

# MICROPOMPE DE L'INSULINE

Par SHIZHANG LI

- A. L'importance de la micropompe de l 'insuline dans médecine**
- B. Les composants de la micropompe de l 'insuline**
- C. La principe de la micropompe de l 'insuline**
- D. Système microfluidique**
  - a. Capteur microfluidique**
  - b. Microvalve**
  - c. Micropompe**
- E. Pancréas artificiel**
- F. Pancréas artificiel implanté dans corps humain**
- G. Contrôle de la micropompe de l'insuline**
- H. Problèmes**
- I. Conclusion**

## **A. L 'importance de la micropompe de l 'insuline dans médecine**

Pour traiter un patient qui souffre de diabète, médecin utilise l'insuline. L'insuline doit être chaque jour injectée dans la région sous épidermique. Par exemple, un professeur souffre de diabète. Il doit chercher quelqu'un dans la pause pour café chaque jour pour injecter l'insuline. Ce n'est pas commode. Donc, un appareil de l'insuline est très nécessaire pour traiter diabète. Cet appareil est un système qui peut automatiquement libérer l'insuline. Cet appareil s'appelle micropompe de l'insuline. La micropompe est commode pour patient diabétique. Elle améliore le traitement de diabète et diminue les complications de diabète, par exemple, aveuglement, la manque de la fonction rénale.

Une bonne micropompe de l'insuline doit avoir les caractères suivantes :

1. facile à apporter
2. cadence programmable de la livraison qui est variable entre une grande gamme (ul/h-ml/h)
3. être petit et léger
4. moins d'exigence de puissance électronique
5. plus de fiabilité
6. cadence de la livraison de l'insuline ne doit pas être influencée par température, pression, position et mouvement de corps humain
7. système pour alerter (Ce système fonctionne comme un système de sécurité)

## **B. Les composants de la micropompe de l 'insuline**

La micropompe de l'insuline compose de six parties. Ces sont micropompe, microprocesseur, réservoir pour l'insuline, 'infusion set' qui inclut une tube à conduire l'insuline et aiguille, puissance électronique et caisse. (Fig.1)

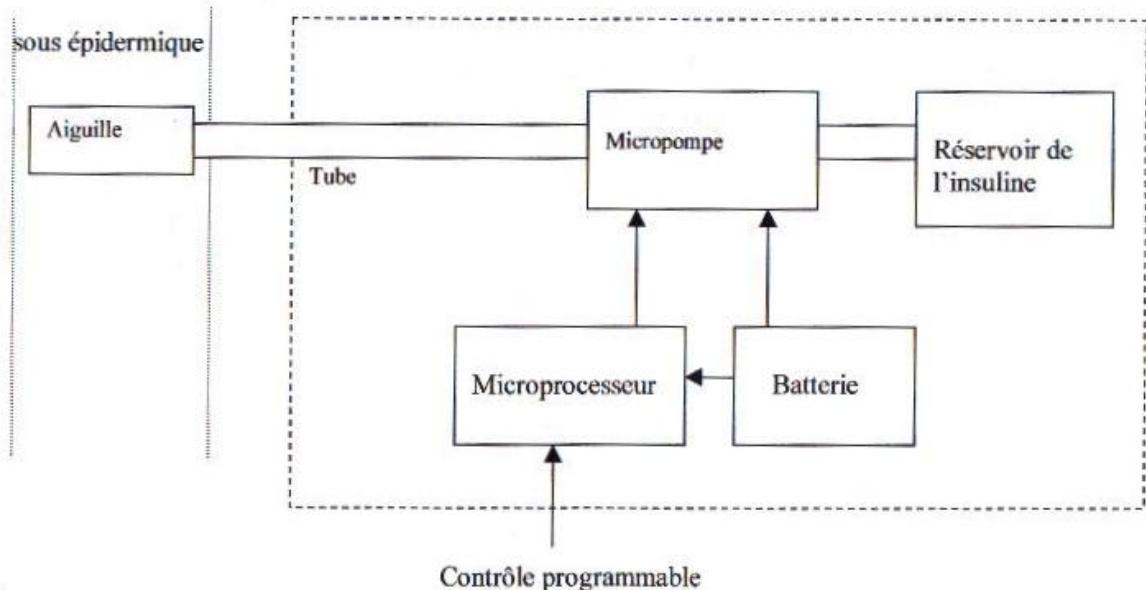


Fig.1

### C. La principe du travail de la micropompe de l'insuline

L'aiguille qui est connectée avec une tube plastique est enfoncée dans corps humain, par exemple, dans la région sous épidermique. La tube est connectée avec la micropompe. La micropompe est connectée avec le réservoir de l'insuline. La batterie donne puissance à la micropompe et le microprocesseur. Le microprocesseur contrôle la délivrance de la quantité exacte de l'insuline (Fig.1).

Par le contrôle programmable, nous pouvons faire le programme. Avec le programme, le microprocesseur peut savoir comment diriger le travail de la micropompe. Le microprocesseur commande à la micropompe à quelle heure la micropompe doit travailler et quand la micropompe démarre et combien de coup de délivrance de l'insuline elle doit faire et pour chaque coup de délivrance, combien de la liquide de l'insuline doit être délivré. Quand la micropompe reçoit le signal de commande du microprocesseur, elle travaille et retire l'insuline de la réservoir et la délivre via la tube et l'aiguille dans le corps humain. S'il y a épuisement de la réservoir, la batterie, l'obstruction de la micropompe ou la tube, cet appareil peut alerter.

Nous utilisons 507c comme exemple (voyez Fig.2). Nous avons U-100 insuline. Nous pouvons faire manuel programme et faire travailler trois fois chaque jour la micropompe, par exemple, 7am, 11 :30am et 6pm. Chaque fois, la micropompe fait 40 coups de délivrance de l'insuline. Pour chaque coup de la délivrance, la micropompe peut délivrer 0.1unité de l'insuline. C'est-à-dire, pour chaque fois, 4unités de l'insuline peut être délivré dans le corps humain. Cette micropompe 507c est mis sur la ventre. L'aiguille est d'habitude mise dans la région sous épidermique de la ventre (Fig.3). Cette micropompe utilise la micropompe de seringue (Fig.4).



Fig.2



Fig.3

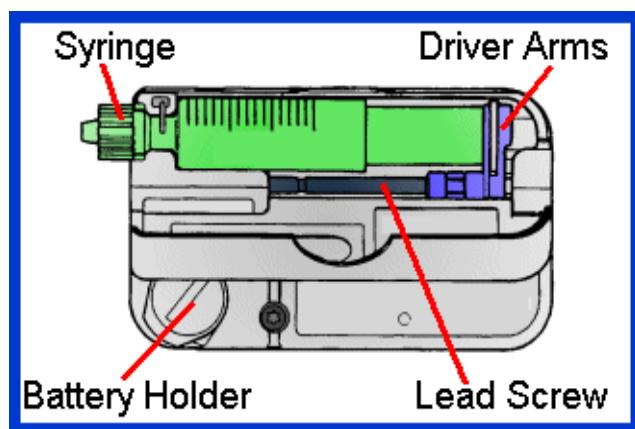


Fig.4

## D. Système microfluidique

Si la micropompe est mise sur le corps humain, il y a encore inconvenance. Nous devons minimiser la taille de la micropompe pour l'implanter dans le corps de patient. Pour minimiser la micropompe, une chose importante est système microfluidique.

Système microfluidique compose de micropompe, microvalve et capteur de microfluide. La micropompe convertit la liquide de l'insuline entre la fluide de l'insuline. La microvalve contrôle le commencement et l'arrêt de la fluide de l'insuline. Le capteur de microfluide mesure la vitesse de la fluide de l'insuline. Le photo suivant est le photo d'un chip d'un système microfluidique. Le système inclut micropompe/valve (9mmx9mm) et flow sensor (6mmx12mm).

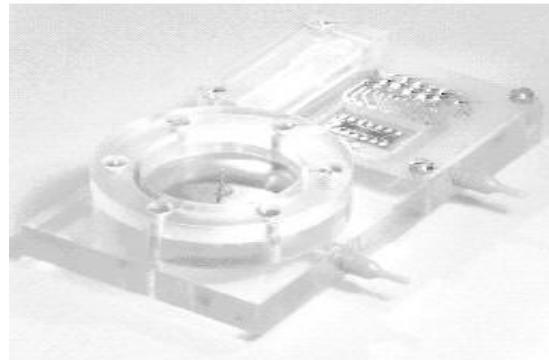
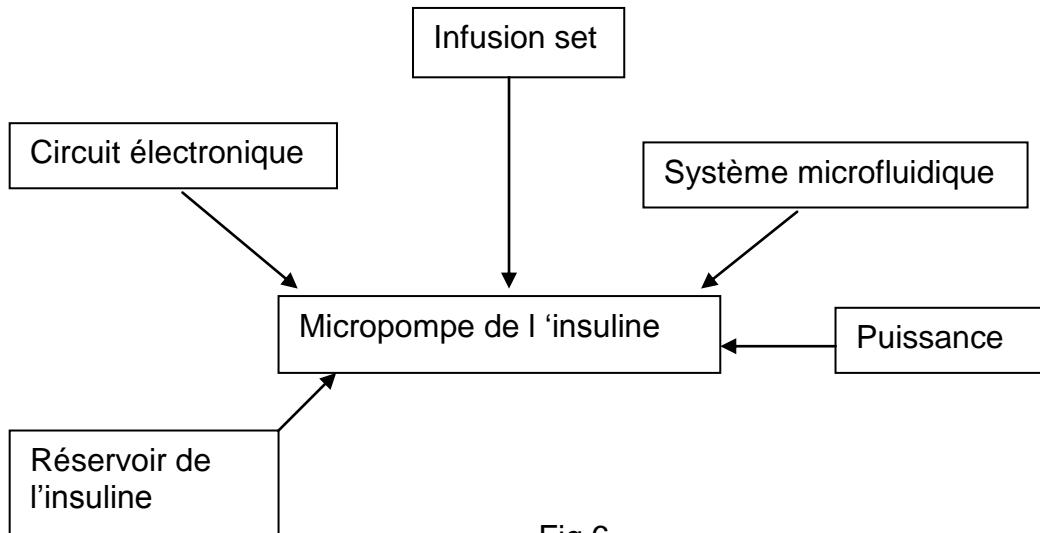


Fig.5

Il y a relation mathématique entre le dosage de l'insuline, la vitesse de la fluide de l'insuline et le temps. C'est dosage = vitesse  $\times$  temps. La définition de temps est la durée de temps du commencement de la fluide de l'insuline à l'arrêt de la fluide. Nous pouvons contrôler le dosage de la délivrance de l'insuline par mesurer la vitesse de la fluide de l'insuline et contrôler le temps. Le système microfluidique est important pour garantir la quantité exacte de la délivrance de l'insuline. Nous pouvons faire une micropompe par faire les travaux dans les cinq régions. Ces cinq régions sont circuit électrique, infusion set, système microfluidique, puissance et la réservoir de l'insuline (Fig.6).



Après que nous avons fini les travaux dans les cinq régions et rassemblé les cinq régions, une micropompe de l'insuline apparaît.

#### a. Capteur microfluidique

Il y a trois sortes de capteur de microfluide. Ils sont thermal dilution flow sensor, thermal transit –time sensor et differential pressure flow sensor.

##### 1. Thermal dilution flow sensor

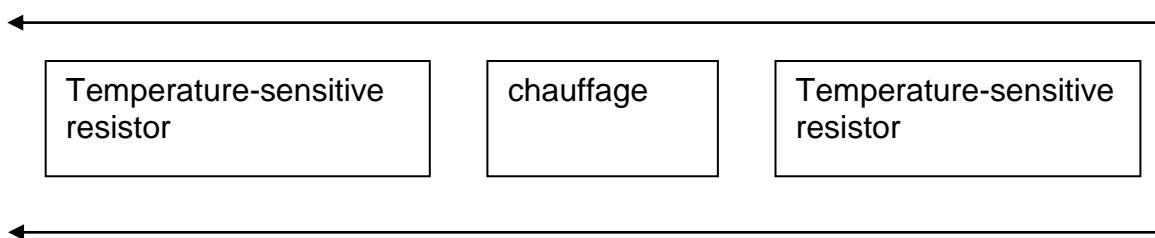


Fig.7 Thermal dilution flow sensor

Le capteur inclut trois résistors. Un résistor est le résistor de chauffage. L'autre deux résistors sont tmperature-sensitive résistors. Le résisitor de chauffage chauffe la fluide. Le temperature-sensitive résistors mesurent la température. Il y a une différence de température entre les deux résistors. Il y a une relation mathématique

entre la vitesse de la fluide et la différence de la température. Nous pouvons mesurer la vitesse de la fluide par mesurer la différence de la température.

## 2. Thermal transit –time sensor

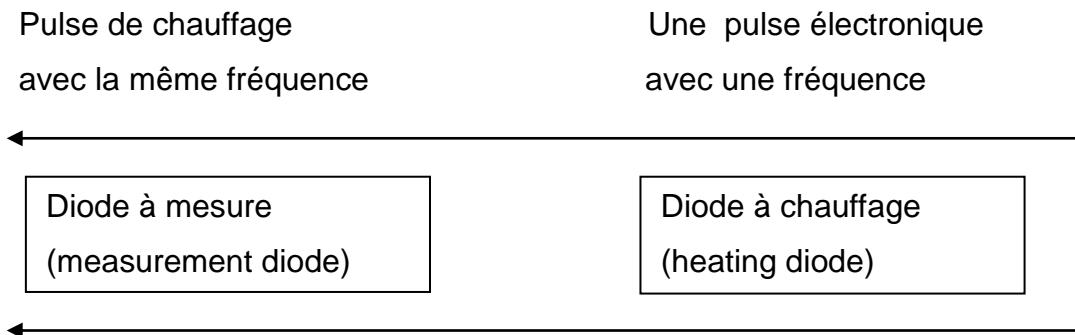


Fig.8 Thermal transit-time sensor

La direction de la flèche est la de la fluide. Le capteur compose de deux diodes. Ces sont la diode à chauffage. L'autre est la diode à mesure. Une pulse électronique avec une fréquence est donnée à la diode à chauffage. La diode chauffe la fluide produisant une pulse de chauffage avec la même fréquence que la fréquence de la pulse électronique. La diode à mesure mesure la pulse de chauffage. Il y a un déplacement de phase (phase shift) entre les deux pulses. Il y a relation mathématique entre le déplacement de phase et la vitesse.

$R$  = vitesse de liquide

$D$  = déplacement de phase(phase shift)

$A$  = constante

$R = A \div D$

Nous pouvons mesurer la vitesse de la fluide par mesurer le déplacement de phase.

## 3. Différentiel pressure flow sensor

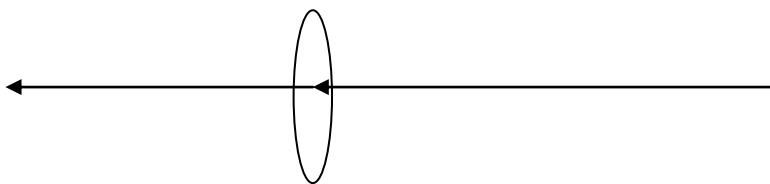


Fig.9 Différentiel pressure flow sensor

Dans la tube de la fluide de l'insuline, il y a une orifice. La fluide de l'insuline doit passer à travers l'orifice. La vitesse de la fluide est proportionnelle avec la différence de la pression entre les deux cotés de la orifice. Nous pouvons mesurer la vitesse de la fluide de l'insuline par mesurer la différence de la pression.

### b. Microvalve

Il y a trois sortes de microvalves. Ces sont microvalve avec actionneur extérieur, microvalve avec actionneur intérieur et microvalve sans actionneur (check valve). La microvalve avec actionneur intérieur inclut microvalve avec actionneur électrostatique, microvalve bimétallique et microvalve thermo-pneumatique. Parce que une microvalve avec actionneur intérieur et check valve sont moins petites en taille que une microvalve avec actionneur extérieur, ils sont plus importantes que une microvalve avec actionneur extérieur pour faire une micropompe de l'insuline.

#### 1. Microvalve avec actionneur électrostatique

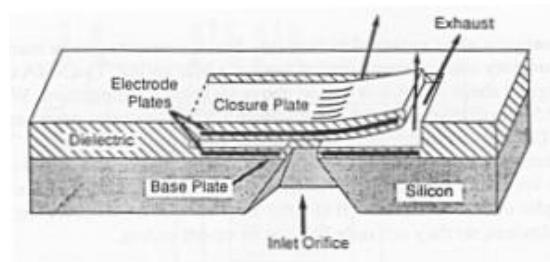


Fig.10 Microvalve avec actionneur électrostatique

Il y a deux électrodes qui contrôlent la microvalve. Une électrode est fixée et l'autre est mobile. Le voltage entre les deux électrodes fait fermer la microvalve contre la fluide. S'il n'y a pas voltage entre les deux électrodes, la microvalve s'ouvre.

## 2. Microvalve bimétallique

Nous utilisons la combinaison de deux matériel métalliques pour fabriquer la micropompe. Par exemple, nous pouvons utiliser silicium et aluminium. Chaque métal a son coefficient de l'expansion thermale. Les coefficients de deux métaux sont différents. Quand la combinaison est chauffée, à cause de la différence entre les deux coefficients de l'expansion thermale, la forme de la combinaison change, la microvalve ouvre. Si le chauffage s'arrête, la température baisse, la forme de la combinaison restaure, la microvalve se ferme.

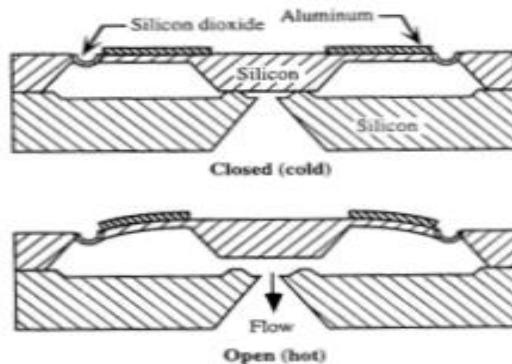


Fig.11 Microvalve bimétallique

## 3. Microvalve thermo-pneumatique

Dans la micropompe, il y a une chambre qui contient de la liquide. Quand la liquide est chauffée, du vapeur est produit. Le vapeur cause l'expansion de la chambre. L'expansion de la chambre fait ouvrir la microvalve.

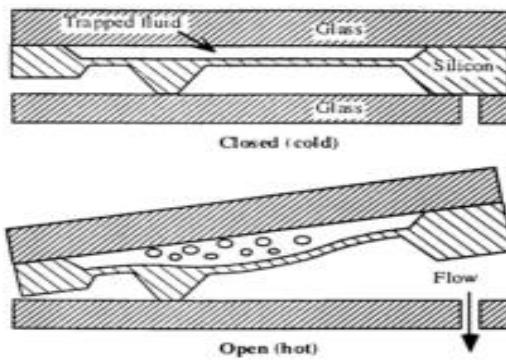


Fig.12 Microvalve thermo-pneumatique

#### 4. Check valve

C'est la différence de la pression à travers la microvalve qui fait s'ouvrir et se fermer la microvalve.

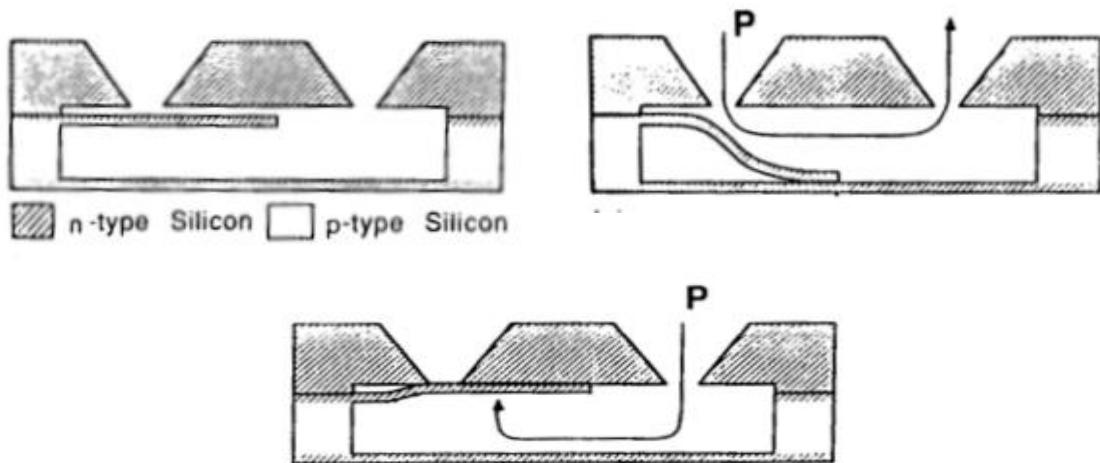


Fig.13 Check valve

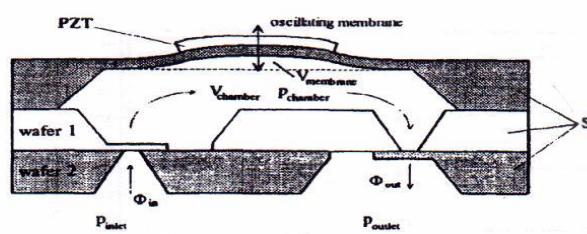


Figure 4. Flow and pressures within the micropump.

Fig.14 Check valve.

### c. Micropompe

#### 1. Micropompe piézo-électrique

Dans la micropompe, une disque piézo-électrique est utilisée pour actionner la micropompe.

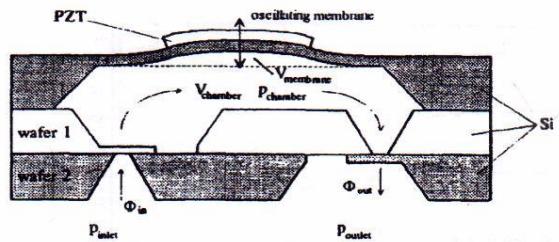


Figure 4. Flow and pressures within the micropump.

Fig.15 Micropompe piézo-électrique avec check valve.

#### 2. Micropompe thermo-pneumatique

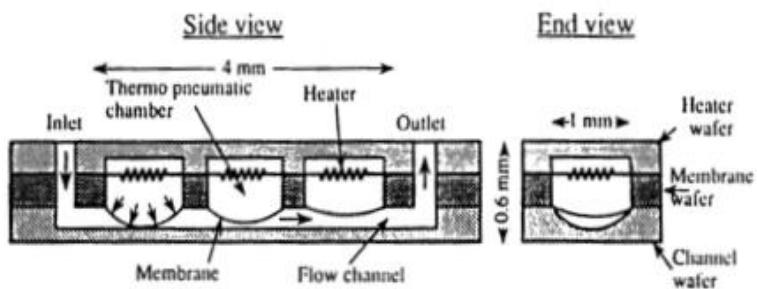


Fig.16 Micropompe thermo-pneumatique

Dans la micropompe, il y a trois cavités qui contiennent de l'air. Quand l'air est chauffé, la pression dans la cavité augmente, la diaphragme dilate et expulse la liquide.

#### 3. Micropompe osmotique

La micropompe osmotique a une membrane semi-perméable, qui change son volume selon la concentration de glucose. Quand le niveau du glucose est haut, le volume de la membrane se contracte et expulse l'insuline. Aucune provision de

l'énergie n'est nécessaire. La micropompe converse le potentiel chimique à l'action mécanique.

### E. Pancréas artificiel

La micropompe de l'insuline peut être connectée avec glucomètre constituant un autre système. Ce système s'appelle pancréas artificiel.

Pancréas artificiel est un automatique système. Pancréas artificiel fait périodiquement et automatiquement la mesure de la niveau du sucre dans le sang. Sur la base de la mesure, la micropompe dans le pancréas artificiel expulse automatiquement une quantité relative de l'insuline pour maintenir le niveau normal du sucre de sang. Dans le système de pancréas artificiel, la micropompe est contrôlée par glucomètre.

Il fonctionne comme un pancréas vrai. Il restaure physiologiquement le rythme du sucre de sang.

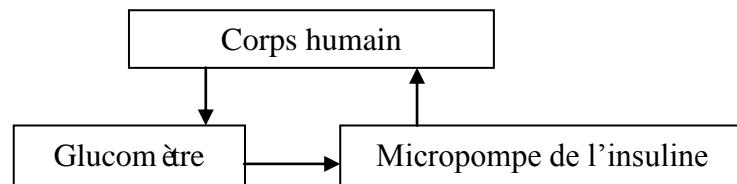


Fig.17 Pancréas artificiel

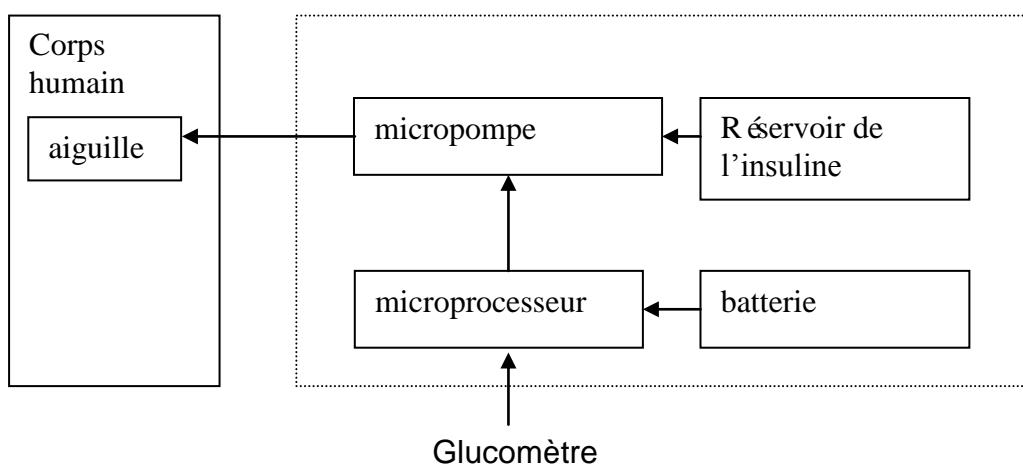


Fig.18 Une micropompe de l'insuline est connectée avec glucomètre

## **F. Pancréas artificiel implanté dans le corps diabétique**

Le glucomètre et la micropompe de l'insuline doivent être plus petits en taille. Cela peut faire possible le pancréas artificiel implanté dans corps humain.

Un pancréas artificiel est le plus facile à apporter. Il est le plus sûr pour les patients diabétiques.

## **G . Contrôle de la micropompe de l'insuline**

La micropompe de l'insuline peut être contrôlée par le contrôle programmable et glucomètre. Elle peut être aussi contrôlée par un télécommande. La micropompe de l'insuline qui est contrôlée par un télécommande est utile pour la recherche scientifique dans l'espace.

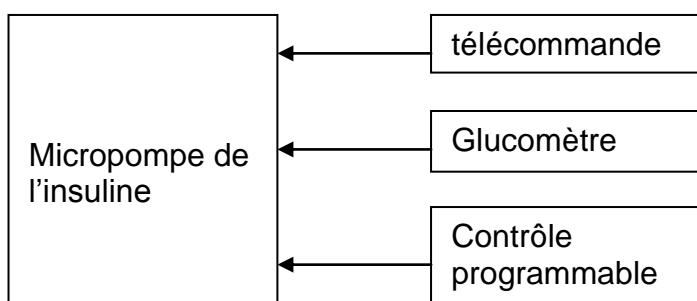


Fig. 19 Contrôles de la micropompe de l'insuline

## **H. Problèmes.**

### 1. Les voies pour l'infusion de l'insuline.

Il y a quatre voies via lesquelles l'insuline est injectée dans corps humain. Chaque voie a sa mérite et sa limité. La voie qui est utilisée le plus souvent est la voie sous épidermique. Les mérites et limités des voies sont suivantes .

La voie sous épidermique :

Via cette voie, l'injection est facile, mais l'absorption de l'insuline est lente.

La voie Intraveineuse :

Via cette voie, l'absorption est rapide, mais l'injection peut causer septicémie.

La voie intramusculaire :

Via cette facile, l'absorption est plus rapide que sous épidermique, mais l'injection peut causer muscle fibrosis

La voie intra péritoneal :

Cette administration est d'accorde avec le rythme physiologique de l'insuline, mais elle risque de péritonite.

2. Une fixation fibreuse de pancréas artificiel aura lieu.

Après que pancréas artificiel a été implantée dans le corps humain, il devient un objet étranger. Il sera attaqué par le tissu de corps humain. Une fixation fibreuse du pancréas artificiel aura lieu. Cette fixation influence le contact du capteur du pancréas artificiel avec le sucre dans le tissu de corps humain, résultant une inexacte mesure du niveau du sucre. On doit trouver un autre matériel, qui est biocompatible avec corps humain, pour faire la masque du pancréas artificiel.

3. Le bruit causé par le tissu musculaire est le problème.

Pour la mesure, le bruit causé par le tissu musculaire est le problème. Pour résoudre le problème, un filtre idéale est nécessaire. Le filtre consiste à filtrer avec le circuit électronique et filtrer avec un logiciel.

4. La taille de la micropompe doit être plus petite.

5. Pour garantir la quantité plus exacte de la délivrance de l'insuline, capteur de fluide qui est plus fiable est nécessaire.

## I. Conclusion

Une micropompe de l'insuline peut améliorer le traitement de diabète et diminuer les complications et mortalité de diabète. Elle restaure la vie normale de patient diabétique. Utilisant le même principe, nous pouvons fabriquer une micropompe de

aspirine, une micropompe de l'hormone de croissance, une micropompe des hormones sexuelles, ou une micropompe pour contraception.

Il y aura une méthode plus idéale pour traiter diabète. C'est la technique de microsystème (nanotechnology) avec laquelle nous pourrons traiter diabète par réparer les bêta-cellules malades dans le pancréas diabétique. Nous pourrons aussi utiliser cette technique pour traiter cancer.

## Référence

<http://www.minimed.com/>

<http://www.ecs.soton.ac.uk>

<http://www.flamel-technologies.fr/micropump.htm>

<http://www.cygn.com/profile.html>

<http://www.iijnet.or.jp/MM/no.14/act/26/hitach.htm>

<http://dmtwww.epfl.ch/ims/micsys/subtopics/projects/index.html>

<http://dmtwww.epfl.ch/ims/micsys/subtopics/projects/microfluid/microfluid.html>

<http://www.ch.pw.edu.pl/~dybko/csrg/isfet/memfet.html>

<http://134.217.3.35/beckman/biorsrch/prodinfo/electro/ec1789a.asp>

<http://mems.cwru.edu/~kahn/abst15.html>

<http://www.eteck.chalmers.se/~e6lazze/mems/modern.fm.html>

<http://www.diabetic.org.uk/main1.htm>

<http://www.sma-mems.com/>

[http://mems.isi.edu/archives/dissertation-abstracts/duke/phd97\\_1.html](http://mems.isi.edu/archives/dissertation-abstracts/duke/phd97_1.html)

<http://www.pont-tech.it/webEng.htm>

<http://www.leopard.t.u-tokyo.ac.jp/yasuda/reseach.html>

<http://mems.isi.edu/archives/industrypages/microflow/MicroFlow1.html>

Nagakura,T., <<Auto-regulated osmotic pump for insulin therapy by sensing glucose concentration without energy supply>> (Aug.1996)

<http://nano.xerox.com/nano>

Nalecz,Maciej.<<Control Aspects of Biomedical Engineering>>p123-137.

Schmid,R.D,<<Biosensors International Workshop>>1987

