



# SiCoPAD : Suivi interactif et connecté de patients hospitalisés à domicile

Journée IoT et IA, PFIA 2020

Salma Ben Dhaou<sup>1</sup>, Mathieu Bourgeois<sup>2</sup>, Grégory Bonnet<sup>1</sup>,  
Laurent Vercouter<sup>2</sup>, Bruno Zanuttini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Normandie Univ, UNICAEN, ENSICAEN, CNRS, GREYC  
14000 Caen, France

<sup>2</sup> Normandie Univ, INSA Rouen, UNIHAVRE, UNIROUEN, LITIS  
76000 Rouen, France

30 Juin 2020

Projet financé par le dispositif RIN Recherche 2018 de la Région Normandie

# Plan

- 1 Introduction
- 2 Acquisition de données
- 3 Prise de décision
- 4 Conclusion

# Présentation du projet SiCoPaD

- Le projet SiCoPaD (Suivi Interactif et Connecté de Patients hospitalisés à Domicile) vise à étudier la question de la surveillance médicale de patients à domicile, par le biais d'objets médicaux connectés (tensiomètre, thermomètre, lecteur glycémique, etc.) en intégrant l'interaction entre le médecin et son patient.
- L'objectif est de permettre à un système automatisé d'utiliser la sortie de ces objets pour évaluer en permanence la situation du patient et ainsi lancer des alertes aux médecins ou autres personnels médicaux chaque fois que la situation l'exige. Il ne devrait pas non plus en soulever lorsque cela serait inutile.
- Projet sur 3 ans jusqu'à 2021.

# Plan

- 1 Introduction
- 2 Acquisition de données
- 3 Prise de décision
- 4 Conclusion

## Défis de l'acquisition de données

- Catégoriser des données hétérogènes
  - Identifier les différents types de capteurs possibles
  - Catégoriser les capteurs en fonctions des valeurs produites
- Calculer des valeurs de confiance sur ces données
  - Faire la distinction entre précision de la mesure et confiance dans la mesure
  - Récupérer cette confiance auprès des fabricants ou des normes de mise sur le marché
- Trouver le contexte du patient lors de la prise de donnée

# Données quantitatives continues



## Données quantitatives continues

- Type : données quantitatives en continue
- Temporalité : prise en continue sur un temps long
- Initiative : prise de donnée régulière ou sur demande
- Objets types : thermomètre, SPO2, Breath monitoring, snore monitoring
- Détection : passage de seuil, évolution dynamique, étude de tendance
- Valeur : suite de valeurs numériques
- Précision : marge d'erreur autour de chaque valeur
- Confiance : norme médicale en fonction de la marge d'erreur (plutôt haute)

# Données quantitatives ponctuelles



## Données quantitatives ponctuelles

- Type : données quantitatives ponctuelles
- Temporalité : prise régulière et ponctuelle
- Initiative : prise de donnée régulière selon un calendrier, possibilité de prendre des mesures de contrôle sur demande
- Objets types : glucomètre, balance, tensiomètre, spiromètre
- Détection : valeur hors fourchette, évolution dynamique
- Valeur : valeurs numériques ponctuelles
- Précision : marge d'erreur donné par le fabricant
- Confiance : norme médicale en fonction de la marge d'erreur (confiance souvent basse)

# Données quantitatives continues par morceau



## Données quantitatives continues par morceau

- Type : données quantitatives continues
- Temporalité : acquisition des données sur plusieurs temps courts
- Initiative : sur demande
- Objets types : électrocardiogramme, Galvanic Skin Response
- Détection : passage de seuil, détection d'anomalies de comportement
- Valeur : valeurs numériques ponctuelles + signal
- Précision : marge d'erreur en continue
- Confiance : normes médicales pour les valeurs, données de l'algorithme pour la reconnaissance de forme sur le signal.

## Données qualitatives continues par morceau



## Données qualitatives continues par morceau

- Type : données qualitatives
- Temporalité : acquisition des données sur plusieurs temps courts
- Initiative : sur demande
- Objets types : capteur de position du corps
- Détection : corrélation avec les autres données, associations de valeurs dangereuses
- Valeur : ensemble de valeurs qualitatives sur une durée donnée
- Précision : 100 %
- Confiance : données du fabricant.

# Données évènementielles



## Données évènementielles

- Type : données qualitatives
- Temporalité : acquisition des données de façon ponctuelle
- Initiative : initiative irrégulière de la part du patient
- Objets types : bouton d'alarme, pilulier connecté, détecteurs de présence
- Détection : changement d'état, corrélation avec d'autres valeurs
- Valeur : booléen
- Précision : 100 %
- Confiance : dépendant du fabricant, se détériore avec le temps

## Détection du contexte

- Utilisation de méthodes statistiques dans la littérature : POMDP (Forkan, 15), Machine Learning (Xie, 13), Grey Model (Mshali, 18), ... -> Nécessite beaucoup de données que nous n'avons pas.
- Exploration de la piste des ontologies et règles logiques (en s'appuyant sur des plannings types) et du Stream Reasoning (Della Valle, 09).

## Exemple d'acquisition de données

Prise de température :

- Valeurs brutes : 08h00,00 - 37,2 ; 08h00,30 - 37,23 ; 08h01,00 - 37,21
- Sens avec la précision et la confiance lié au matériel : à 8 heures 0 minutes et 0 secondes, la température relevée est de 37,2 degrés celsius ; la confiance que cette température soit dans l'intervalle 37,0 à 37,4 est de 100% et est de 80% dans l'intervalle 37,08 à 37,32
- Contexte : la confiance dans le fait que la personne dort est de 95% et la confiance dans le fait que la personne se réveille est de 5%

## Exemple d'acquisition de données

Prise de tension :

- Valeurs brutes : 08h37 - 137 - 88 ; 13h52 - 142 - 95 ; 18h24 - 135 - 79
- Sens avec la précision et la confiance lié au matériel : à 8 heures 37 minutes, la pression systolique relevée est de 137 mmHg et la pression diastolique est de 88 mmHg ; la confiance que la pression systolique se trouve entre 132 et 142 mmHg est de 60%, 75% sûr pour l'intervalle 127 et 147 mmHg et 90% sûr pour l'intervalle 122 et 152 mmHg
- Contexte : la personne vient de se réveiller à 100%

# Plan

- 1 Introduction
- 2 Acquisition de données
- 3 Prise de décision**
- 4 Conclusion

# Discernement des Alertes Pertinentes pour le projet SiCoPad

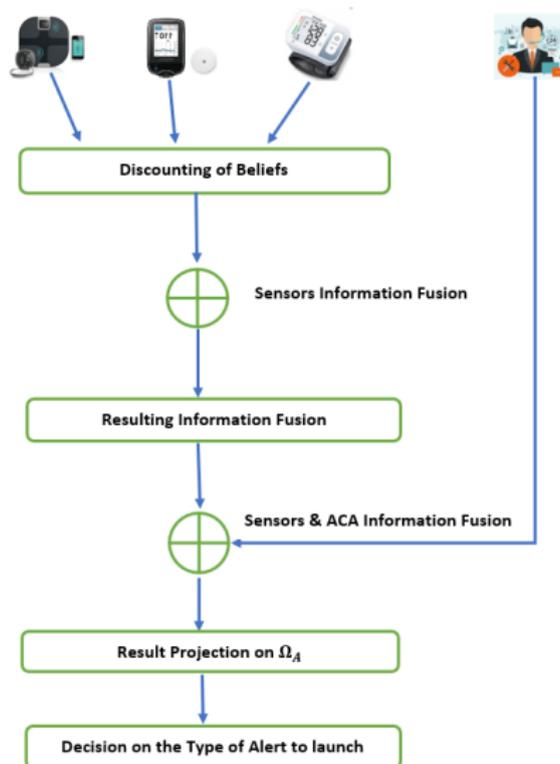
Les objectifs de ce travail consistent en :

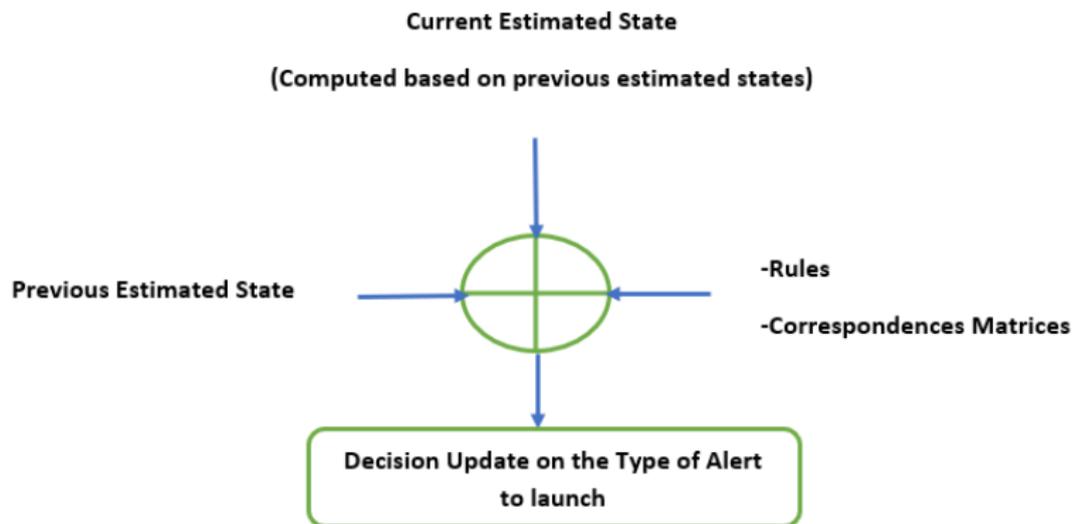
- Représentation de l'état estimé du patient.
- Prise de décision sur le type d'alertes qui doit être lancé.

## Outils choisis pour répondre à la problématique

- La théorie des fonctions de croyance :
  - Permet la modélisation et la gestion de l'incertitude, l'imprécision et l'ignorance.
  - Plus générale que la théorie des probabilités.
  - Offre plusieurs règles de combinaison d'information.
  - Gère le conflit entre les sources.
  - Exemple :  $m^{\Omega_T}(37, 37.4) = 0.7$ ,  $m^{\Omega_T}(\Omega_T) = 0.3$

# Estimation de l'état du patient





## Exemple

- Dans cet exemple, nous considérons la maladie *Néphrologie*<sup>1</sup>.
- C'est une complication qui survient dans les reins et affecte jusqu'à 50% de personnes atteintes de diabète au cours de leur vie. Les patients atteints de cette maladie doivent toujours surveiller leur tension artérielle, leur diabète et leur poids.

---

1. [https://www.diabete.qc.ca/fr/comprendre-le-diabete/tout-sur-le-diabete/complications/la-nephropathie/?fbclid=IwAR2NaEbbgVeY0mqCOYX613ihZxa8tMVHan9KOE0Liq4Hh-HaEKES1jW\\_4Bo](https://www.diabete.qc.ca/fr/comprendre-le-diabete/tout-sur-le-diabete/complications/la-nephropathie/?fbclid=IwAR2NaEbbgVeY0mqCOYX613ihZxa8tMVHan9KOE0Liq4Hh-HaEKES1jW_4Bo)

Soient les cadres de discernement des capteurs :

- $\Omega_{CT} = \{Hypotension, NormalT, Hypertension\}$
- $\Omega_{GL} = \{Hypoglycemie, NormalG, Hyperglycemie\}$
- $\Omega_E = \{Deprime, Triste, Normal, Heureux\}$
- $\Omega_A = \{Alerte - Rouge, Alerte - Orange, Alerte - Verte\}$

Et ces fonctions de masse :

- $m^{\Omega_{CT}}(Hypertension) = 0.75, m^{\Omega_{CT}}(\Omega_{CT}) = 0.25$
- $m^{\Omega_{GL}}(Hyperglycemie) = 0.75, m^{\Omega_{GL}}(\Omega_{GL}) = 0.25$
- $m^{\Omega_E}(Deprime) = 0.6, m^{\Omega_E}(\Omega_E) = 0.4$

- **Étape N1 : Combinaison des fonctions de masse sur  $\Omega_{CT} \times \Omega_{GL}$  :** (Nous le noterons  $\Omega_C$  dans ce qui suit)
  - $m^{\Omega_{CT} \times \Omega_{GL}}(\{HyperT, HyperG\}) = 0.5625$
  - $m^{\Omega_{CT} \times \Omega_{GL}}(\{HyperT, HyperG\}, \{HyperT, NormalG\}, \{HyperT, HypoG\}) = 0.1875$
  - $m^{\Omega_{CT} \times \Omega_{GL}}(\{HyperG, HyperT\}, \{HyperG, NormalT\}, \{HyperG, HypoT\}) = 0.1875$
  - $m^{\Omega_{CT} \times \Omega_{GL}}(\Omega_{CT} \times \Omega_{GL}) = 0.0625$

## ■ Étape N2 : Combinaison des fonctions de masse sur

$\Omega_C \times \Omega_E$  :

- $m^{\Omega_C \times \Omega_E}(\{HyperT, HyperG, Deprime\}) = 0.6625$
- $m^{\Omega_C \times \Omega_E}(\{HyperT, HyperG, Deprime\},$   
 $\{NormalT, NormalG, Depressed\}, \{HypoT, HypoG, Deprime\}) =$   
 $0.2335$
- $m^{\Omega_C \times \Omega_E}(\Omega_C \times \Omega_E) = 0.104$

$\Gamma$	Déprimé	Triste	Normal	Heureux
HyperT,HyperG	AI-Rouge	AI-Rouge	AI-Rouge	AI-Rouge
HyperT,HypoG	AI-Orange	AI-Orange	AI-Orange	AI-Orange
HyperT,NormalG	AI-Orange	AI-Orange	AI-Orange	AI-Orange
NormalT,HyperG	AI-Orange	AI-Orange	AI-Orange	AI-Orange
NormalT,NormalG	AI-Verte	AI-Verte	AI-Verte	AI-Verte
NormalT,HypoG	AI-Orange	AI-Orange	AI-Orange	Em-Nurse
HypoT,HyperG	AI-Orange	AI-Orange	AI-Orange	Em-Doctor
HypoT,NormalG	AI-Orange	AI-Orange	AI-Orange	Em-Doctor
HypoT, HypoG	AI-Rouge	AI-Rouge	AI-Rouge	AI-Rouge

**Table** – Matrice de correspondances entre  $\Omega_{CT} \times \Omega_{GL}$  et  $\Omega_E$

- **Étape N3 : Projection des fonctions de masse combinées sur  $\Omega_A$  :**
  - $m_{\Gamma}^{\Omega_A}(AI - Rouge) = 0.6625$
  - $m_{\Gamma}^{\Omega_A}(\Omega_A) = 0.33875$
- **Étape N4 : Application du BF-POMDP pour la prise de décision du type d'alerte à lancer (En cours de réalisation)**

# Plan

- 1 Introduction
- 2 Acquisition de données
- 3 Prise de décision
- 4 Conclusion**

## Résumé

- Le projet SiCoPAD vise à assister le corps médical dans le suivi de patients à domicile par le biais de capteurs connectés.
- Il est nécessaire de comprendre les données récupérées pour aider à la décision.
- Un premier travail de catégorisation des capteurs et d'identification de leurs normes a été réalisé.
- La piste de la reconnaissance d'activité est explorée pour contextualiser la prise de donnée.

## Résumé

- La deuxième partie de cette présentation porte sur le choix des alertes à lever. Pour ce faire, il faut :
  - Représenter l'état estimé du patient en se basant sur les données fournies par les objets connectés ainsi que celles données par l'agent conversationnel
  - Prendre une décision sur le type d'alertes qui doit être lancé en se basant sur l'historique de l'état du patient ainsi que les règles fournies par les médecins
- Ces problématiques sont traitées grâce aux :
  - outils mathématiques fournis par la théorie des fonctions de croyance
  - BF-POMDPs (les POMDPs évidentiels)

# Conclusion

Questions.