un style de vie plus flexible. N'oubliez pas, cependant, que les pompes nécessitent toujours beaucoup de contributions des utilisateurs.

Chapitre III :
Réglage des doses d'une pompe à insuline artificielle

III.1 1. Les system propose:

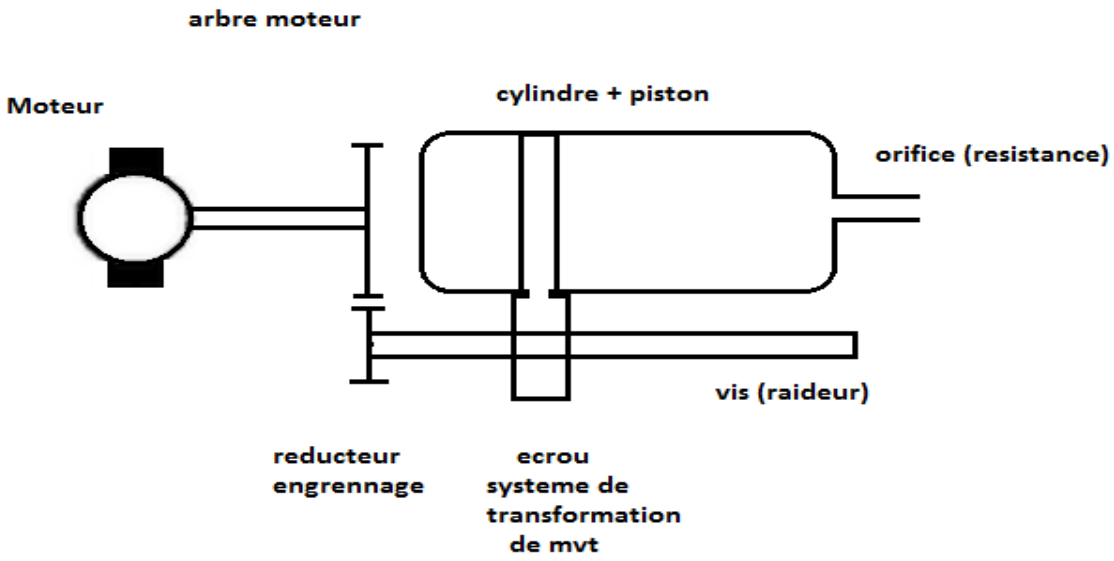


Figure 15: schéma cinétique

III.1 .2.System mécanique :

Un système mécanique est un sous-ensemble de l'ensemble des éléments de l'espace la pompe d'une insuline constitué des points matériels appartenant au système que l'on désire étudier [11]

III.1 .3.Vis écrou :

Le **système vis-écrou**, parfois appelé **système vis-noix**, est un mécanisme d'entraînement en translation. Il se compose d'une tige filetée, la vis, et d'une pièce comportant un filetage intérieur, l'écrou (ou noix).[6]

III.1.4.Moteur pas à pas :

Cette commande Pololu basée sur le circuit DRV8825 permet de contrôler un moteur pas-à-pas bipolaire à partir d'une sortie PWM (vitesse des pas) et d'une sortie digitale (sens de rotation) d'un microcontrôleur (Arduino, Seeeduino, etc).[10]





Figure 16 (1): moteur driver DRV 8825 **Figure 16 (2):** moteur pas à pas

III.1.4.Lexical de guidage :

GUIDAGE, subst. masc. Opération, dispositif qui permet de contrôler la direction ou le fonctionnement d'un objet. [6]



Figure 17: Lexical de guidage

III.1.4.Fine de course :

Est un dispositif mécanique qui nécessite le contact physique d'un objet avec l'actionneur de l'interrupteur pour faire changer l'état du contact (ouvert/fermé).[8]





Figure 18: Fine de course

III.1 .2.System électronique :

III.1 .2.1.Microcontrôleur : ESP 8266 Wemos D1 mini :

Le Wemos D1 mini est une plateforme de développement ESP8266 assez populaire qui peut être programmé avec Arduino IDE, NodeMCU (lua script) et MicroPython pour ESP8266. MC Hobby propose une gamme complète d'extension pour Wemoos dans la catégorie Wemos ESP8266 .[7]

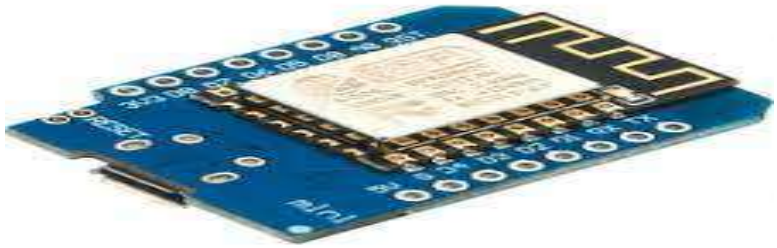


Figure 19: Microcontrôleur : ESP 8266 Wemos D1 mini

III.1 .2.1.Afficheur :

OLED est l'acronyme de Organic Light-Emitting Diodes (en français, Diode électrouminescente organique). Un film organique (composé carboné) est pris en sandwich entre deux autres films jouant le rôle d'électrodes. Lorsqu'un courant est appliqué, le composé organique s'illumine. Les avantages de la technologie sont multiples : les écrans sont plus brillants, plus contrastés, plus fins et plus légers que les écrans LCD, tout en nécessitant beaucoup moins d'énergie et en coûtant potentiellement moins cher en production.[9]

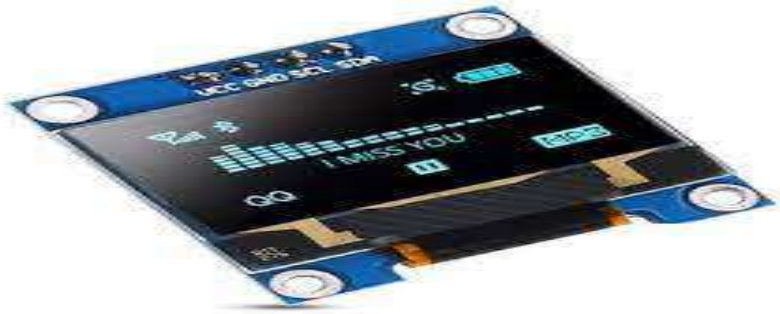


Figure 20 : Afficheur

III.1 .2.2.Module Bluetooth HC-05 :

HC-05 est un module Bluetooth conçu pour la communication sans fil. Ce module peut être utilisé dans une configuration maître ou esclave. [8]



Figure 21 : Module Bluetooth HC-05

III.1 .2.3.Pile électrique :

Les piles salines et alcalines ont une tension nominale de 1,5 V environ, tandis que celle des piles au lithium est de 3,6 V environ. Les piles de tensions ...[6]

III.1 .2.4.Capteur glycémique :

À placer soi-même sous la peau (abdomen ou bras selon les dispositifs) et à remplacer périodiquement. Il détecte et mesure le glucose interstitiel en émettant un signal électrique dont l'intensité est variable selon la concentration de glucose

III.1 .2.5.Le Capteur Freestyle Libre 2 :

Est un petit dispositif qui permet l'auto surveillance du taux de sucre. Les diabétiques doivent régulièrement mesurer leur taux de glucose afin de limiter les risques d'hypoglycémie et d'hyperglycémie.

Aujourd'hui, le capteur Freestyle Libre 2 est conçu pour mieux vivre la prise de mesure de la glycémie au quotidien.

En effet, il suffit de mettre en place le capteur sur votre bras à l'aide de l'applicateur fourni. Une fois en place, le capteur peut être conservé jusqu'à 14 jours. Correctement appliqué, il tient parfaitement en place et vous accompagnera au quotidien sans vous gêner, même lors de vos activités sportives. Etanche IP27, il peut résister à une immersion sous un mètre d'eau pendant 30 minutes. Vous pourrez donc le conserver sous votre douche ou dans votre bain sans nuire à ses performances. Vous pourrez également le porter pour des baignades à la mer ou la piscine en veillant à respecter ses conditions d'étanchéité.

Pour mesurer votre glycémie, rien de plus simple, il vous suffira d'approcher le lecteur Freestyle Libre 2 à proximité du capteur pour connaître votre taux de sucre. En effet, le Capteur Freestyle Libre 2 mesure le taux de glucose dans le liquide interstitiel et l'affiche en l'espace d'une seconde sur son grand écran tactile ou sur votre téléphone portable si vous utilisez l'application dédiée.[13]

Il est également possible de définir des alarmes de glucose pour être alerté(e) quand les résultats ne sont pas dans les valeurs définies au préalable.[13]

III.1 .2.5.1. Caractéristiques :

Compatible avec le Lecteur Free Style Libre 2, l'application Free Style Libre Link et le Lecteur Free Style Libre (mis à jour).

Méthode de test du taux de glucose du capteur : capteur électrochimique

Plage de résultat du taux de glucose du capteur : 40 à 500 mg/dl

Taille du capteur : 5 mm de hauteur et 35 mm de diamètre

Poids : 5 g

Source d'alimentation : 1 pile à l'oxyde d'argent

Durée de vie du capteur : jusqu'à 14 jours

Mémoire du capteur : 8 heures (résultats de taux de glucose enregistrés toutes les 15 minutes)

Portée du capteur : 6 mètres (en l'absence d'obstacle)

Température de fonctionnement : entre 10 °C et 45 °C

Température de conservation de l'applicateur et du pack de capteur : entre 4 °C et 25 °C

Résistance à l'eau et protection contre l'infiltration : IP27 : peut résister à une immersion sous 1 m d'eau pendant 30 minutes au maximum. Protégé contre l'insertion d'objet dont le diamètre est > 12 mm [13]



App : https://play.google.com/store/apps/details?id=it.ct.glicemia

Figure 22: capteure freestyle

III.1 .2.6.1.Capteur Guardian:

III.1 .2.6.2.Application Guardian Connect:

L'application montre les données, tendances et alertes de glycémie prises par le capteur, le tout dans un environnement simple et facile à utiliser. L'application Guardian [MC] Connecta fait partie du système de SGC et n'est pas compatible avec une pompe à insuline.[12]

III.1 .2.6.2.Capteur Guardian [MC] Sensor (3) et transmetteur Guardian Connect :

Le système comprend un petit capteur qui peut être porté jusqu'à sept jours et un transmetteur Bluetooth® mince et discret qui ne peut être porté qu'avec le capteur. Le capteur peut être inséré sur l'abdomen ou la fesse chez les enfants de 3 à 13 ans et sur le bras ou l'abdomen chez les 14 ans et plus. Un seul transmetteur rechargeable vous suffit pour un an ou plus d'utilisation[2] , tandis que les transmetteurs de certains autres systèmes doivent être remplacés quatre fois plus souvent[3].[12]

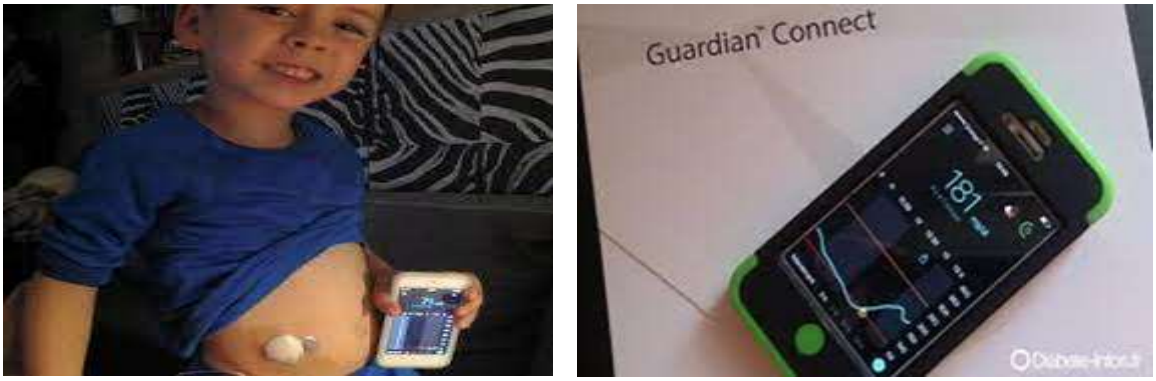


Figure 23: Capteur Guardian

APP :https://play.google.com/store/apps/details?id=com.medtronic.diabetes.guardianconnect.us&hl=en
&gl=US



Figure 24 : application Guardian

III.1 .2.6.3.System application :

Nous avons utilisé cette application MIT App Inventor pour le bon fonctionnement du programme de la pompe



Figure 25 : application de Pompe

III.2.Réglage des doses :

La pompe d'une insuline utilise quatre types de fonctionnement

III.2. 1.Le jour :

L'insuline injecte par la pompe avec chaque repas est calculé grasse a la quantité de glucide avec principe :

2 unités pour 10g de glucides au petit déjeuner

1 unité pour 10 g de glucides au déjeuner

1,5 unité pour 10 g de glucides au diner

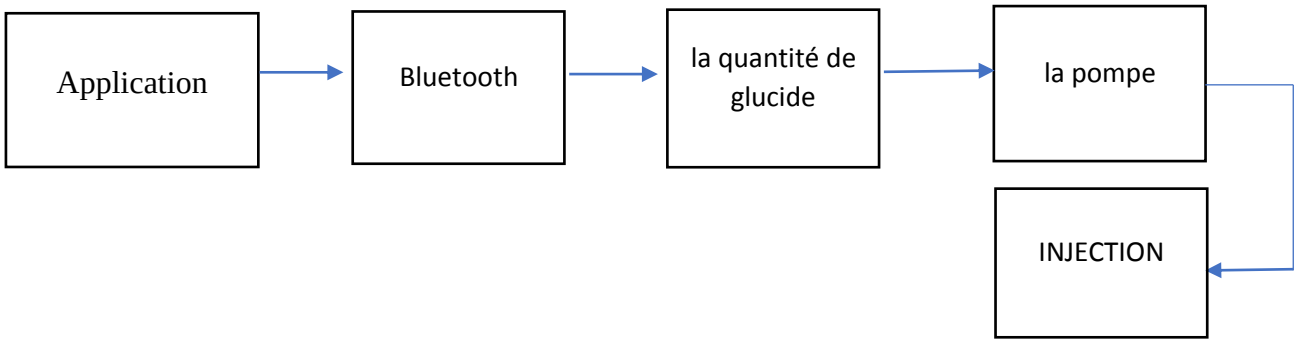


Figure 26 : le principe de fonctionnent par jour

III.2.2.La nuit :

Les besoins de base ou "Entre les repas" :

Ils se calculent en fonction du poids et correspondent en moyenne et coefficient de sensibilité d'insuline :

3,5 unités par kilo de poids par K et par jour, que ce soit sous forme d'insuline lente ou intermédiaire ou en débit de base de la pompe.

Par exemple une personne de 60 Kg a besoin par jour de :

60 x 3 ,5 x K= unités d'insuline basale

K : coefficient de sensibilité d'insuline pour calcule de manière personnalise les besoin en insuline

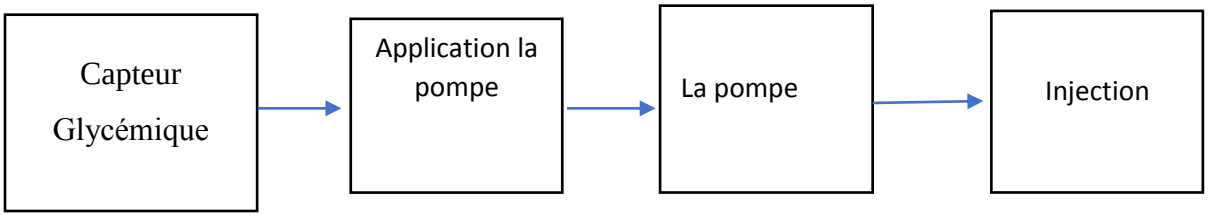


Figure 27: le principe de fonctionnent par jour

III.2.3.Hyperglycémie :

Le capteur détecte la toux glycémique d'un malade

Si la glycémie dépasse 1 ,80 g /l entre les repesé

Ou

Si la glycémie à jeun de passe aussi 1, 30 g/l

Alors le capteur signale et envoyé un message à la pompe pour élever la dose d'insuline pas à pas + 2 unité

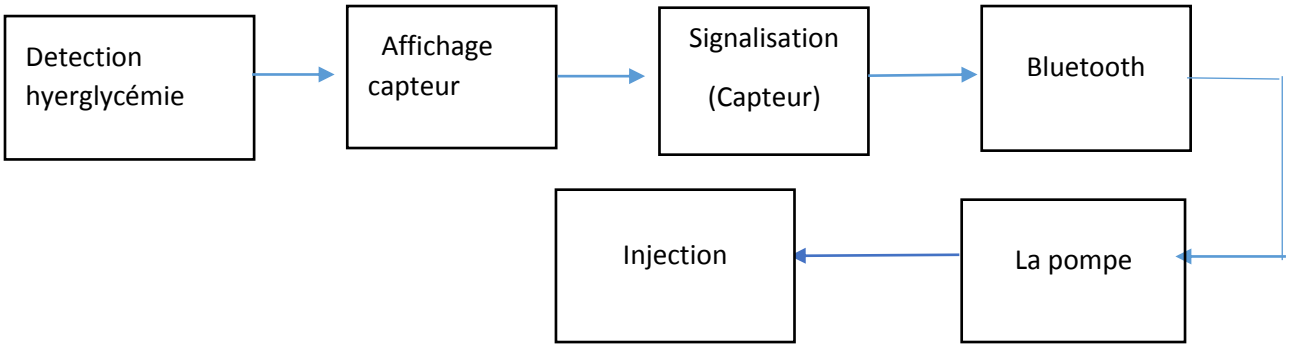


Figure 28: le principe de fonctionnent avec Hyperglycémie

III.2.4.Hypoglycémie :

Si le capteur détecte un déamination de glycémie inferieur de 0,70g/l

Alors le capteur signalé de arête de la pompe stop

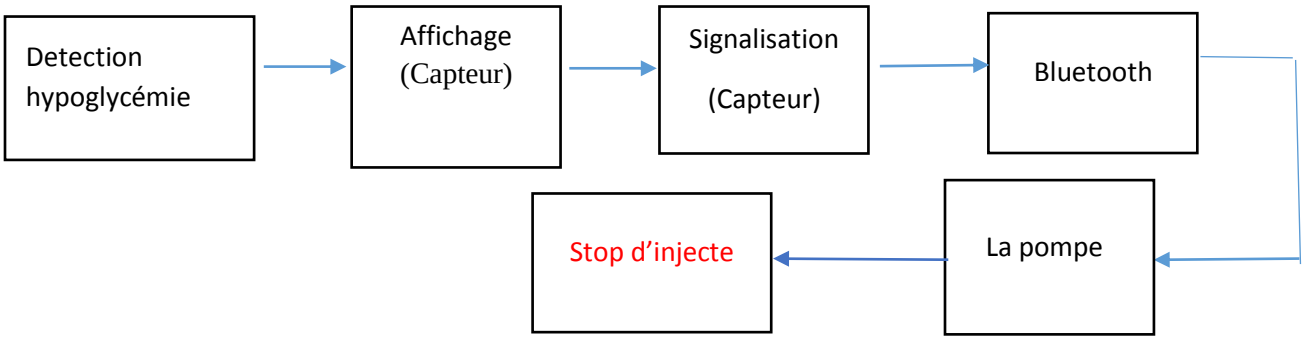


Figure 29: le principe de fonctionnent avec Hypoglycémie.

III.3.Les calculs des doses :

Pour calcule la quantité des doses d'insuline injecte par la pompe il feux bien mesure les graduations de réservoir



Figure 30: le réservoir mesurer

Pour

0.2 ml → 2mm

Et 0 .1 ml→ 1mm

Et le moteur utilise :

Moteur pas à pas driver DRV 8825 de1/8

Alors : pour 1toure le moteur passe 80pas/tr

Vis => 1tr →1mm

Et pour le pas à pas DRV 8825

1tr→80 pas

Et

1ml → 100 unité d'une insuline

0.01ml → 1unité d'une insuline

Donc :

0.1 ml → 1mm

X ml → 1mm

Alors

$$X = \frac{1 * 0.1}{1}$$

X= 0.1ml

Alors pour 0.1 ml → 1mm

Et 0.1ml → 5 unité d'une insuline

Et 1 tr → 0.1 ml

Et 1 tr → 80 pas

Donc pour une 5 unité d'une insuline distribue par la pompe il feux le moteur Torne 80 pas

Exemple 1:

Les calculs de 2.5 unités d'une insuline

0.01ml → 1unité d'une insuline

X ml → 2.5 unité d'une insuline

Donc X= 0.05 ml

Et

0.1 ml → 1mm

0.05 ml → Y mm

Donc

Y= 0.5 mm

Et

1 tr → 1 mm

1 tr → 80 pas

Alors

5 unité → 80 pas

2.5 unité → Z pas

Donc

Z = 40 pas

Donc après les calculs pour injecte 2.5 unité d'une insuline li feux le moteur tourne 40 pas et le piston passe de 0.5mm

Exemple 2 :

Les calculs de 1 unités d'une insuline

0.01ml → 1unité d'une insuline

Et

0.1 ml → 1mm

0.01ml → Y mm

Donc

Y= 0. 1 mm

Et

1 tr → 1 mm

1 tr → 80 pas

Alors

5 unité → 80pas

1 unité → Z pas

Donc

Z = 16 pas

Donc après les calculs pour injecte 5 unité d'une insuline li feux le moteur tourne 16 pas et le piston passe de 0.1mm

III.3.Consultation avec le médecin :

Dr bengharbia Mohammed medicine generalist ET

Diabétologie a Medea

III.3.1Le concept de l'insulinothérapie fonctionnelle :

Il ne s'agit pas d'une révolution conceptuelle su technologique, ce mode thérapeutique repose simplement sur l'observation attentive de la sécrétion d'insuline chez le sujet non-diabétique.

Il s'efforce de l'imiter le mieux possible, en respectant l'objectif prioritaire de toute insulinothérapie : la prévention des complications micro-angiopa-thiques graves du diabète (atteinte de la rétine de l'œil : la rétinopathie ; des reins : la néphropathie ; des nerfs : la neuropathie...) et ceci sans augmenter les risques d'hypoglycémies sévères ou modérées.

III.3.2.Chez les non-diabétiques :

En effet, il existe

1 - Une sécrétion basale d'insuline, qui persiste entre les repas, mais également lors du jeûne = VIVRE

2 - Une sécrétion prandiale, relative au repas, qui se greffe sur la sécrétion basale, proportionnelle à la quantité de glucides (sucres) ingérés = MANGER

III.3.3.Chez le diabétique de type 1(insulinodépendant) :

1 - Les besoins en insuline basale sont assurés par l'insuline retard ou semi retard (lente ou semi-lente) ou le débit de base de pompe. Cette insuline sert à « vivre sans manger ». Sa fonction est de maintenir la glycémie stable entre les repas

2 - Les besoins prandiaux (du repas) sont couverts par l'insuline rapide, idéalement un analogue de l'insuline rapide, à chaque prise alimentaire. Ils se calculent en fonction de la quantité de glucides contenus dans le repas, mais il faut parfois tenir compte également de la composition en lipides (graisses) du repas, des apports protéiques s'ils sont importants (fondues...) et de l'index glycémique (effet hyperglycémiant) des aliments .

= MANGER - NORMALISER

3 - L'insulinothérapie fonctionnelle introduit un troisième rôle à l'insuline. Il s'agit comme chez le non-diabétique d'avoir une glycémie proche de la normale ou du moins satisfaisante avant de manger, c'est-à-dire supérieure à 0,70 - 0,80 g/l et inférieure ou égale à 1,20 g/l.

• La glycémie instantanée mesurée avant le repas sera donc « soignée » :

1- si besoin avec une diminution d'insuline rapide (ou un « resucrage ») quand la glycémie est inférieure à 0,70 g/l,

2- ou par un supplément d'insuline rapide quand la glycémie est supérieure à 1,60 g/l.

=SOIGNER – NORMALISER

III.3.4.Comment évolue –t-on les besoins en insuline ?

Les besoins de base ou "Entre les repas" :

Ils se calculent en fonction du poids et correspondent en moyenne et coefficient de sensibilité d'insuline :

3,5 unités par kilo de poids par K et par jour, que ce soit sous forme d'insuline lente ou intermédiaire ou en débit de base de la pompe.

Par exemple une personne de 60 Kg a besoin par jour de :

60 x 3 ,5 x K= unités d'insuline basale

K : coefficient de sensibilité d'insuline pour calcule de manière personnalise les besoin en insuline

Pour l'insuline intermédiaire, la dose est généralement divisée par deux, la moitié le matin, l'autre moitié le soir au diner ou au coucher, soit dans cet exemple : 9 à 12 unités matin et soir.

En ce qui concerne les analogues lents, l'injection se fait plus souvent en une seule prise, généralement au coucher. Elle doit cependant se faire en 2 prises lorsque la cinétique de l'analogue lent dure moins de 20 heures.

Pour la pompe, la base est assurée par de l'insuline rapide

III.3.5.Les doses prandiales relatives au repas (insuline rapide ou ultra rapide) :

Elles correspondent le plus souvent à des doses plus fortes au petit déjeuner, intermédiaires au diner et plus faibles au déjeuner.

Par exemple :

2 unités pour 10g de glucides au petit déjeuner

1 unité pour 10 g de glucides au déjeuner

1,5 unité pour 10 g de glucides au diner

Dans votre cas :

…… Unités pour 10 g de glucides au petit déjeuner

…….. Unités pour 10 g de glucides au déjeuner

…… Unités pour 10 g de glucides au diner

Ces besoins standardisés sont bien sûr à réévaluer pour chaque personne

III.3.5.Comment évalue-t-on les besoins en insuline ?

- **III.3.5.1.L'ajustement glycémique (l'insuline rapide ou ultrarapide)**

L'insuline rapide pour « soigner » la glycémie s'évalue à partir de l'étude de l'efficacité d'une unité d'insuline rapide. Habituellement

1 UNITE D'INSULINE RAPIDE abaisse la glycémie de 0,3 a 0,4 g/l

Cette observation vaut pour « soigner » la glycémie en plus ou en moins

Si une hypoglycémie apparaît entre les repas, il convient de se « resucrer » immédiatement avec l'équivalent de :

15 g de glucides

(3 carrés de sucre),

Qui augmentent en moyenne la glycémie de 0,5 g/l



Figure 31: le secure

lorsque le repas est très riche en glucides :

Au-delà de 120 à 150 g, ou s'il est composé d'aliments à effet hyperglycémiant important (index glycémique élevé), il est souvent nécessaire d'ajouter en moyenne 2 unités d'insuline rapide à la dose calculée.

Lorsque le repas est très gras :

Il est parfois indispensable d'ajouter 1 à 4 unités à la dose d'insuline rapide calculée, les graisses induisant une résistance à l'insuline. Mais parfois, l'hyperglycémie est tardive, 6 à

8 heures après le repas, il n'est donc pas possible d'anticiper. Il faudra "soigner" la glycémie lors du constat.

Lorsqu'une activité physique modérée à intense est programmée :

Dans les 4 heures suivant le repas, il convient de diminuer la dose calculée (selon la sensibilité individuelle).

La consommation de 2 à 3 verres de vin :

Au diner par exemple, peut être responsable d'une hyperglycémie au réveil ≥ 2,50 g/1, alors même que la glycémie du coucher était s 1,40 g/l. Il en est de même pour un repas très riche en graisses (frites par exemple). Dans ce cas, la glycémie sera « corrigée » le plus souvent au réveil.

L'index glycémique :

Peut modifier les résultats. Ce facteur est individuel, il est lié à la digestibilité des aliments. Les légumineuses, souvent mal digérées peuvent entraîner une montée glycémique faible. La dose d'insuline du repas doit alors être diminuée. D'autres aliments à index glycémique élevé (ex : semoule) peuvent à l'opposé nécessiter une augmentation de la dose.

D âpre :

[Le diabétique de type 1 et son équipe soignante Comment adapter l'insuline rapide à l'alimentation et à la glycémie]

[Pr. André GRIMALDI Dr. Claude SACHON Service diabétologie, Métabolisme Nathalie MASSEBOEUF Magali BAUDOT Diététiciennes Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière 47/83 bd de l'Hôpital 75013 PARIS] Lilly diabète .

Chapitre IV:
Réalisation de prototype de système de réglage des doses

IV.1. Conception 3D

Par première perception d'idées, voici une présentation préliminaire du mémoire liée à la pompe médicale à insuline,

Vous trouvez Monsieur, Ci-**joint** : une conception 3D, et des views et des petites animations pour première mise au point.

La présentation 3D est conçue par la version 2015 du Solidworks,

L'animation delà partie solide, c'est juste pour avoir idée, **si c'est le mouvement visé du piston**.

S'il y aura une animation de l'écoulement de la liquide insuline, du réservoir, jusqu'à l'aiguille du cathéter, il faudra comme outil de SW : solidworks Composer, qui donne just l'illusion du déplacement de la couleur du liquide sur l'alésage de la trajectoire (la face interne du flexible), par enregistrements de configurations, et ce compliment SW Composer

Sinon on devra passer par "flow simulation" la simulation du fluide, moins facile, mais toujours possible

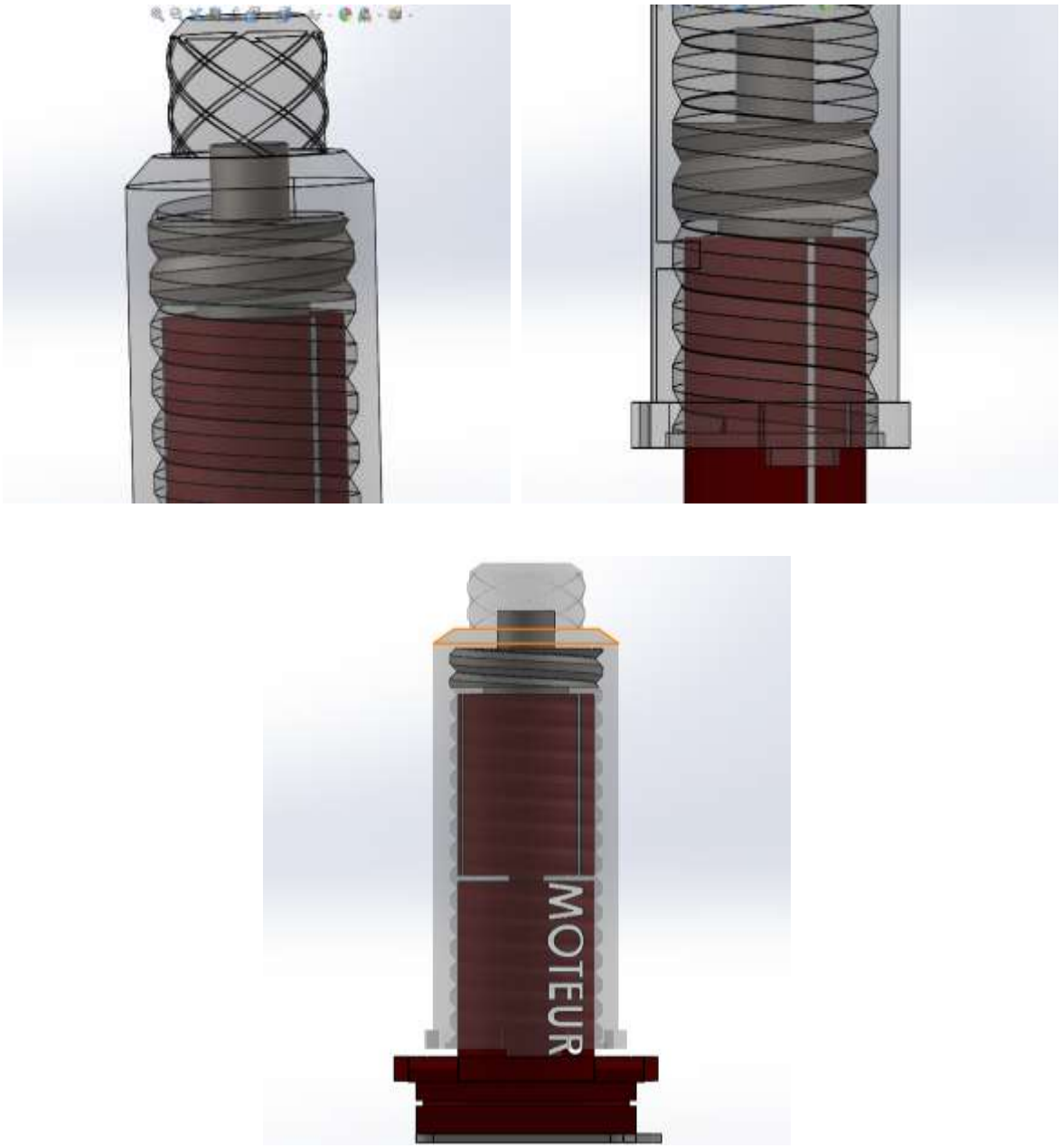


Figure 32: conception cote mécanique (moteur, vis écrou, piston)



Figure 33: conception cote électronique (afficheur , bouton, pile……..)



Figure 34: conception 3D d'une pompe à insuline

IV.2. l'organigramme :

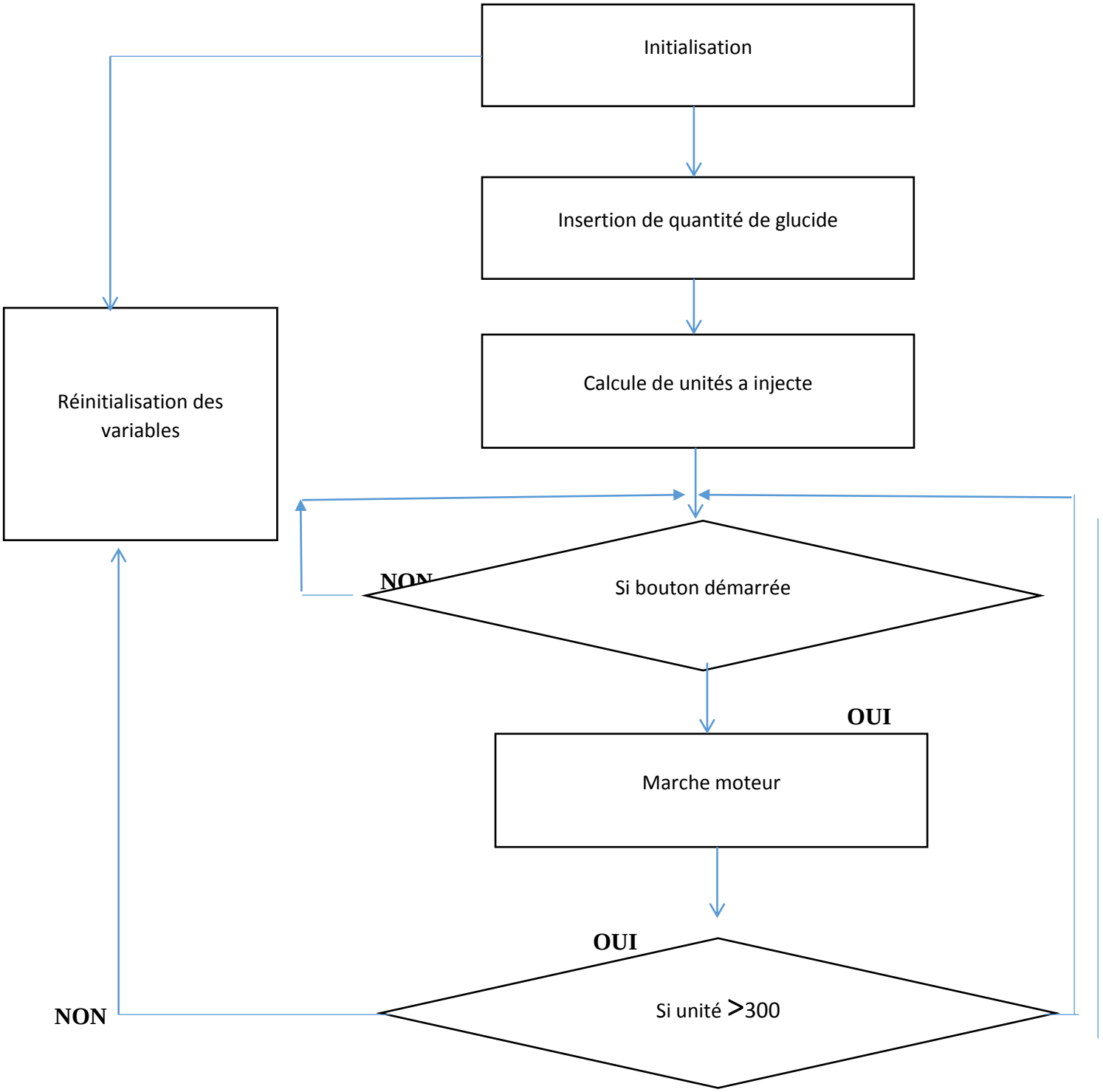


Figure 35: organigramme

IV.3.Les commenter :

Initialisation, Déclaration de bibliographier, Déclaration de variable, Déclaration de des I /0 (E/S), Initialisation de la communication, Serial, Bluetooth

Ente digitale, boutons pousseur / plus /mois /démarre,

1unite ⟹ 16 step

16 step ⟹ step unitaire

Unite = Glucide * 0.1

Step unitaire * unité

10g glucide => unité

Si le boutons est actionné le moteur pas à pas marche et injecte les doses de insuline calcule

Si les unités injecte dépasse les 300 unités d'insuline le moteur pas à pas recule au point de départ avec la réinitialisation des variables et programme retournée au début

IV.4.le prototype :

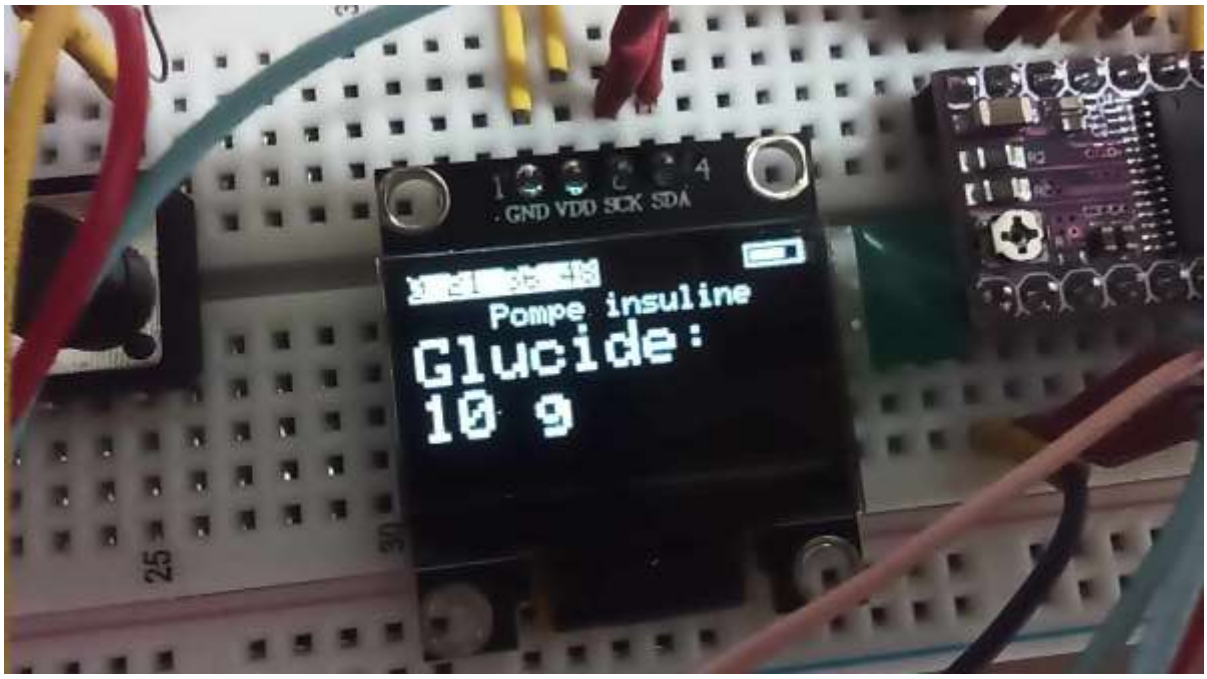


Figure 36: Image 01

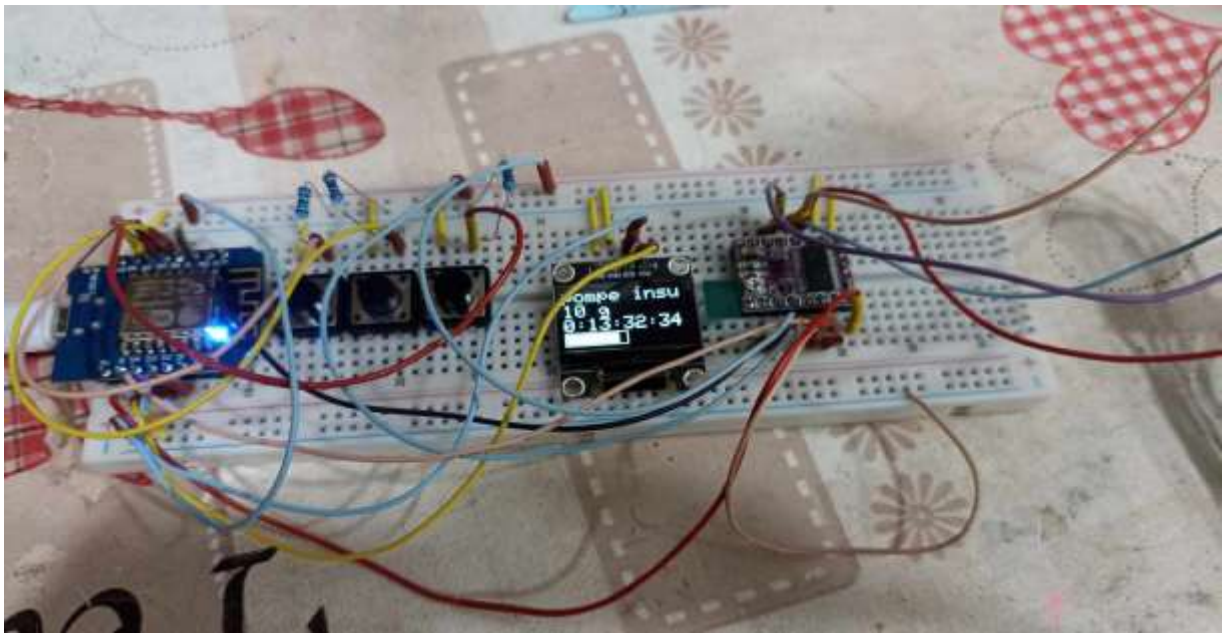


Figure 37: Image 02

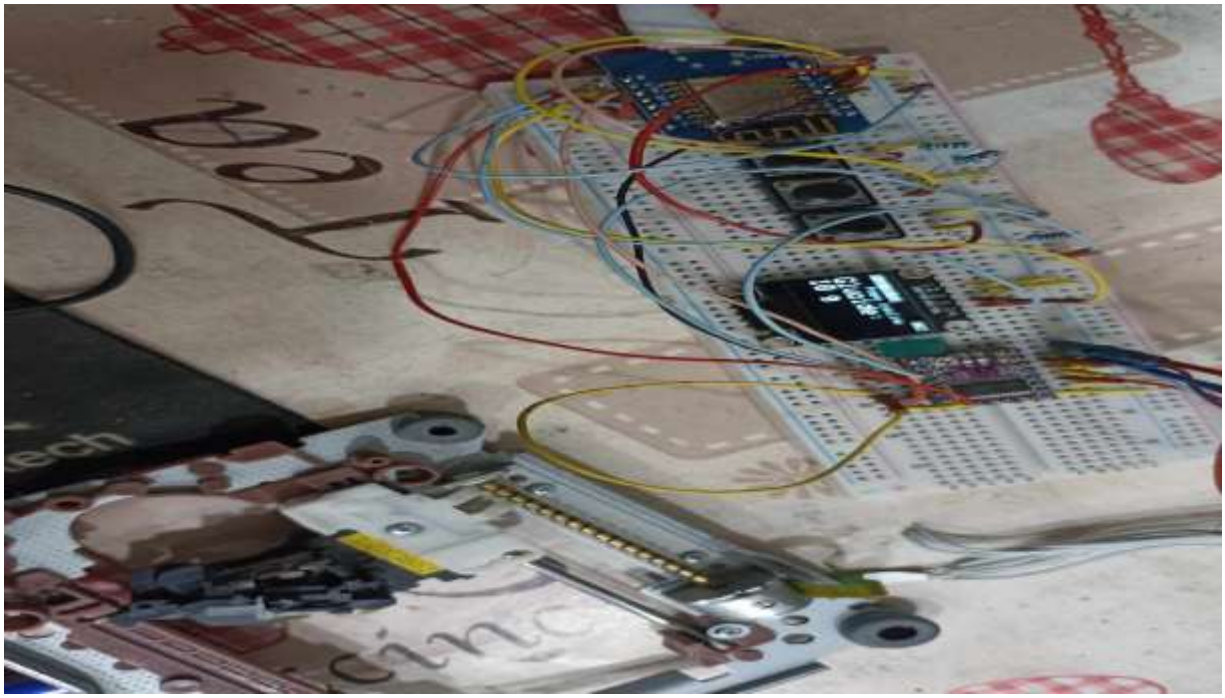


Figure 38: Image 03

Conclusion

Conclusion générale:

Le diabète est une maladie chronique qui nécessite une gestion précise et individualisée pour maintenir des niveaux de glucose sanguin stables. L'administration d'insuline artificielle par le biais d'une pompe à insuline offre une solution pratique pour les patients diabétiques, mais le réglage des doses reste un défi important.

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, nous avons exploré les différents aspects liés au réglage des doses d'insuline. Nous avons commencé par présenter une introduction générale sur le diabète et son traitement, en mettant l'accent sur l'importance de l'insuline. Ensuite, nous avons examiné en détail l'insuline artificielle, ses avantages et ses limites.

Le chapitre suivant s'est concentré spécifiquement sur le réglage des doses d'une pompe à insuline artificielle. Nous avons discuté des différentes méthodes et approches utilisées dans la pratique clinique, en soulignant l'importance de considérer les facteurs individuels du patient. Nous avons également présenté les protocoles couramment utilisés pour ajuster les doses d'insuline.

Dans le cadre de ce projet, nous avons réalisé un prototype de système de réglage des doses d'insuline. Ce système, basé sur des données cliniques et des algorithmes de calcul avancés, vise à évaluer en temps réel les besoins individuels en insuline du patient. Nous avons décrit les étapes de développement et de test du prototype, ainsi que les résultats obtenus.

Ce projet ouvre également des perspectives intéressantes pour le suivi à distance des patients par leur médecin. En exploitant les avancées technologiques telles que la télémédecine et les dispositifs connectés, il devient possible de collecter et d'analyser les données de glycémie et d'insuline à distance. Cela permet aux médecins de surveiller de manière proactive l'état de leurs patients, d'ajuster les doses d'insuline en temps réel et de fournir un suivi personnalisé.

En conclusion, ce projet de fin d'études a permis d'approfondir nos connaissances sur le réglage des doses d'insuline, en mettant l'accent sur l'utilisation des pompes à insuline artificielle. Le développement d'un prototype de système de réglage des doses représente une avancée significative dans la gestion du diabète. En intégrant des technologies de pointe et des approches personnalisées, ce système offre des perspectives prometteuses pour améliorer la qualité de vie des patients diabétiques.

Il est important de souligner que ce prototype ne constitue qu'une première étape dans le développement d'un système complet et fiable. Des recherches supplémentaires et des tests approfondis seront nécessaires pour valider son efficacité et son adaptation à différentes populations de patients. De plus, la mise en œuvre de la télésurveillance des patients nécessitera une infrastructure solide et des protocoles de sécurité appropriés.

En définitive, ce projet s'inscrit dans une démarche d'amélioration continue de la prise en charge du diabète, en offrant des solutions technologiques innovantes pour le réglage des doses d'insuline. Il est porteur d'espoir pour les patients diabétiques, en leur offrant des outils plus précis et plus personnalisés pour contrôler leur glycémie et mener une vie plus équilibrée.

Bibliographie

Bibliographie:

[1] Medically reviewed by Michelle L. Griffith, MD — By Daniel Yetman on October 27, 2021

[2] Fédération des diabetiques EN FRONCE SOURSE

[3] Geoffroy L. et Gonthier M. (2012). L'insulinothérapie par pompe sous-cutanée. Dans Le diabète chez l'enfant et l'adolescent, 2e édition. Montréal :Éditions du CHU Ste-Justine

Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec (2014). Programme d'accès aux pompes à insuline [En ligne]. Repéré à https://www.quebec.ca/sante/problemes-de-sante/a-z/diabete/programme-d-acces-aux-pompes-a-insuline/ (page consultée en janvier 2019).

Santé Canada (2012). Pompes à insuline [En ligne]. Repéré à http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/med/pumps-insulin-pompes-fra.php#a2 (page consultée le 5 août 201

[4] COFFIN Alice FAHEM Amina Février 2018 Rapport de projet de fin d'études La pompe à insuline automatique

[5] To cite this version: Estelle Habot. De la pompe à insuline au pancréas artificiel . Sciences pharmaceutiques. 2017. ffdumas-01555536f

[6] Wikipedia

[7] Électronique, Arduino, Raspberry Pi, ESP32, ESP8266, STM32, robotique, expériences scientifiques, et bien d'autres choses encore.

[8] ElectronicWings

[9] https://www.journaldunet.fr/

[10] BINAIRETECH@GMAIL.COM

[11] Notion de système de points matériels

[12] https://www.medtronic.com/

[13] https://www.pharma-gdd.com/

/