

Institut Farman FR 3311 : appel à projets AAP 2016

Proposition de projet Farman – Volet scientifique

CARNAVAL :

Capteurs Ambiants pour la Reconnaissance et le moNitoring des Activités au VAL-de-grâce

CMLA - LURPA

Intitulé du projet (acronyme ou autre) : CARNAVAL

Titre explicite : Capteurs Ambiants pour la Reconnaissance et le moNitoring des Activités au VAL-de-grâce

Version : Standard

Responsables scientifiques :

- Nicolas VAYATIS (CMLA), 01-47-40-59-27, nicolas.vayatis@ens-cachan.fr
- Gregory FARAUT (LURPA), 01-47-40-24-13, gregory.faraut@ens-cachan.fr

Durée du projet : 24 mois

Membres pressentis de l'équipe-projet :

- Ioannis BARGIOTAS (Postdoctorant), CMLA
- Gregory FARAUT (MCF), LURPA
- Christophe LABOURDETTE (IR), CMLA
- Jean-Jacques LESAGE (PU), LURPA
- Nicolas VAYATIS (PU), CMLA
- Kevin VIARD (Doctorant), LURPA

Résumé du projet :

L'objectif ambitieux de ce projet concerne l'appartement intelligent et la modélisation du comportement humain permettant d'en détecter des anomalies. Pour ce faire, nous souhaitons intervenir sur toute la chaîne technique, technologique, et scientifique afin de proposer une solution ouverte et peu coûteuse. Cela débute avec l'installation de capteurs et la conception d'une base de données permettant de structurer les données issues de ces capteurs. Grâce à cette base de données, nous pourrions construire un modèle des activités humaines en situation normale (modèle probabiliste et régularités statistiques des actions réalisés) et proposer des algorithmes, potentiellement prédictifs, de détection d'irrégularité, ou de déviations, de comportements. Ces algorithmes devront être implémentés dans la solution technologique de l'appartement intelligent dans le but d'en tester la robustesse et l'améliorer. Ainsi, nous serons en mesure d'émettre en temps-réel des alertes en cas d'anomalies. Ce projet bénéficiera de l'installation du SmartFlat dans les locaux de l'hôpital d'instruction des armées du Val-de-Grâce.

Description scientifique du projet (3 à 8 pages)

ENJEUX SOCIÉTAUX ET ÉTAT DE L'ART

L'espérance de vie a considérablement augmenté dans les dernières décennies et devrait continuer à croître dans les prochaines années. Ce vieillissement de la population appelle à repenser complètement la prise en charge et l'organisation des soins à dispenser. Pour les personnes peu dépendantes, le choix entre un appartement hospitalier ou le maintien à domicile devient secondaire derrière la nécessité du suivi médical et les moyens logistiques associés. Par ailleurs, le maintien à domicile est la solution choisie dans plus de huit cas sur dix. Ce mode de prise en charge est à la faveur des patients et de leurs familles ; il est également encouragé par les pouvoirs publics dans une logique de maîtrise des coûts. S'il est moins onéreux que le placement en institution, le maintien à domicile des personnes se doit cependant d'offrir un niveau comparable de sécurité et de qualité des soins : c'est l'objectif revendiqué dans de nombreux travaux de recherche récents, se référant à « l'Ambient Assisted Living » (AAL), qui visent à aider les personnes à préserver leur autonomie, à limiter les accidents de la vie quotidienne et à améliorer leur confort de vie. Les technologies de l'information et de la communication, qui permettent de rendre intelligents les lieux d'habitation, sont au cœur de l'ensemble de ces travaux [Robles, 2010]. Ces technologies permettent en effet d'assurer la surveillance des habitants et de leur activités quotidiennes (surveillance de la prise correcte de médicaments par exemple [Sorensen, 2005]), de détecter des situations dangereuses (par exemple la détection de chutes [Floock, 2010]) ou même d'éviter des accidents (gestion automatique de la fermeture/ouverture des issues en cas d'incendie ou de dégagement de fumées par exemple [Dimakis, 2010]).

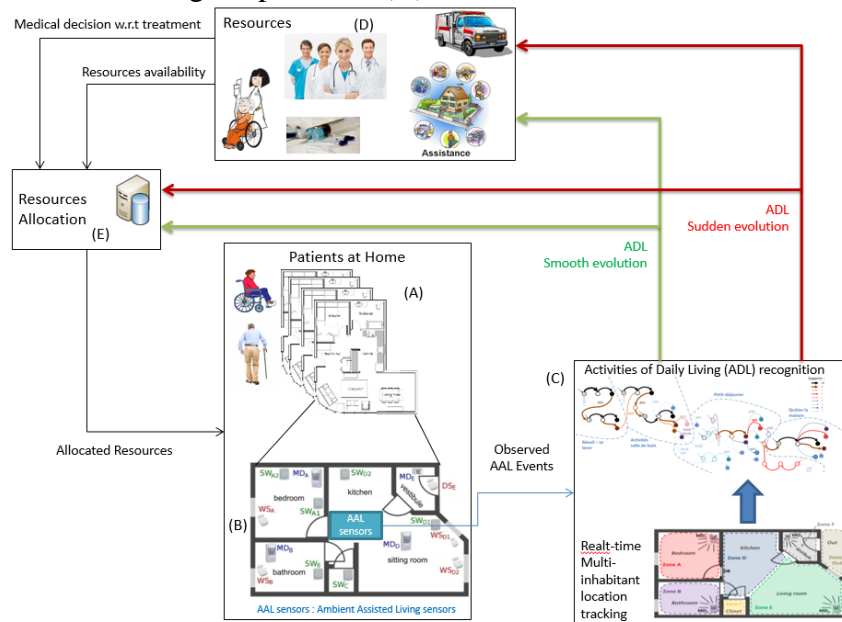
Cependant, la plupart de ces travaux repose sur l'utilisation de capteurs tels que des caméras, jugés beaucoup trop invasifs dans la vie privée, et donc très souvent rejetés par les patients [Yu, 2006]. D'autres approches requièrent l'utilisation de capteurs embarqués sur les personnes (GPS, bracelets électroniques ou puces RFID dans les vêtements, ...) [Lee, 2009], [Stankovic, 2005], et leur pertinence est donc ramenée à l'hypothèse que les personnes les portent effectivement, sans jamais les rejeter ni les oublier. C'est la raison pour laquelle, nous jugeons plus pertinentes les approches uniquement basées sur l'utilisation de capteurs binaires [Wilson, 2005], tels que les détecteurs de mouvement, les tapis sensitifs ou les barrières optiques. Dans un tel contexte technologique, il devient par ailleurs intéressant d'utiliser les paradigmes, les modèles et les outils des Systèmes à Événements Discrets (SED), initialement plutôt développés pour la modélisation, l'analyse et la commande des systèmes complexes industriels. De fait, les SED sont aujourd'hui largement utilisés dans le domaine de la santé en général et pour l'assistance des personnes fragiles à domicile en particulier ; un bon aperçu des contributions récentes dans ce domaine de la recherche est donné dans [Fanti, 2014a].

PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE ET TRAVAUX ANTERIEURS DE L'ÉQUIPE D'ACCUEIL

Le contexte général de ce travail de recherche est schématisé sur la figure ci-après ; le projet proprement dit concerne plus particulièrement la maison intelligente (B) et le cadre (C).

Nous considérons des personnes dépendantes vivant à domicile (A). Leur habitat est instrumenté de telle manière que leurs déplacements et la réalisation de leurs activités de la vie quotidienne (préparation des repas, toilette, repos, ...) sont observables (B). Seuls des capteurs non intrusifs pour la vie privée des personnes sont utilisés, pour les raisons évidentes d'acceptation exposées plus haut. Cette hypothèse rend particulièrement difficile la surveillance car les informations véhiculées par les capteurs sont de nature binaire, donc sémantiquement très pauvres. Par ailleurs, un ensemble de ressources (matérielles et humaines) nécessaires pour assurer le maintien à domicile est supposé

disponible pour prendre en charge la personne (D).

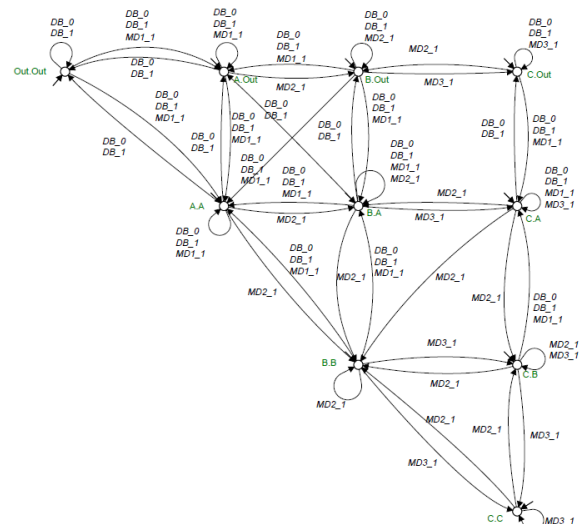


Lorsque les personnes vivant dans l’habitat instrumenté sont en activité, ou se déplacent, des signaux sont émis par les différents capteurs. Ces signaux sont acquis (B), puis traités pour déterminer la localisation en temps réel de la personne dans le domicile, ainsi que pour identifier l’activité qu’elle est en train d’accomplir (C). C’est sur la base de ces deux informations comportementales et sur la connaissance de marqueurs pertinents (indicateurs d’apparition ou d’évolution de pathologies, fixés par le corps médical) que sont détectées les évolutions des habitudes de vie des personnes surveillées pouvant être les symptômes d’une modification de leur comportement (niveau d’activité physique, vitesse de marche, anomalies du comportement) qui pourraient entraîner une dégradation de leur état de santé ou un risque de perte d’autonomie. Il revient aux professionnels de la santé de décider, au vu de ces informations comportementales générées automatiquement et au fil de l’eau, si une intervention est nécessaire (D). Une allocation des ressources matérielles et humaines nécessaires aux soins et au meilleur coût est alors réalisée (E).

De nombreux résultats concernant le déploiement et l’organisation des soins (activités D et E) ont été obtenus par des chercheurs spécialistes en logistique et en recherche opérationnelle [Shepperd, 2004], [Lamiri, 2009].

Le LURPA s’est quant à lui intéressé à la localisation en temps réel des personnes (B) dans le cadre d’une thèse réalisée en co-tutelle avec le Prof. Litz de l’Université de Kaiserslautern – Allemagne [Danancher, 2013]. Dans ces travaux, nous avons montré que la localisation des habitants pouvait être déterminée de manière performante à partir de la seule observation des séquences d’événements émis par les capteurs tout ou rien lorsque les habitants se déplacent.

Cette localisation est réalisée par calcul de l’estimation d’état d’un automate fini (AF) qui décrit l’ensemble des déplacements observables. Cet AF est construit hors ligne de manière systématique à partir de la description de la topologie de l’habitat et de la description de son instrumentation. La localisation est possible en cas d’habitant unique [Danancher, 2013a], ou multiple [Danancher, 2013b], et un ensemble d’indicateurs de performance statiques et dynamiques permettent de déterminer *a priori* la qualité de la localisation réalisée



[Danacher, 2013c].

Le CMLA, quant à lui, est impliqué dans des travaux de quantification de la mobilité et du comportement du sujet en situation difficile (senior, patient en rééducation, sujet cérébro-lésé, sujet parkinsonien, ...) à partir de capteurs bas-niveau. Les travaux de l'équipe MLMDA au sein du CMLA, en collaboration avec le laboratoire COGNAC G, mettent à profit des compétences en traitement du signal, analyse statistique exploration et algorithmie décisionnelle (machine learning) pour élaborer des résumés des mesures, des indicateurs pour le suivi des sujets et des modèles prédictifs (e.g. risque de chute). Le CMLA est impliqué dans le dépôt de trois brevets récents dans le domaine ainsi que dans des essais cliniques destinés à valider de tels protocoles.

DESCRIPTION DU PROJET

Dans ce projet, l'objectif général est de construire une *approche pour la modélisation et le suivi des habitudes de vie*, basée sur des modèles à événements discrets. Trois problèmes doivent en particulier être investigués :

i) *la construction de modèles d'habitudes de vie, robustes à la variabilité du comportement humain.*

Le problème consiste, à partir de l'observation de séquences d'événements générés par un habitant évoluant dans une maison instrumentée, de construire des modèles représentatifs de ses habitudes de vie que les médecins souhaitent surveiller (par exemple la prise régulière de repas, l'hygiène corporelle, le rythme du sommeil, ...). Énoncé de cette manière, ce problème est homogène à un problème d'identification comportementale. Pour aborder ce problème de modélisation, nous souhaitons en effet nous appuyer sur les résultats que nous avons obtenus antérieurement pour l'identification des systèmes industriels [Klein, 2005a], [Roth, 2010], en les prolongeant de manière à pouvoir aborder le cas spécifique d'identification de l'activité humaine. Pour ce faire, il convient de prendre en compte la variabilité du comportement humain dans ses habitudes de vie. Deux types de variabilité devront ainsi être pris en compte dans le modèle identifié : variabilité dans la réalisation des activités (se traduisant notamment par une variation des sous-ensembles d'événements impliqués dans la réalisation d'une activité et par un non déterminisme dans l'ordre d'apparition de ces événements) et variabilité dans la durée consacrée à la réalisation des activités (d'où la nécessité d'une identification temporelle).

ii) *L'implémentation des propositions dans un environnement réel*

De nos jours, il existe encore un gap important entre ce que la communauté scientifique est capable de proposer comme solutions pour modéliser les comportements humains, et ce que l'ingénierie, les start-up, etc. sont capable de proposer commercialement. Ainsi, notre volonté est d'aller jusqu'à implémenter nos propositions précédentes afin d'en vérifier, dans les conditions aussi réelle que possible, leur robustesse. Pour cela, nous souhaitons implémenter nos propositions en living-lab afin de les tester et les modifier ou adapter si la robustesse ne convient pas.

Ce problème d'implémentation est pour nous vraiment complémentaire au premier problème de modélisation, car les hypothèses à prendre en compte seront intimement liées aux difficultés rencontrées à l'implémentation. À notre connaissance, les living-lab actuels sont basés sur des solutions Ad-Hoc, coûteuse, et difficile à reproduire. Notre objectif est de proposer à la fin un système ouvert, facile à installer et implémenter, et à un coût modéré. Le projet bénéficiera de l'installation du SmartFlat dans les locaux de l'hôpital d'instruction des armées du Val-de-Grâce qui servira de site pilote pour le dispositif. Le SmartFlat est un prototype d'appartement intelligent

développé conjointement par le CMLA et COGNAC G (CNRS-SSA-Université Paris-Descartes).

iii) *Développement d'une base de données, analyse exploratoire, et modélisation prédictive*

Le projet s'appuiera sur l'expertise du CMLA en analyse statistique exploratoire et en modélisation prédictive (techniques de machine learning) pour déterminer les régularités statistiques, les normes comportementales, le suivi longitudinal et la détection d'anomalies à partir des séquences d'activités collectées dans le cadre du projet. Le volet 'data' s'appuiera sur un pilier technologique portant sur la collecte structurée des séquences de données et leur organisation dans une base de données (relationnelle ou non – à déterminer selon la volumétrie attendue au cours du projet). L'objectif de l'analyse statistique sera notamment de valider la pertinence des capteurs de présence seuls pour qualifier les comportements individuels, ou éventuellement la nécessité de les associer à d'autres sources d'information par fusion de données, le SmartFlat bénéficiant d'une instrumentation exhaustive (sol connecté, caméras, micros, ...).

1. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [Danancher, 2013] *Danancher M.*, A Discrete Event Approach for Model-Based Location Tracking of Inhabitants in Smart Homes, PhD thesis, ENS de Cachan & Univ. Kaiserslautern, 150 pages, 2013
- [Danancher, 2013a] *Danancher M., Lesage J-J, Litz L., Faraut G.*, Online Location Tracking of a Single Inhabitant based on a State Estimator, Proc. of the IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics (SMC'13), Manchester, United Kingdom, pp. 391-396, 13-16 October 2013
- [Danancher, 2013b] *Danancher M., Lesage J-J, Litz L., Faraut G.*, A Discrete Event Model for Multiple Inhabitants Location Tracking, Proc. of the 9th IEEE Int. Conf. on Automation Science and Engineering (CASE'13), Madison, U.S.A., pp. 922-927, 17-21 August 2013
- [Danancher, 2013c] *Danancher M., Faraut G., Lesage J-J, Litz L.*, A DES Simulator for Location Tracking of Inhabitants in Smart Home Proc. of the 8th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation, Cardiff, United Kingdom, pp. 330-335, 10-13 September 2013
- [Dimakis, 2010] *Dimakis, N., Filippoupolitis, A., & Gelenbe, E.*, Distributed building evacuation simulator for smart emergency management, Computer Journal, **Vol. 53**, pp. 1384-1400
- [Dotoli, 2008] *Dotoli M., Fanti M.P., Mangini A.M.*, Real Time Identification of Discrete Event Systems Using Petri Nets, Automatica, **44(5)**, pp. 1209-1219, May 2008
- [Fanti, 2008] *Fanti M. P., Seatzu C.*, Fault Diagnosis and Identification of Discrete Event Systems using Petri Nets, Proc. of 9th Int. Workshop on Discrete Event Systems, WODES 2008, Goteborg, Sweden, pp. 432-435, May 28-30, 2008
- [Fanti, 2014a] *Fanti M., Ukovich W.*, Discrete Event Systems Models and Methods for Different Problems in Healthcare Management, Proc. of the 19th IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA), Barcelona, Spain, paper IP T 402, 16-13 September 2014
- [Fanti, 2014b] *Fanti M., Mangini A.M., Ukovich W., Viard K., Lesage J.-J.*, An Integrated System Model for the Management of Health Care at Home, Proc. of the 11th IEEE Int. Conf. on Automation Science and Engineering (CASE'14), Taipei, Taiwan, pp. 582-587, August 2014
- [Floeck, 2010] *Floeck M.*, Activity Monitoring and Automatic Alarm Generation in AAL-enabled Homes", Ph.D. thesis, Univ. of Kaiserslautern, Germany, 2010
- [Klein, 2005a] *Klein S.*, Identification of Discrete Event Systems for Fault Detection Purposes, PhD thesis, ENS de Cachan & Univ. Kaiserslautern, 150 pages, 2005
- [Klein, 2005b] *Klein S., Litz L., Lesage J.-J.*, Fault detection of Discrete Event Systems using an identification approach, Proc. of the 16th IFAC World Congress, 6 pages, Praha, Czech Rep., 2005
- [Lamiri, 2009] *Lamiri, Mehdi & Grimaud, Frédéric & Xie, Xiaolan.* (2009), Optimization methods for a stochastic surgery planning problem, Int. Journal of Production Economics, **120(2)**, pp. 400-410, 2009
- [Lee, 2009] *Lee, Y. D., & Chung, W. Y.*, Wireless sensor network based wearable smart shirt for ubiquitous health and activity monitoring, Sensors and Actuators B: Chemical, **140(2)**, pp. 390-395, 2009

- [Robles, 2010] *Robles R. J., Kim T.-h.*, Applications, Systems and Methods in Smart Home Technology: a Review, *Int. Journal of Advanced Science and Technology*, **vol.15**, pp. 37-47, 2010
- [Roth, 2010] *Roth M.*, Identification and fault diagnosis of industrial closed-loop discrete event systems, PhD thesis, ENS de Cachan & Univ. Kaiserslautern, 175 pages, 2010
- [Roth, 2011] *Roth M., Lesage J.-J., Litz L.*, The concept of residuals for fault localization in discrete event systems, *Control Engineering Practice*, **19(9)**, pp. 978-988, 2011
- [Roth, 2012] *Roth M., Schneider S., Lesage J.-J., Litz L.*, Fault detection and isolation in manufacturing systems with an identified discrete event model, *Int. Journal of Systems Science*, **43(10)**, pp. 1826-1841, 2012
- [Shepperd, 2004] *Shepperd, S., McClaran, J., and al.*, Discharge planning from hospital to home. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, Issue 1, 2004
- [Sorensen, 2005] *Sorensen, L., Stokes, J. A., Purdie, D. M., Woodward, M., & Roberts, M. S.*, Medication management at home: medication-related risk factors associated with poor health outcomes, *Age and Ageing*, **34(6)**, 626-632, 2005
- [Stankovic, 2005] *Stankovic, J. A. and al.*, Wireless sensor networks for in-home healthcare: Potential and challenges. *Proc. of High confidence medical device software and systems (HCMDSS) workshop*, pp. 2-3, 2005
- [Yu, 2006] *Yu C.-R., Wu C.-L., Lu C.-H., Fu L.- C.*, Human Localization via Multi-Cameras and Floor Sensors in Smart Home, *Proc. of the IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Taipei, Taiwan, pp. 3822–3827, 2006
- [Wilson, 2005] *Wilson D., Atkeson C.*, Simultaneous tracking & activity recognition using many anonymous, binary sensors, *Proc. of 3rd Int. Conf. Pervasives 2005*, Munich, Germany, LNCS 3468, pp. 62–79, May 8-13, 2005

N. Vayatis

Applications of concentration inequalities for statistical scoring and ranking problems
ESAIM: PROCEEDINGS, Vol. 44, p. 99-109, January 2014.

S. Cléménçon, M. Depecker, and N. Vayatis.

Ranking Forests. *Journal of Machine Learning Research*. Volume 14(Jan):39-73, 2013.

S. Cléménçon, S. Robbiano, and N. Vayatis.

Ranking data with ordinal labels: optimality and pairwise aggregation.
Machine Learning. Volume 91(1): 67-104, 2013.

S. Cléménçon, M. Depecker, and N. Vayatis.

An empirical comparison of learning algorithms for nonparametric scoring. The TreeRank algorithm and other methods.

Pattern Analysis and Applications. Vol. 16: 475-496, 2013.

S. Cléménçon, M. Depecker, and N. Vayatis.

Adaptive partitioning schemes for bipartite ranking.
Machine Learning Journal. Vol. 83(1): 31-69, 2011.

S. Cléménçon, M. Depecker, and N. Vayatis.

Nonparametric scoring methods as a support decision tool for medical diagnosis.
Proceedings of the Workshop on Knowledge Discovery in Health Care and Medicine at ECML-KDD'2011, 2011.

S. Cléménçon and N. Vayatis.

Overlaying classifiers: A practical approach for optimal scoring.
Constructive Approximation. Vol. 32(3):619-648, 2010.

N. Baskiotis, S. Cléménçon, M. Depecker, and N. Vayatis.

TreeRank: an R package for bipartite ranking.

Proceedings of SMDTA 2010 - Stochastic Modeling Techniques and Data Analysis International Conference, June 2010.

S. Cléménçon, M. Depecker, and N. Vayatis.

Données avec label binaire : avancées récentes dans le domaine de l'apprentissage statistique d'ordonnements.

CAP 2010 - conférence Francophone sur l'Apprentissage Automatique. Mai 2010.

Prix du meilleur article de la conférence. Paru dans RFIA, Vol.5, n° 3:345-368 (2011).

S. Cléménçon, M. Depecker, and N. Vayatis.

Bagging ranking trees.

Proceedings of IEEE-ICMLA'09, pp.658-663, 2009.

S. Cléménçon, M. Depecker, and N. Vayatis.

AUC maximization and the two-sample problem.

Proceedings of NIPS'09, Advances in Neural Information Processing Systems 22, pp.360-368, MIT Press, 2009.

S. Cléménçon and N. Vayatis.

Adaptive estimation of the optimal ROC curve and a bipartite ranking algorithm.

Proceedings of ALT'09. Lecture Notes in Computer Science 5809, pp. 216-231, Springer, 2009.

S. Cléménçon and N. Vayatis.

On partitioning rules for bipartite ranking.

Proceedings, of AISTATS'09, Journal of Machine Learning Research, vol.5:89-96, 2009.

S. Cléménçon and N. Vayatis.

Nonparametric estimation of the Precision-Recall curve.

Proceedings of ICML'09, L. Bottou and M. Littman (eds), p.185-192, Omnipress, Montreal, 2009.

S. Cléménçon and N. Vayatis.

Tree-based ranking methods.

IEEE Transactions on Information Theory. Vol. 55(9):4316-4336, 2009.

Originalité du projet (1/2p)

L'originalité de ce projet repose, premièrement, sur la modélisation des habitudes de vie des personnes par des approches *data mining*. Cet étape rend intelligible des remontées de données capteurs issus d'appartements intelligents et seront centrales dans les futures appartements. Deuxièmement, ce projet s'appuie également sur une démarche expérimentale. Nous souhaitons en effet implémenter nos solutions afin de vérifier leur robustesse à des données réelles. Pour cela, nous nous appuyons sur un living-lab. afin de proposer à la fin de ce projet une solution ouverte, peu coûteuse par rapport aux solutions commerciales, et facile d'implémentation. A notre connaissance, ceci n'existe pas dans notre communauté car se basant exclusivement sur des living-lab. aux solutions ad-hoc et coûteuses. L'analyse statistique et prédictive s'appuiera sur des techniques avancées développées au CMLA et le projet bénéficiera des avis d'experts éthologues, ergonomes et cliniciens du groupe COGNAC G. Enfin, la méthodologie expérimentale implémentée par le groupe de recherche interdisciplinaire commun au CMLA et à COGNAC G est garante de la collecte de données encadrées d'excellente qualité.

Valeur ajoutée des différents partenaires à la réalisation du projet (1/2p)

Le LURPA, de par son expertise sur les systèmes à événements discrets, notamment pour les

systèmes critiques. De plus, le LURPA a obtenu des résultats récents et originaux dans le domaine de la localisation de personnes dans un habitat intelligent. Le respect de la vie privée requiert des capteurs pauvres en information de type tout-ou-rien, représenté le plus souvent comme un générateur d'événements. Ainsi, l'implémentation des solutions, objectif du projet, par un traitement de l'information venant des capteurs jusqu'au ordinateur pourra être mené par le LURPA et son expertise dans la remontée d'information des systèmes manufacturiers.

L'équipe MLMDA (Machine Learning and Massive Data Analysis) du CMLA est une équipe de référence dans le domaine du traitement de données complexes et de la modélisation prédictive. Riche de sa participation à de nombreux projets interdisciplinaires et notamment dans les applications de recherche clinique, elle compte de nombreuses réalisations conduisant à de l'algorithmie embarquée *in situ*.

Planning prévisionnel des travaux :

- **T+6mois** : achat matériels, installations des capteurs et conception de la base de données.
- **T+8mois** : campagne de scénarios dans le but de remplir la base de données. Différentes séquences de comportements et d'activités de la personne, incluant comportement normal et avec déviations prédéfinies)
- **T+14mois** : Proposition de modélisation du comportement humain et de critères statistiques du comportement nominal.
- **T+20 mois** : Proposition d'algorithmes de détection de déviations ou d'irrégularités de comportement.
- **T+22mois** : Implémentation des algorithmes et réalisation de campagne de test afin vérifier en living-lab. la robustesse de nos propositions
- **T+24mois** : amélioration de la robustesse, revalider par des campagnes de test) et proposition de modèles prédictifs de déviations de comportement.

Remarque : bien que principalement mentionné en début de projet, des campagnes de scénarios permettant de créer des données pourront être réalisés durant la totalité de la durée du projet dans le but d'incrémenter des séquences nouvelles pertinentes.

Publication du projet scientifique sur site web Farman

Acceptez-vous la publication de ce projet scientifique sur le site web Farman ? Oui