

Modélisation comportementale des systèmes à événements discrets

Gregory FARAUT

30^e Colloque Alain BOUYSSY

Curriculum Vitae

1981- **Gregory Faraut** : 40 ans, Nice (06)



2005 Maîtrise EEA – Université de Nice Sophia-Antipolis

2006 M2 en Systèmes Embarqués – Université de Nice Sophia-Antipolis



2006-2010 Doctorat en Automatique, Laboratoire AMPERE, INSA Lyon
« Commutations sûres de mode pour les systèmes à événements discrets »



2008-2009 Séjour doctoral (8mois) à l'Université du Michigan



2009-2011 ATER à l'INSA Lyon, département de Génie Industriel

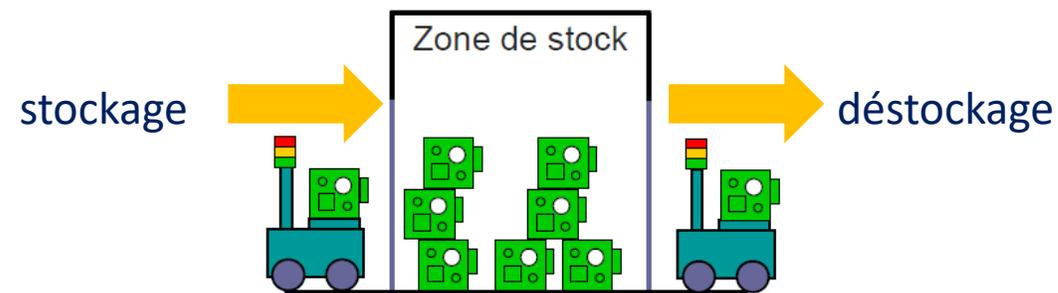
2011-2021 Maître de conférence à l'ENS Cachan



Systeme à Evénements Discrets ?

Concerne les systèmes pilotés ou basés sur des événements

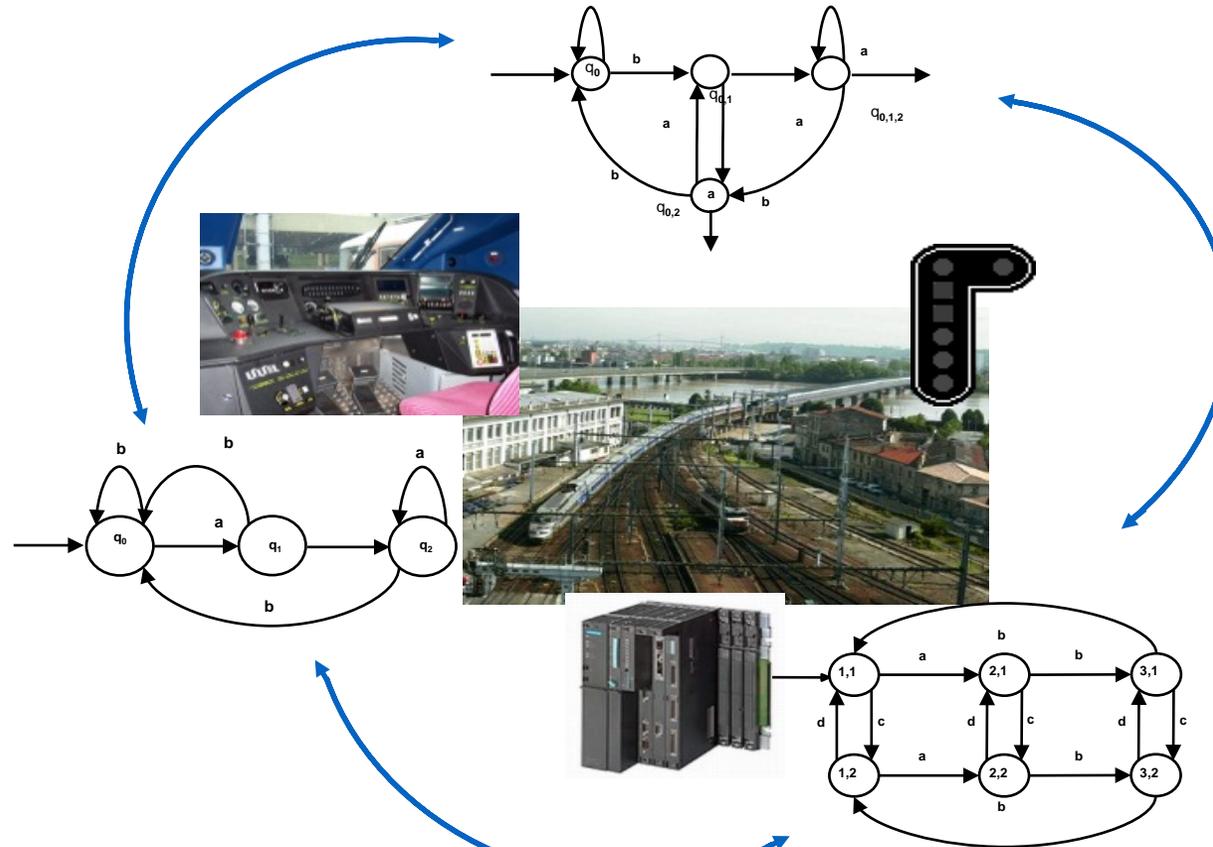
- Le temps n'influe pas directement sur l'évolution du système
- L'état du système évolue sur occurrences d'événements
- Un événement peut correspondre à une évolution d'une entrée, d'une sortie ou de l'état du système
- Un événement est instantané (n'a pas de durée) ; les événements sont asynchrones (non cadencés par une horloge)



L'état du système (par exemple le nombre de pièces en stock) évolue sur occurrence d'événements (ici : stockage et déstockage).

Systeme à Evénements Discrets ?

Concerne les systèmes pilotés ou basés sur des événements



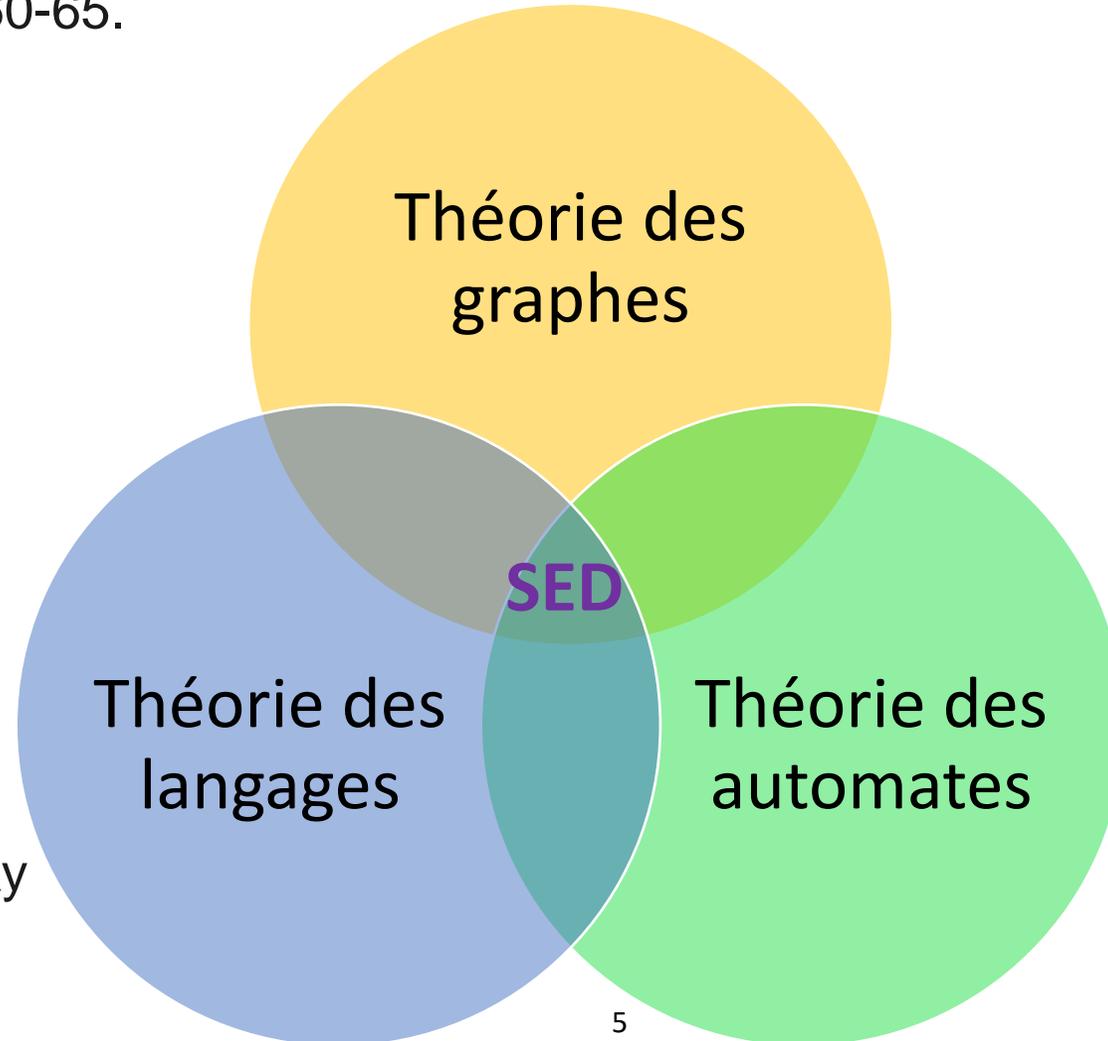
Exemple : gestion du trafic ferroviaire

Systeme à Evénements Discrets ?

Hopcroft, J.E., Motwani, R. and Ullman, J.D., 1979.
Introduction to automata theory, languages, and computation.
Acm Sigact News, 32(1), pp.60-65.

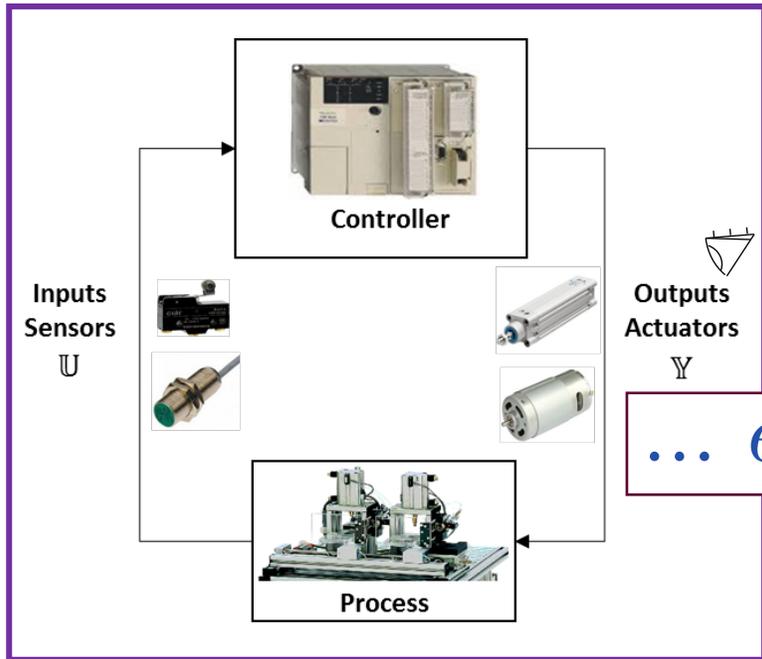


Noam Chomsky



Alan Turing

Modélisation comportementale par apprentissage avec le prisme des SED



Système autonome et « boîte noire »

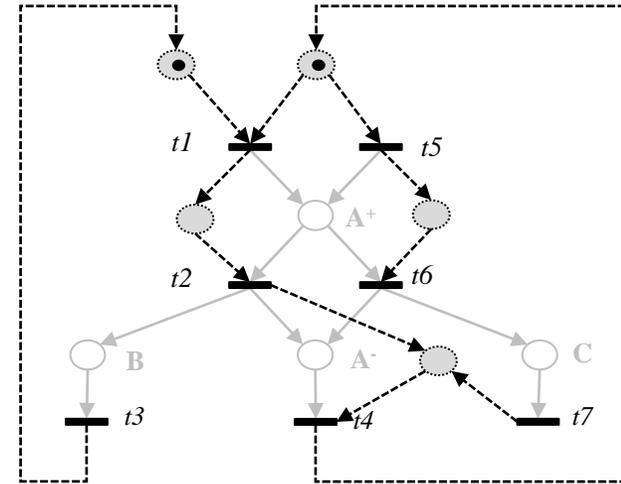
[Saives, 2015]

Appr. par la rech. de motifs de dépendance

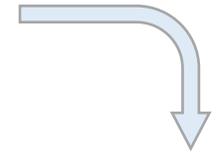


... $e_{23}e_{14}e_{13}e_{37}e_{36}e_{23}$

RdP interprété



[Saives, 2017]



Théorème sur la décroissance du sur-langage basé sur le degré du réseau



Appr. distribuée sur syst. à 80 entrées/sorties
=> Clustering et optimization multi-paramètres

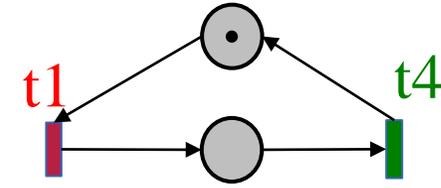
Identification de systèmes réactifs : Travaux de J. Saives

Recherche des dépendances dans la séquence de tir de transition

$S = t_1 t_3 t_4 t_1 t_4 t_2 t_1 t_2 t_4 t_1 t_4 t_3 t_1 t_3 t_4 t_1 t_2 t_4$

$S = t_1 t_4 t_1 t_4 t_1 t_4 t_1 t_4 t_1 t_4 t_1 t_4$

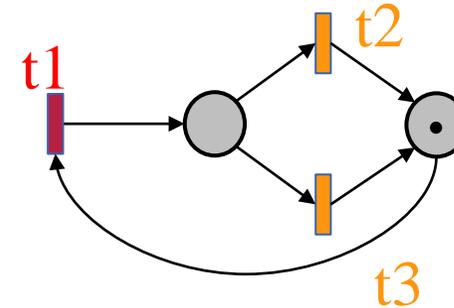
Dépendance mutuelle: $\{t_1\} \rightleftharpoons \{t_4\}$



$S = t_1 t_3 t_4 t_1 t_4 t_2 t_1 t_2 t_4 t_1 t_4 t_3 t_1 t_3 t_4 t_1 t_2 t_4$

$S = t_1 t_3 t_1 t_2 t_1 t_2 t_1 t_3 t_1 t_3 t_1 t_2$

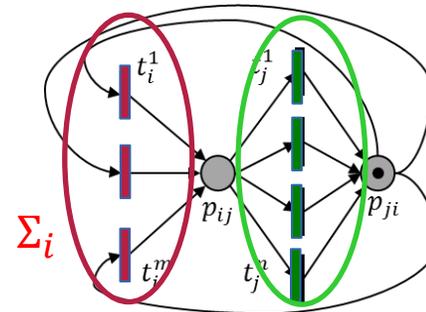
Dépendance mutuelle: $\{t_1\} \rightleftharpoons \{t_2, t_3\}$



Motif générique

$S = t_i t_j t_i t_j t_i t_j t_i t_j t_i t_j \dots$

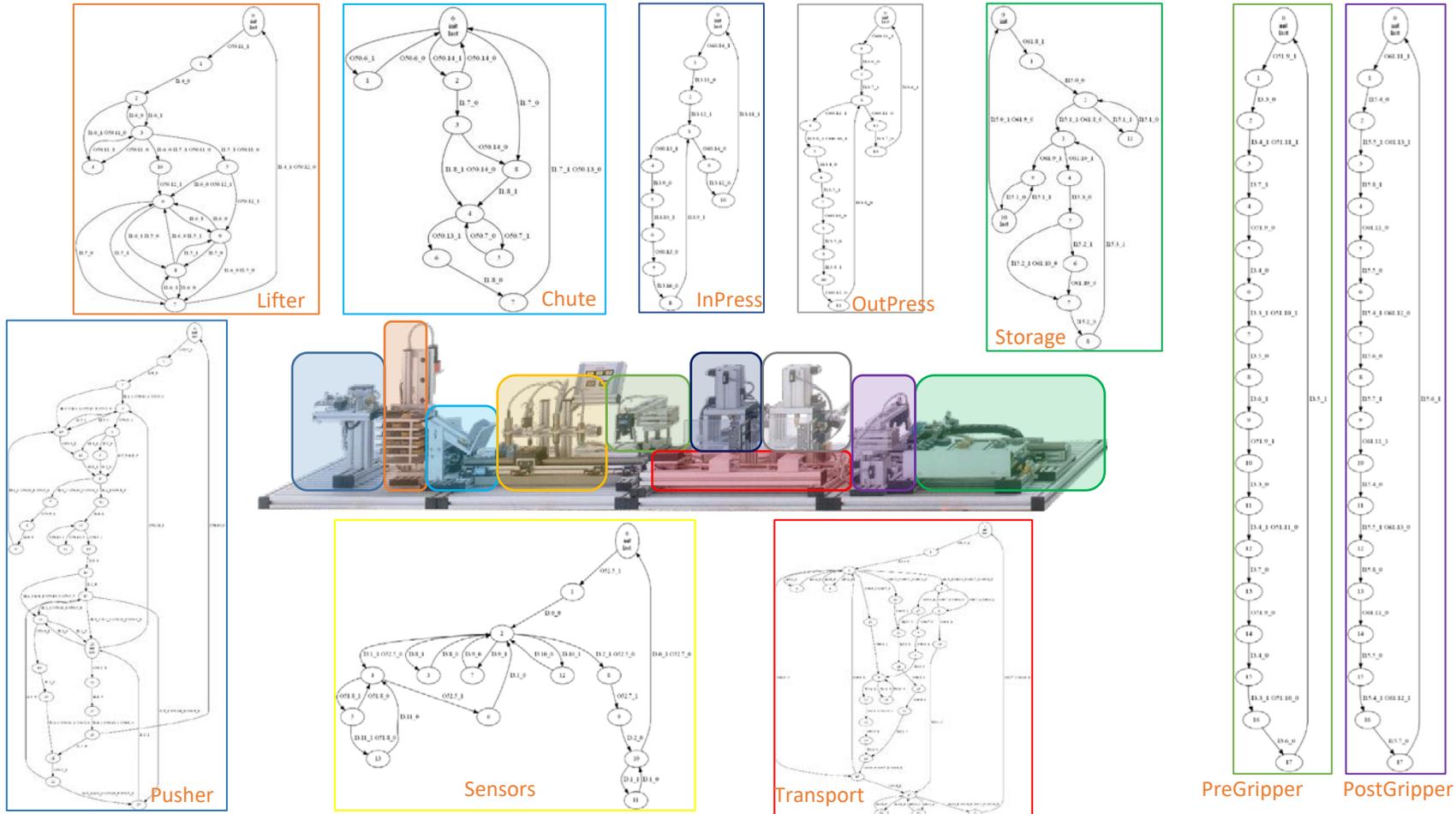
Dépendance mutuelle: $\Sigma_i \rightleftharpoons \Sigma_j$



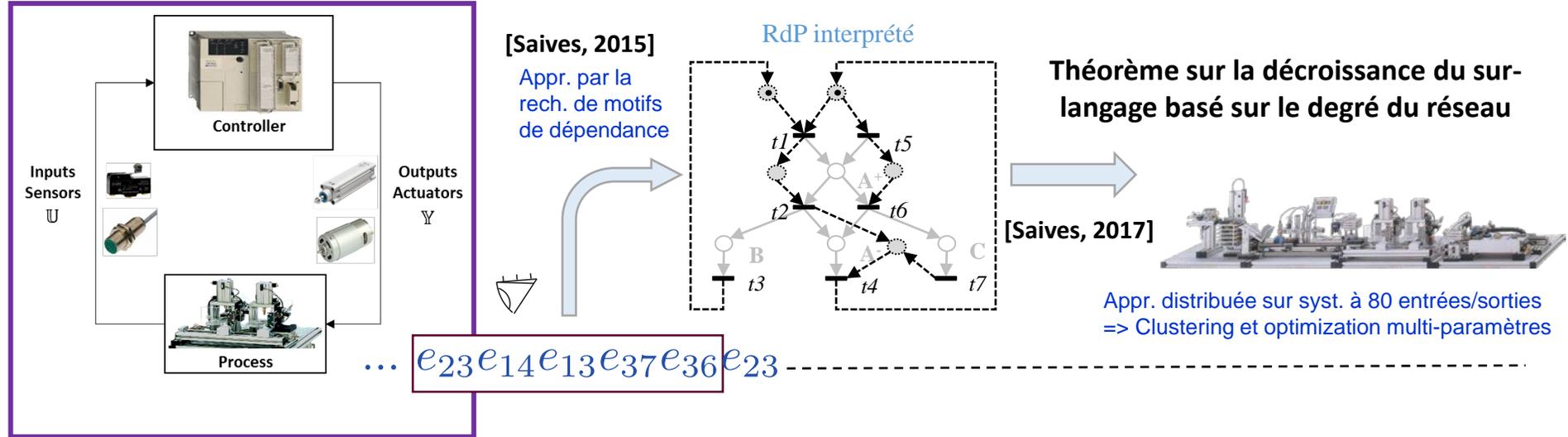
Identification de systèmes réactifs : Travaux de J. Saives

Identification pour systèmes de grande taille

- Etude d'un système à 80 entrées/sorties par identification distribuée

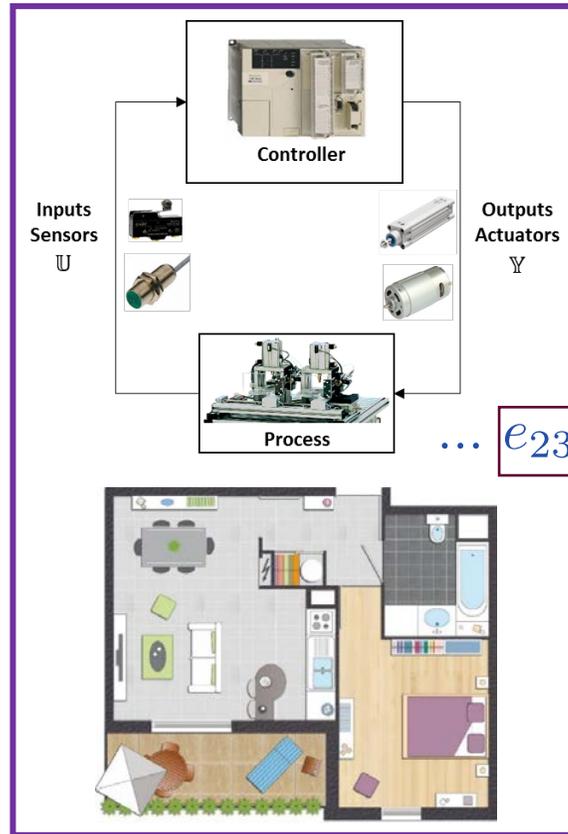


Modélisation comportementale par apprentissage avec le prisme des SED



Système autonome et « boîte noire »

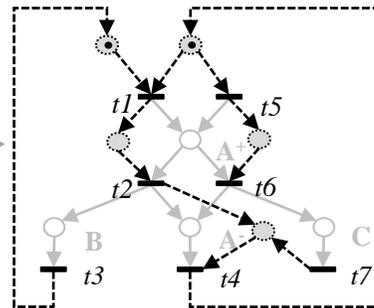
Modélisation comportementale par apprentissage avec le prisme des SED



[Saives, 2015]

Appr. par la
rech. de motifs
de dépendance

RdP interprété



Théorème sur la décroissance du sur-
langage basé sur le degré du réseau

[Saives, 2017]



Appr. distribuée sur syst. à 80 entrées/sorties
=> Clustering et optimization multi-paramètres

... $e_{23}e_{14}e_{13}e_{37}e_{36}e_{23}$

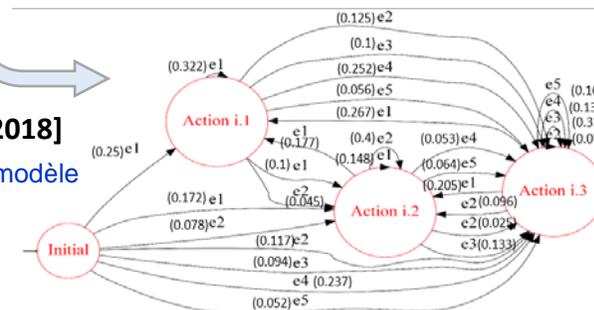


Système autonome et « boîte boire »

Automate probabiliste

[Viard, 2018]

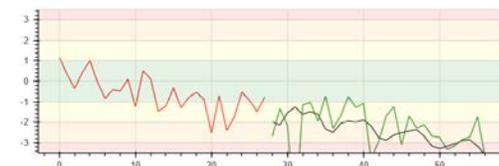
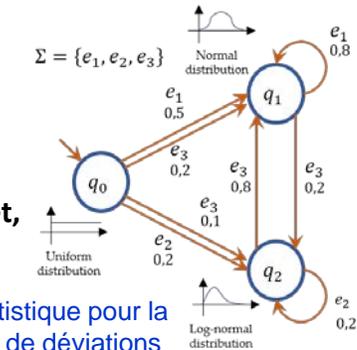
Appr. par modèle
enveloppe



Automate probabiliste,
stochastique, temporisée

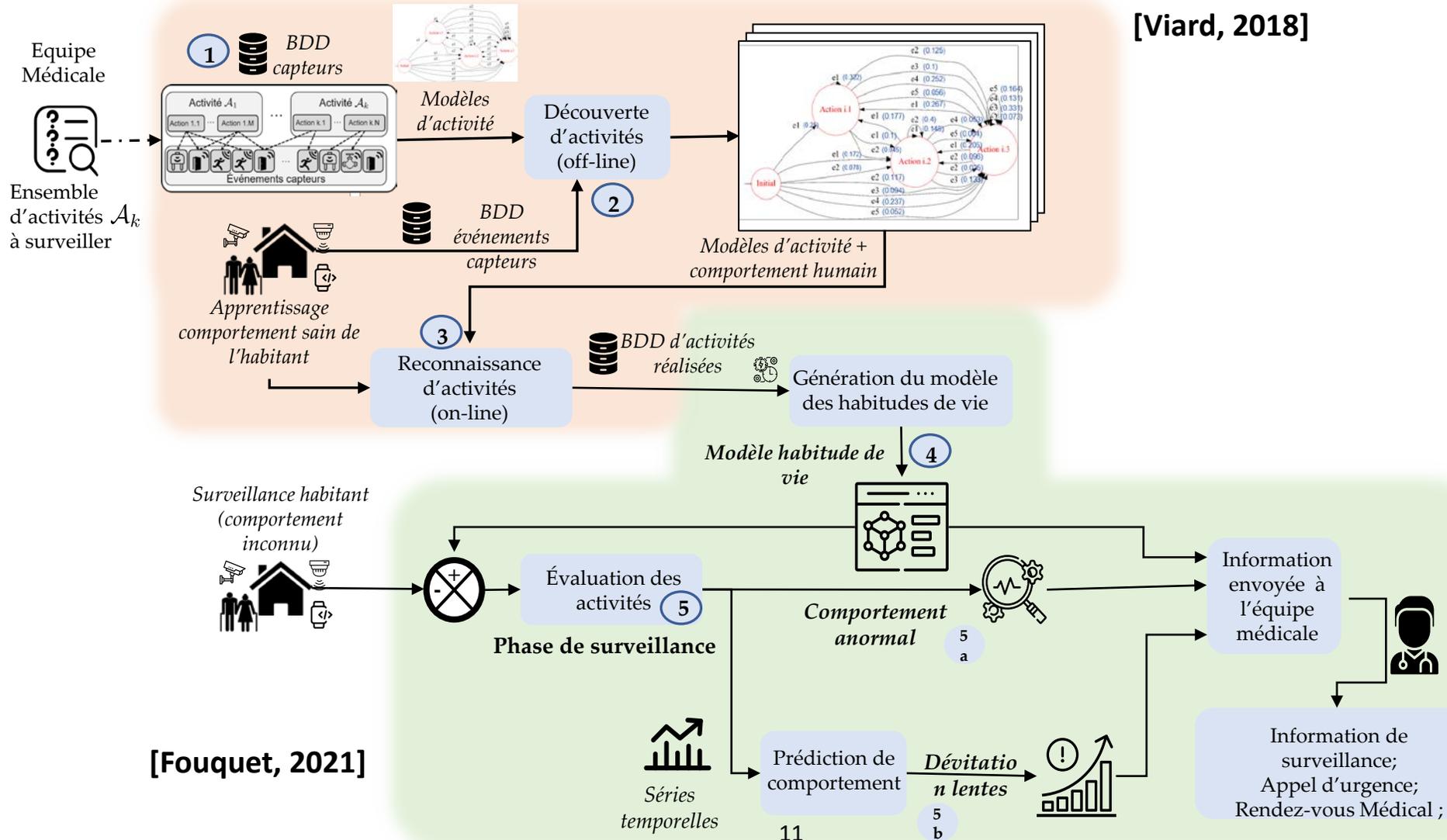
[Fouquet,
2021]

Appr. statistique pour la
détection de déviations

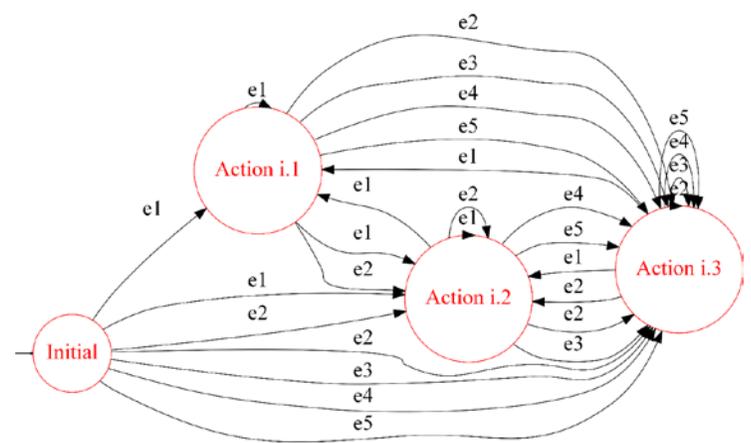
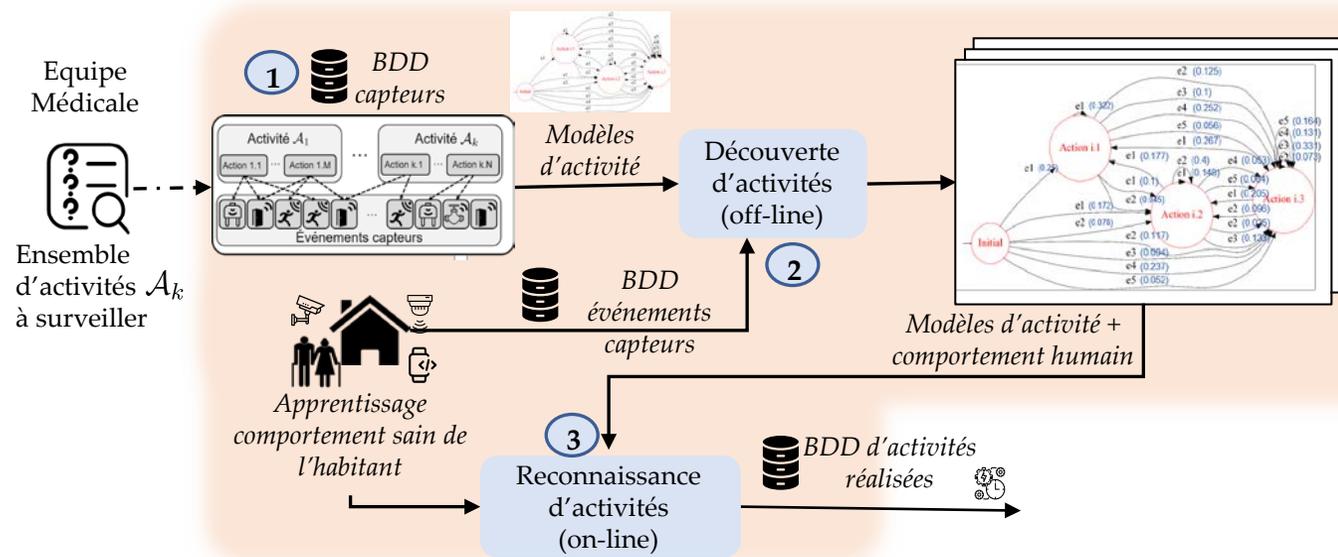


Ambient Assisted Living : Travaux de K.Viard et de K. Fouquet

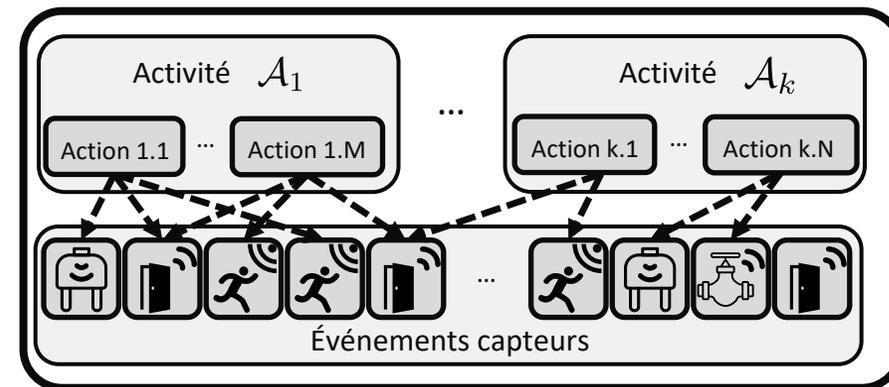
- Construction d'un modèle de complexité faible et le plus indépendant possible au comportement humain



Ambient Assisted Living : Travaux de K. Viard

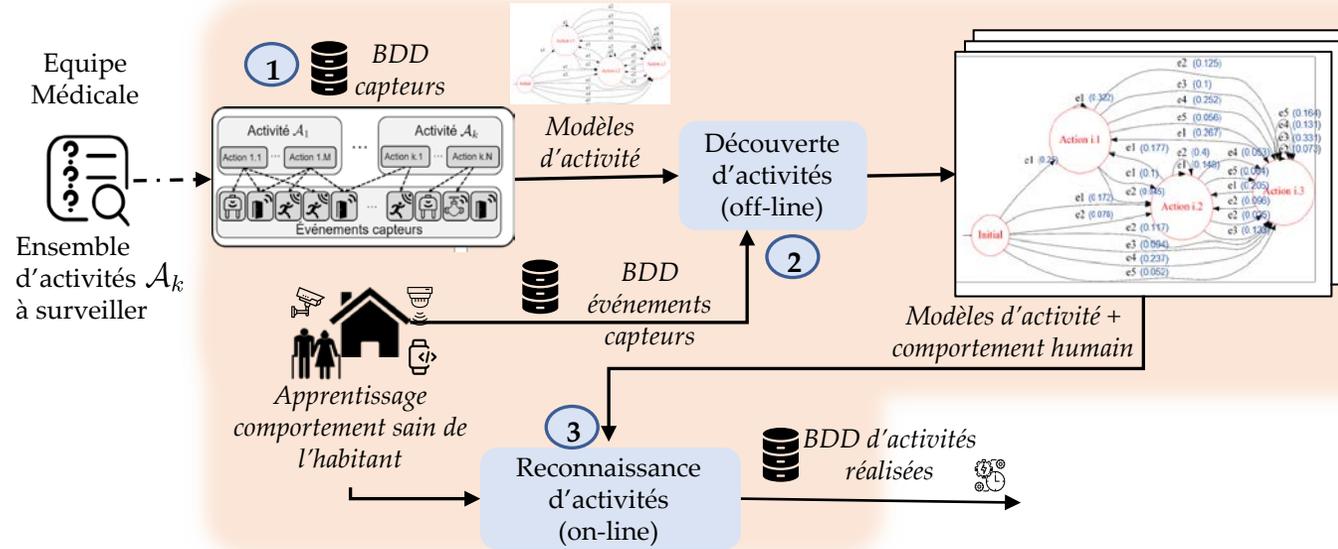


Représente toutes les « façons » de faire une activité

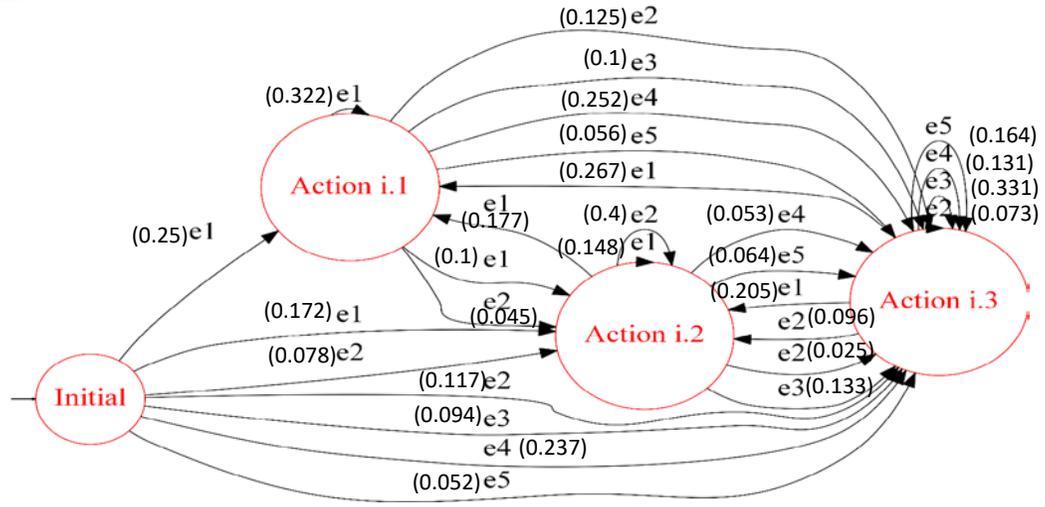
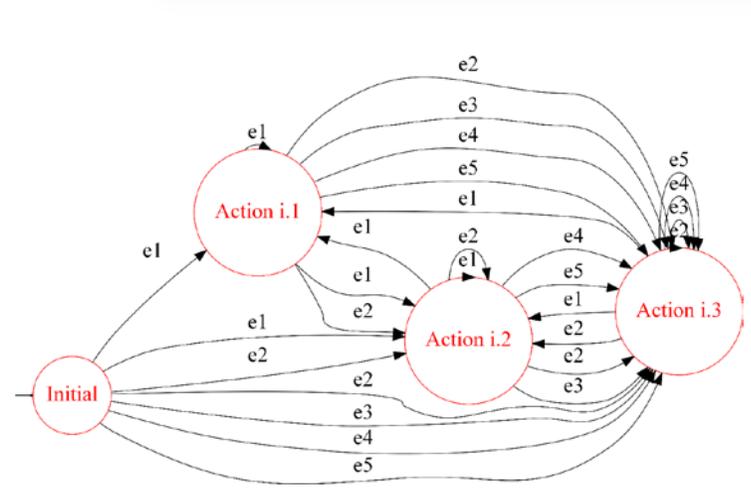


➤ **Modèle enveloppe**

Ambient Assisted Living : Travaux de K. Viard



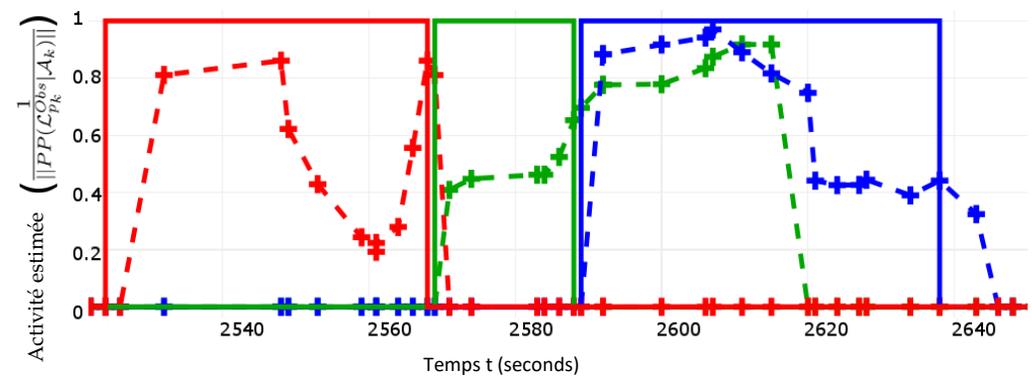
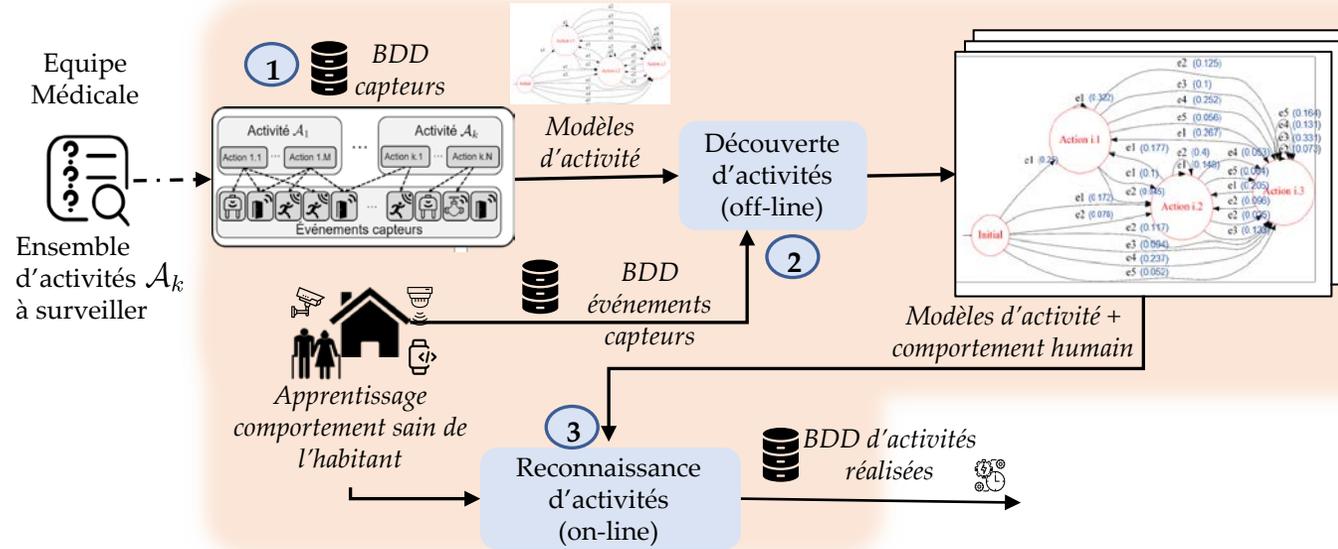
Calcul des probabilités:
 $P[(q_l, e_i, q_m)] = P[q_l \rightarrow q_m | q_l] \times P[e_i | q_l \rightarrow q_m]$



$$P[q_l \rightarrow q_m | q_l] = \frac{N(q_l \rightarrow q_m)}{\sum_{q_n \in Q_{A_k}} N(q_l \rightarrow q_m)}$$

$$P[e_i | q_l \rightarrow q_m] = \frac{N(e_i | q_l \rightarrow q_m)}{\sum_{e_j \in \Sigma_{A_k}} N(e_i | q_l \rightarrow q_m)}$$

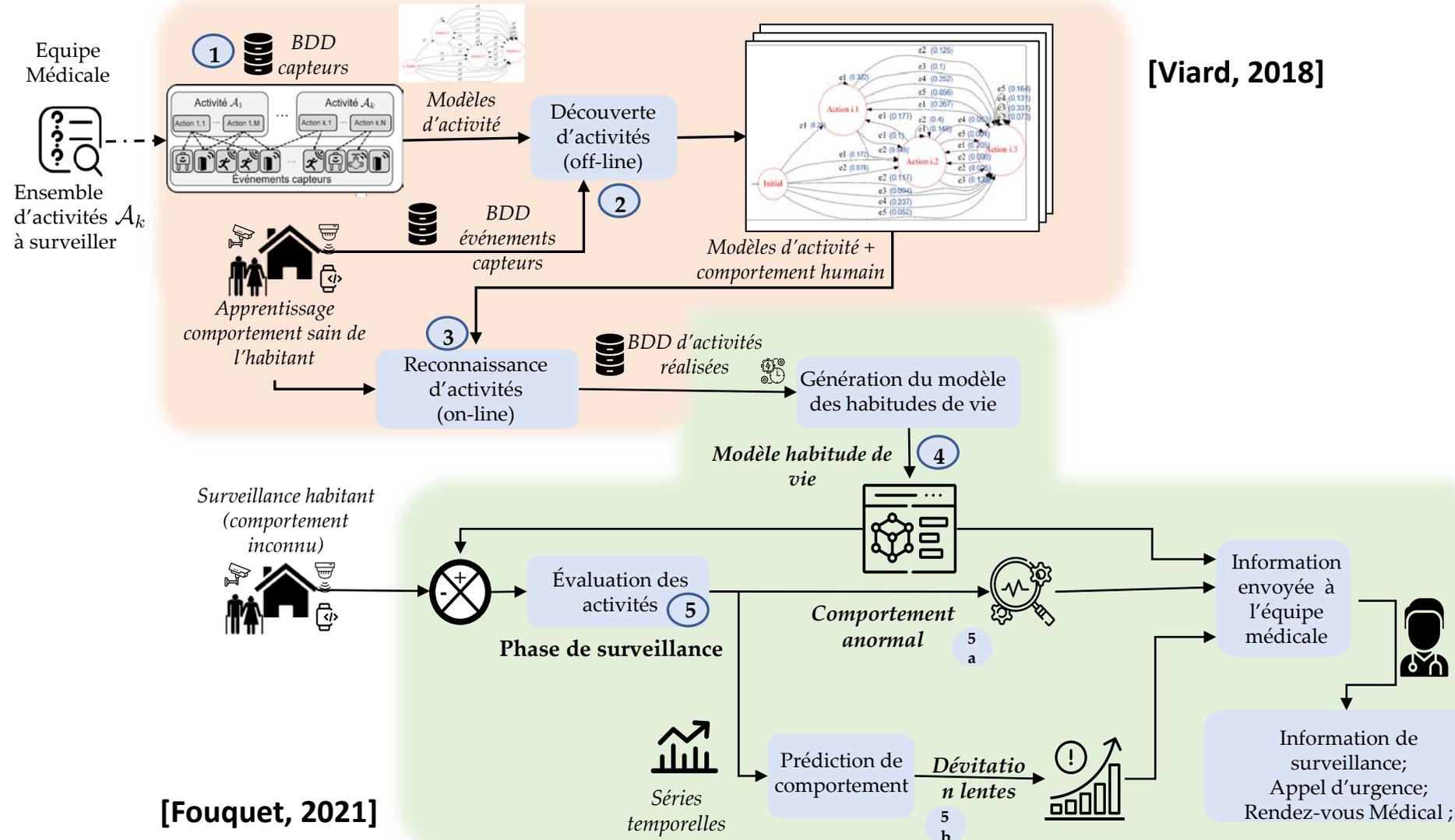
Ambient Assisted Living : Travaux de K. Viard



- Relation couleurs/activité:
- Préparation boisson chaude
 - Hygiène personnelle
 - Préparation repas
- Ligne type:
- Probabilité estimée
 - Activité réalisée

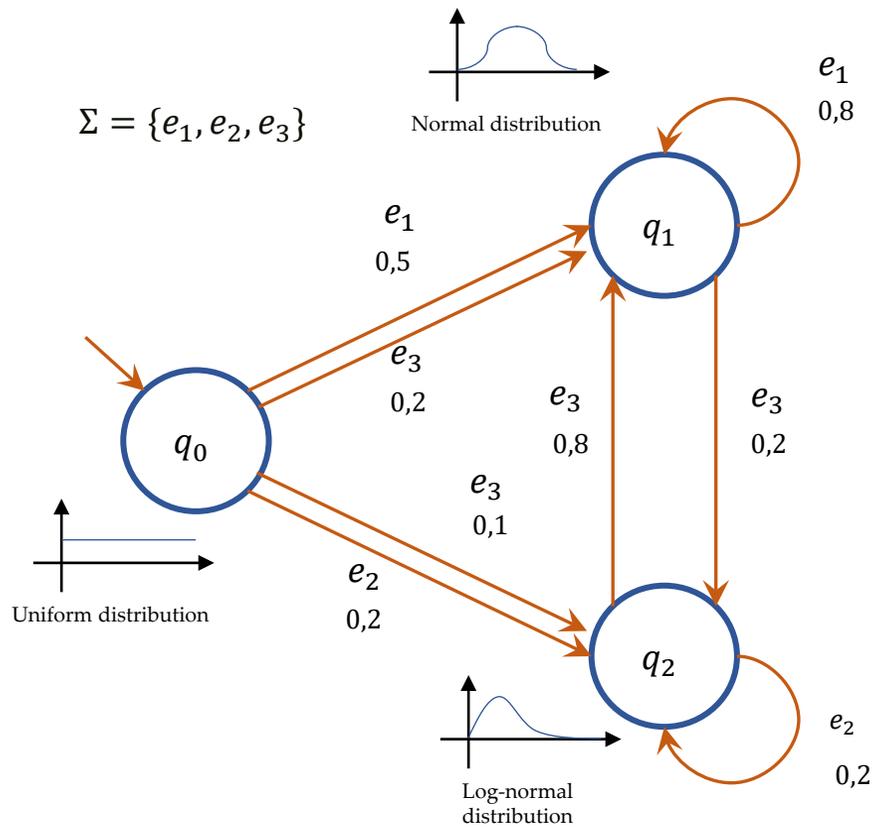
Ambient Assisted Living : Travaux de K. Viard et de K. Fouquet

➤ Détection des évolutions des habitudes de vie

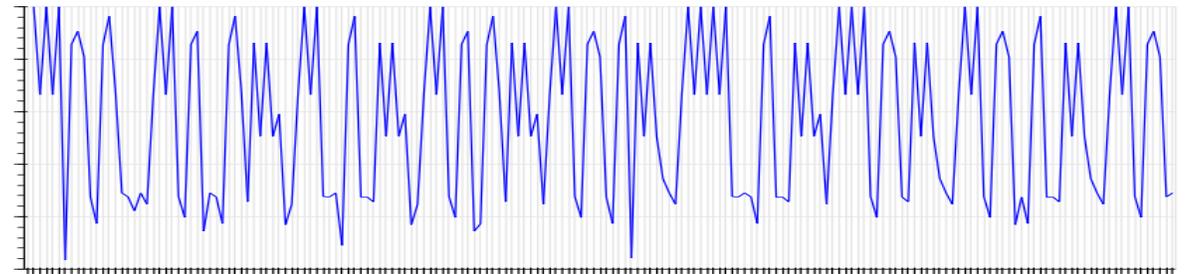


Ambient Assisted Living : Travaux de K. Fouquet

⇒ Travaux de K. Viard : données d'entrée sont une séquence d'activités réalisées

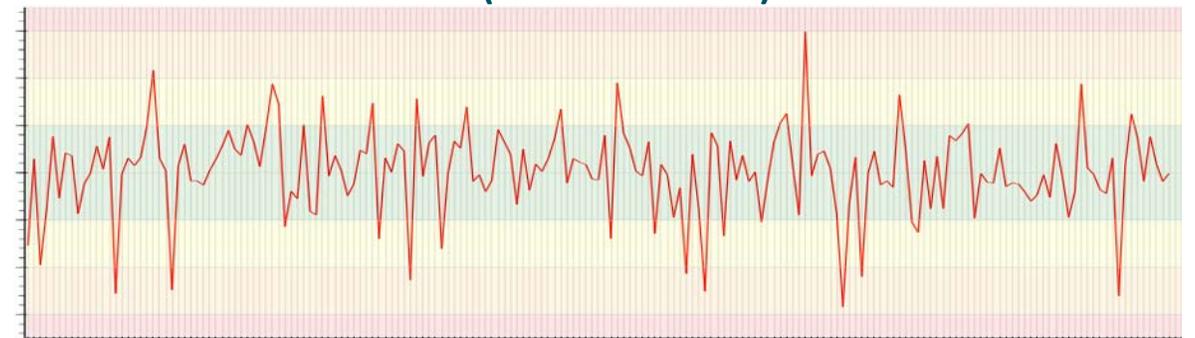


Comparaison sur la séquence de réalisation
(déviation brusque)



Maximum de vraisemblance vs temps

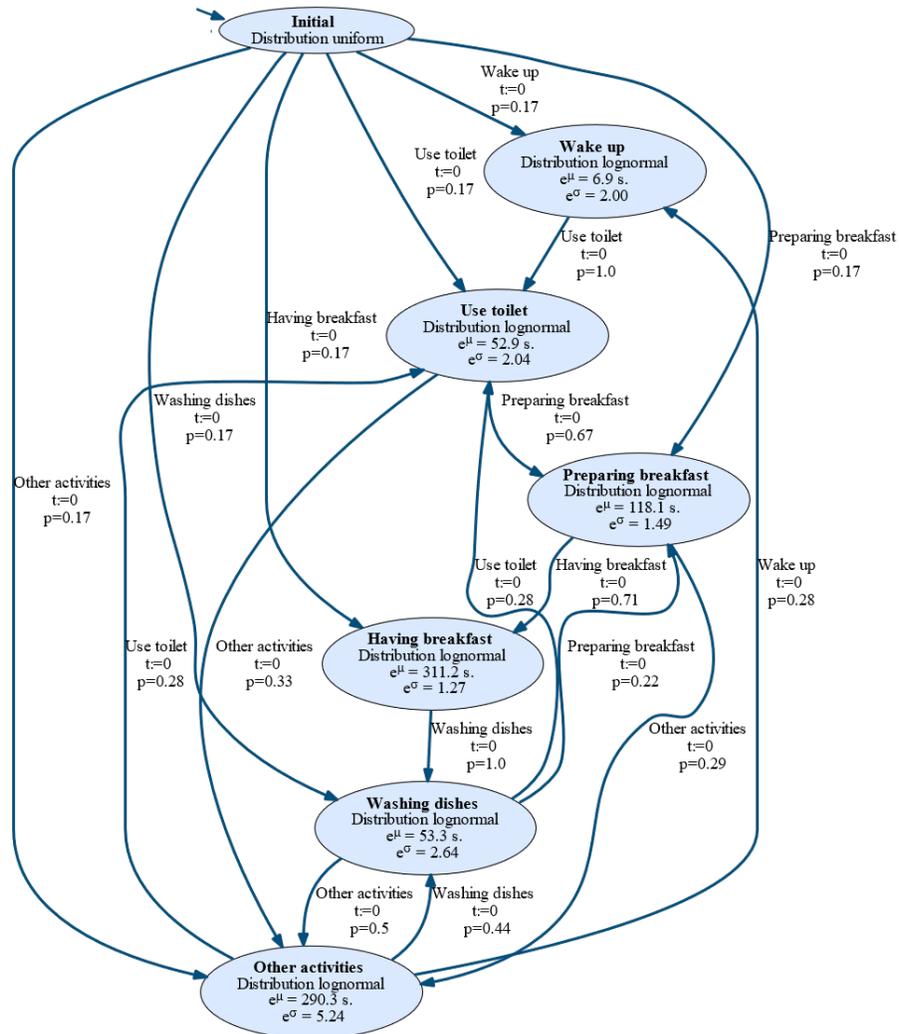
Comparaison sur le temps de réalisation
(déviation lente)



Distance en 6-sigma vs temps

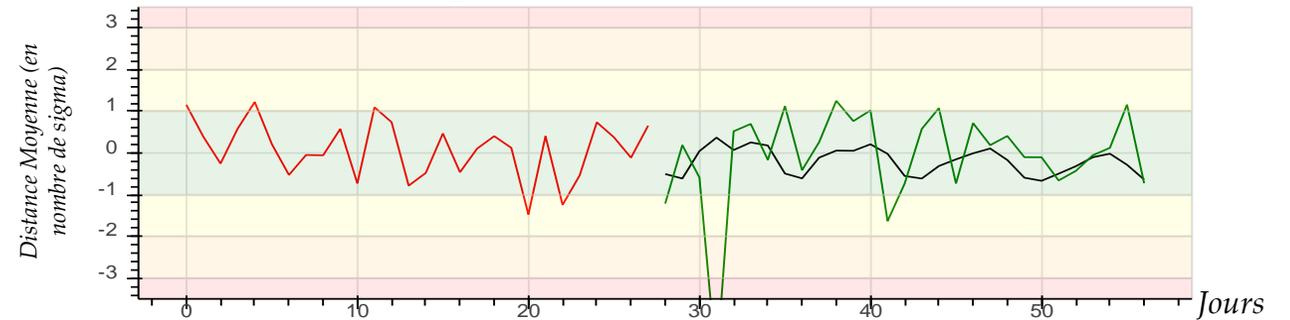
Ambient Assisted Living : Travaux de K. Fouquet

Détection des déviations de comportement à partir d'un modèle de référence représentant les habitudes de vie

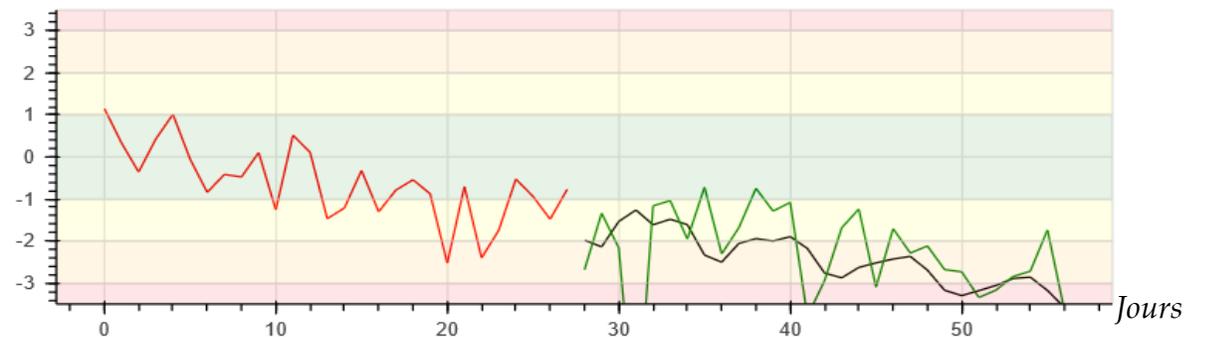


Détection d'anomalie

a) Sortir de chez soi – comportement normal



b) Sortir – comportement anormal avec détection-prédiction



Projet Recherche : Modèle comportemental pour le Jumeau Numérique

Travaux menés jusqu'à présent :

➤ Identification

- Création d'un modèle comportemental par identification
- Détection et mesure des écarts

➤ Ambient Assisted Living

- Création d'un modèle comportemental par modèle enveloppe
- Détection (et prédiction) des déviations de comportements

➤ **Création d'un Jumeau Numérique**

Projet Recherche : Modèle comportemental pour le Jumeau Numérique

Travaux menés jusqu'à présent :

- **Identification**

- Création d'un modèle comportemental par identification
- Détection et mesure des écarts

- **Ambient Assisted Living**

- Création d'un modèle comportemental par modèle enveloppe
- Détection (et prédiction) des déviations de comportements

➤ **Création d'un Jumeau Numérique**



**Test de Turing
Comportemental**

Projet Recherche : Modèle comportemental pour le Jumeau Numérique

Travaux menés jusqu'à présent :

- **Identification**
 - Création d'un modèle comportemental par identification
 - Détection et mesure des écarts
- **Ambient Assisted Living**
 - Création d'un modèle comportemental par modèle enveloppe
 - Détection (et prédiction) des déviations de comportements

➤ **Création d'un Jumeau Numérique**



**Test de Turing
Comportemental**

**Approche cognitive pour
les Systèmes Cyber-Physiques**



Jumeau Numérique Humain

Modélisation comportementale des systèmes à événements discrets

Gregory FARAUT

30^e Colloque Alain BOUYSSY