

Application mobile utilisant des capteurs d'activité physique connectés pour l'accompagnement thérapeutique du patient diabétique

Sami Boutamine¹, Dan Istrate¹, Frederic Blanchard² et Michel Herbin²

¹Université de Technologie de Compiègne, Laboratoire BMBI UMR 7338, Compiègne, France

²CRéSTIC, Université de Reims Champagne-Ardenne, Reims, France

sami.boutamine@utc.fr, mircea-dan.istrate@utc.fr, frederic.blanchard@univ-reims.fr, michel.herbin@univ-reims.fr

Résumé - Le diabète concerne 3 millions de personnes en France et représente un coût pour la sécurité sociale de 5 millions d'euros. Les technologies permettent aujourd'hui une mesure précise et continue de la glycémie et la possibilité à travers les pompes d'insuline d'avoir un traitement continu correspondant plus au fonctionnement normal du pancréas. Les objets connectés qui sont rentrés dans nos vies permettent de mesurer l'activité physique et d'autres paramètres physiologiques. L'information de l'activité physique du diabétique est très importante dans le suivi de la maladie. Nous proposons une première étude sur l'apport possible des dispositifs de suivi d'activité physique connectés par rapport aux diabétiques.

Keywords: Tracker d'activité, Apprentissage non supervisé, KNN

I. INTRODUCTION

Le diabète ou syndrome polyuro-polydipsique, désigne un syndrome caractérisé par une augmentation de la production d'urine (polyurie), nécessairement accompagnée d'une soif excessive (polydipsie). On différencie deux groupes de maladie en cause, selon la présence de glucose dans les urines (glycosurie). Le *diabète sucré* (avec glycosurie) est le plus fréquent, il est lié à une anomalie de synthèse ou de l'action de l'insuline. Le *diabète insipide* (sans glycosurie) est plus rare, il est en rapport avec une anomalie de la sécrétion ou de la reconnaissance de l'hormone antidiurétique.

L'hypoglycémie est une baisse du taux de sucre dans le sang. Une activité physique consommatrice de sucre peut parfois provoquer une hypoglycémie. Pour prévenir ce risque, un simple apport en sucre permet le plus souvent d'éviter le malaise [1].

Le traitement du diabète vise à faire baisser un taux de sucre trop élevé chez le patient diabétique. Une vigilance accrue est alors nécessaire pour prévenir les risques d'hypoglycémie. Le patient diabétique doit surveiller son activité physique et adapter son alimentation. Il y a 3 millions de diabétiques en France et les coûts de santé estimés par rapport à cette maladie chronique sont de ~5 millions d'euros. Le projet proposé vise à surveiller l'activité physique du patient diabétique et l'aider dans le suivi de son traitement [2].

De nos jours les objets connectés sont de plus en plus présents dans nos vies (*tracker* d'activité, montres

intelligentes, stations météorologiques, ampoules connectées,...) et relie nos différentes activités à notre *smartphone* qui devient l'interface universelle. Dans cet article nous nous proposons d'étudier l'apport d'un dispositif de suivi d'activité physique à destination de personnes atteintes de diabète.

Un dispositif de suivi de l'activité (appelé aussi *tracker* d'activité) est un instrument généralement porté à la taille qui mesure le nombre de pas effectués, la durée, la fréquence et l'intensité de l'activité physique (cette mesure est obtenue en calculant l'accélération et la décélération du corps). Alors que les accéléromètres unidimensionnels mesurent le mouvement dans le plan vertical, les accéléromètres triaxiaux mesurent sur les plans horizontaux, médio-latéraux et verticaux.

Les valeurs recueillies sont enregistrées et visualisées sur *smartphone* pour l'analyse et l'interprétation. Les principaux avantages des *trackers* d'activité sont qu'ils sont petits, légers et généralement non encombrant. En outre, les données d'activité physique peuvent être enregistrées sur des périodes de temps prolongées, allant de quelques jours à plusieurs semaines.

Une des préoccupations de nos jours est d'arriver avec des dispositifs techniques (glucomètre continu et pompe à insuline) de simuler le fonctionnement du pancréas [3]. Il y a plusieurs équipes de recherche qui modélisent la boucle fermée entre la mesure de glycémie et le traitement à base d'insuline [4,5]. Les informations sur l'activité physique du patient et le type ou la quantité de nourriture ingéré pourraient aider l'algorithme de calcul de l'insuline pour une réaction plus rapide et plus correcte. Dans cet article nous proposons une première approche pour intégrer l'activité physique grâce aux objets connectés.

II. TRACKERS D'ACTIVITE

Un capteur actimétrique connecté est constitué d'un système permettant de quantifier le mouvement (un accéléromètre) et d'enregistrer cette activité.

A. Etat du marché

Une analyse rapide du marché des *trackers* d'activité et des autres possibilités d'estimation de l'activité physique nous amène à la classification suivante :



- a) des cartes électroniques avec accéléromètre à programmer pour estimer l'activité ;
- b) l'utilisation de l'accéléromètre intégré à un *smartphone* par une application pour l'estimation ;
- c) l'utilisation d'un dispositif avec accéléromètre programmable (montre) ;
- d) l'utilisation directe des mesures données par des traqueurs d'activité COTS (*commercial on-the-shelf*).

Notre objectif n'étant pas de travailler sur la partie *hardware*, nous avons écarté la première catégorie. Les solutions sous forme d'application mobile (comme par exemple Runtastic) ont le désavantage d'une précision moindre due à la variété des usages du téléphone, qui peut être porté en différentes positions et à différents endroits. Cela nous a amené à ne pas envisager la solution b).

1) Montres programmables

Les montres programmables ont l'avantage de permettre le développement d'application conformément et répondre ainsi à nos besoins. Ce travail nécessiterait une phase d'évaluation de la mesure du nombre de pas et des calories. Dans une première phase de notre projet dans laquelle nous voulons analyser l'apport de la connaissance du nombre de pas par rapport au diabète nous allons choisir la solution des dispositifs de suivi d'activité permettant une implémentation plus rapide. On peut citer deux modèles de montre réalisés par Texas Instruments (Table I).

TABLE I - LES MONTRES PROGRAMMABLES

	
eZ430-Chrono Prix: ~55€ Accéléromètre à 3 axes Protocole de communication spécifique	Meta Watch Prix: ~200€ Accéléromètre à 3 axes Bluetooth intégré

2) Dispositifs de suivi d'activité

Il existe plusieurs constructeurs et plusieurs dispositifs de suivi d'activité offrant les fonctionnalités suivantes :

- mesure de la distance parcourue, du nombre de pas effectués et du nombre de calories brûlées ;
- optionnellement : mesure de la fréquence cardiaque, du taux d'oxygène dans le sang, suivi de sommeil ;
- pour les montres : affichage de l'heure, réception de *sms*, réponse aux appels téléphoniques.

Nous avons sélectionnés certains dispositifs proposant une API, afin d'avoir accès aux données brutes.

Table II - Les dispositifs de suivi d'activité

FitBit					
					
ZIP Prix : 60€	Prix : 100€	FLEX Prix : 100€	HARGE Prix : 130€	CHARGE HR Prix : 150€	SURGE Prix : 250€
Misfit					
					
SHINE Prix : 90€		Flash fitness and sleep monitor Prix : 45€		Meta M1 Prix : 135€	
Withings					
					
Pulse Ox Prix : 120€		Pop Prix : 200€			
Jawbone					
					
UP MOVE Prix : 50€		UP 24 Prix : 130€		UP 3 Prix : 180€	
Teracoin					
					
Activity T Band Prix : 60€			Activity T Pod Prix : 40€		
Samsung Gear Fit					
				Prix : 100€	

Pour tous ces dispositifs les données du capteur sont transférées par l'intermédiaire du téléphone portable sur les serveurs du constructeur. En utilisant l'API fournie par le constructeur nous pouvons récupérer les données à partir du serveur du constructeur.

Le stockage distant des données, par le constructeur, pose des problèmes pour une application médicale et nous pousse vers une solution de montre/dispositif programmable.

Dans notre cas nous allons implémenter une première version en utilisant un dispositif du commerce pour obtenir une première preuve de concept et pouvoir le tester auprès des

patients. Nous envisagerons dans un deuxième temps une implémentation locale de notre solution.

B. Principe de l'application proposée

Chaque patient diabétique a un ou plusieurs profils d'activité qui lui sont propres. Une marche rapide de cinq minutes pour un patient actif, jeune de moins de 80 kg ne représente pas la même dépense physique que celle d'un patient âgé sédentaire de plus de 120 kg. Le capteur actimétrique connecté doit pouvoir indiquer si une plage d'activités est dans un des profils habituels d'activités du patient ou si son activité est inhabituelle et nécessite une éventuelle adaptation de son traitement ou de son alimentation.

Le projet vise à développer une application mobile adaptée à chaque sujet utilisant un capteur actimétrique connecté pour :

- le recueil de l'activité du sujet sur une plage de temps fixée,
- le stockage des profils actimétriques du sujet,
- la détermination ou apprentissage de profils types pour chaque sujet,
- la mise en place d'alerte si le profil actimétrique recueilli pour un sujet diffère de ses profils types.

III. APPLICATION ENVISAGÉE

Nous avons choisi de réaliser une première implémentation en utilisant le capteur FitBit Zip. Pourquoi celui-là ? Les raisons de ce choix sont multiples : FitBit propose une API pour pouvoir récupérer les données [6], il y a une communauté de développeurs importante qui semble très active. Dans un premier temps nous avons choisi d'utiliser le capteur le moins cher de FitBit et voir ce que nous pouvons obtenir avec celui-là.

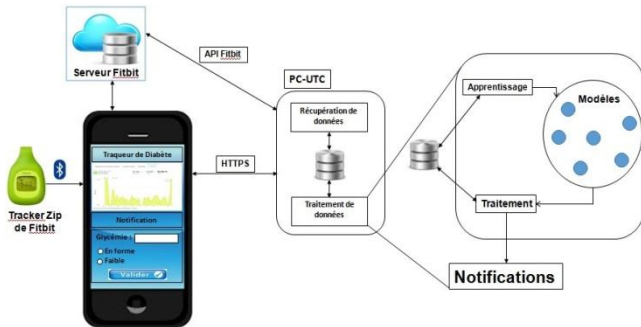


Figure 1. Architecture de l'application proposée

L'architecture envisagée est présentée dans la Figure 1. Le tracker d'activité se connecte par Bluetooth au téléphone et à l'application Fitbit qui transfère les données sur le serveur FitBit. Notre application sera composée :

- d'une application sur le téléphone portable permettant de traiter les alarmes et de les présenter à l'utilisateur

- d'un serveur sur un PC qui récupère les données hébergées sur les serveurs de Fitbit et les traite pour :
 - réaliser des modèles ou les mettre à jour
 - détecter des déviations par rapport à une activité physique non standard.

Dans la Figure 2 nous présentons le traitement de données proposé :

- Dans un premier temps l'application enregistrera des données et réalisera un apprentissage des journées types du point de vue activité physique. L'apprentissage envisagé sera de type non supervisé.
- Pendant le fonctionnement de l'application les données courantes seront comparées avec les modèles préexistants pour déterminer si elles peuvent être classées dans les modèles type ou une alerte doit être générée.
 - Pendant le fonctionnement du système, des phases de mise à jour des modèles auront lieu régulièrement permettant un suivi de l'évolution des habitudes de la personne.

Les premières études concerneront des algorithmes comme les K plus proches voisins ou K-médoids pour estimer leur apport par rapport à la problématique envisagée.

Une étape importante est constituée du choix des caractéristiques à extraire et à utiliser pour l'apprentissage.

L'application servira aussi pour motiver les patients diabétiques à réaliser une activité physique au moins tous les 3 jours (les recommandations actuelles des médecins).

Une autre étape importante est l'enregistrement de la base de données et son étiquetage.

IV. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Cette communication présente une première approche d'utilisation des dispositifs de suivi d'activité physique pour les patients diabétiques. L'évaluation est en cours à l'heure actuelle.

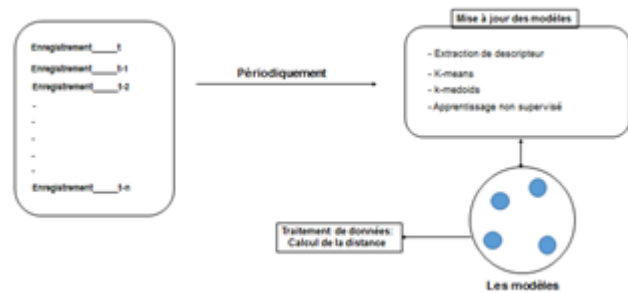


Figure 2. Algorithme de traitement

REMERCIEMENTS

Nous voudrions remercier le Pr Agnès Hartemann de l'Université Paris-6, Institut E3M, IHU ICAN (Chef du Service de diabétologie de GH Pitié-Salpêtrière) pour ses conseils et informations.

RÉFÉRENCES

- [1] Anne Peters Harmel, Ruchi Mathur, Diabetes Mellitus. Diagnosis and Treatment, Saunders – Elsevier Science, 5th edition, Philadelphia, USA, 2004, pp. 109 – 145.
- [2] Ernest Mazzaferri and collaborators, Year Book of Endocrinology 2007, Elsevier – Mosby, Philadelphia, USA, 2007, pp. 11-30.
- [3] B. Wayne Bequette, A critical Assessment and Challenges in the Development of a Closed-Loop Artificial Pancreas, Diabetes Technology & Therapeutics, Volume 7, Number 1, 2005, pp. 28-47.
- [4] E. Iancu, I. Iancu, D.Istrate, M.Mota, « Prediction du nivel de glucose en utilisant des réseaux de neurones », Congrès SFTAG, Troyes, 18-20 novembre 2009.
- [5] Zarita Zainuddin, Ong Pauline and Cernal Ardil, A Neural Network Approach in Predicting the Blood Glucose Level for Diabetic Patients International Journal of Computational Intellingence, 5:1, 2009, pp. 72-79.
- [6] <https://dev.fitbit.com>