



Prédiction du risque de chute chez la personne âgée ou en réhabilitation

29 novembre 2023

Prof. Simone Gafner

Prof. Sébastien Gard

Jimmy Loup

Pascal Pitteloud

Simon Martin

Ce projet est le résultat d'une collaboration entre l'Institut Informatique et l'Institut de Santé, visant à prédire l'augmentation du risque de chute pour les personnes âgées. Cette prédiction s'appuie sur l'expertise et les travaux de recherche du Prof. Simone Gafner.

Au cours des 6 mois de ce projet, nous avons créé un prototype de solution, incluant capteurs, logiciels et algorithmes, pouvant être réutilisé et déployé dans d'autres logements. Nous avons mis en place cette solution dans le logement d'une personne âgée et récolté les données des différents capteurs.

Avec ces données quantitatives, nous avons analysé et évalué dans quelle mesure il était possible de prédire l'augmentation du risque de chute pour les personnes âgées. Cette mise en application nous a permis d'un côté de mesurer la pertinence des différentes données et capteurs, et de l'autre de mettre en évidence les avantages, limitations et problèmes liés à l'approche choisie.

Table des matières

Introduction.....	4
Partenariat.....	4
Problématique.....	4
Objectif.....	5
Méthode.....	5
Etat de l'art.....	6
Infrastructure domotique.....	7
Solution informatique et intégration des données.....	9
Ethique et protection des données.....	9
Application et Algorithmes.....	10
Questionnaire.....	12
Prédiction du risque de chute.....	12
Problèmes rencontrés et solutions envisagées.....	13
Résultats.....	14
Références.....	15
Annexe I : guide technique.....	17
Choix technologiques.....	17
Architecture de la solution Django.....	17
Diagramme de composants.....	17
Vue d'ensemble du code.....	17
Projet heiwa.....	18
Projet heiwa_app.....	18
Modèle de données.....	19
Installation sur poste local.....	20
Déploiement sur serveur Docker IIGWEB.....	21
Annexe II : Data Management Plan.....	22

Table des illustrations

Illustration 1 Calendrier de l'étude.....	6
Illustration 2 Plan de l'appartement et des capteurs installés dans le cadre du projet	8
Illustration 3 Architecture technique de la solution IT mise en place avec l'entreprise Heiwa.....	9
Illustration 4 Extrait de l'application PRC-PA – Visualisation des statistiques journalières	10
Illustration 5 Visualisation du nombre de mouvements enregistrés dans la cuisine par jours.....	11
Illustration 6 Visualisation du nombre mètres parcours par jours entre la cuisine et la SdB.....	11
Illustration 7 Architecture technique de la solution IT mise en place avec l'entreprise Heiwa.....	17
Illustration 8 Modèle de la base de données	20

Liste des abréviations

PRC-PA : Acronyme du projet

WP : Work Package

RDC : Rez-de-chaussée

SDB : Salle de bain

GM : Grand-mère

Introduction

Le projet de recherche « Prédiction du risque de chute chez la personne âgée ou en réhabilitation (PRC-PA) » a résulté d'une collaboration entre l'institut informatique et l'institut de santé de la Haute école spécialisée de Suisse occidentale (HES-SO). Ce projet vise à exploiter les données collectées par un système de capteurs installés dans le logement d'un senior pour identifier les signes précurseurs d'une chute et intervenir de manière préventive.

Partenariat

Ce projet est né d'une discussion ouverte, à l'occasion d'une rencontre « Health Tech Lunch » à Leukerbad. Cette rencontre a permis d'échanger sur les opportunités de collaboration entre les différents domaines. Lors de cette discussion, il est apparu que les données collectées par le projet en cours de l'institut informatique, visant à optimiser la consommation énergétique des locataires, pourraient servir à la détection précoce des risques de chute chez les seniors, un thème étudié par l'institut de santé.

L'institut informatique a apporté son savoir-faire dans le développement et l'utilisation du système de capteurs, ainsi que dans l'application de méthodes d'analyse des données. L'institut de santé a apporté son expérience dans l'étude du phénomène des chutes chez les seniors, ainsi que dans l'évaluation des interventions préventives. Le prof. Simone Gafner, de l'institut de santé, est une spécialiste reconnue dans ce domaine, comme en témoignent ses nombreuses publications [1][2][3][4].

Ce projet s'est également inscrit dans le contexte des spécialités "Ageing" et "Réhabilitation" encouragées par le pôle S.M.A.R.T. confluence de la HES-SO, qui vise à favoriser les synergies entre les domaines de la santé, du social, de l'ingénierie et de l'économie.

Problématique

La chute est un événement fréquent et grave chez les seniors et la population âgée. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), environ 28 à 35% des personnes âgées de 65 ans et plus chutent chaque année, et ce taux augmente avec l'âge [1]. La chute peut entraîner des blessures physiques, une perte de confiance, une diminution de la qualité de vie, et influe sur la mortalité. En outre, la chute représente un coût économique et social important pour la société, notamment en termes de soins de santé, de réadaptation et de placement en établissement médico-social (EMS).

La prévention des chutes est donc un enjeu majeur de santé publique, qui nécessite une approche multidisciplinaire et personnalisée. L'un des défis est de détecter le plus tôt possible les personnes à risque de chute, afin de leur proposer des interventions adaptées, telles que des exercices physiques, des conseils nutritionnels, des aménagements du domicile ou des dispositifs d'alerte. Toutefois, les méthodes actuelles de dépistage du risque de chute sont souvent basées sur des questionnaires, des tests cliniques ou des mesures ponctuelles, qui ne reflètent pas nécessairement le comportement quotidien des seniors dans leur environnement naturel.

Différents paramètres comme la variabilité de la marche (ex. vitesse, longueur des pas, déviations medio-latérales) peuvent être une indication pour un risque et dont potentiellement une cause de chutes [8][9]. Par exemple la vitesse de marche est considérée comme 6ème signe vital [10] et un prédicteur d'une dépendance fonctionnelle, de la fragilité (frailty), une diminution de la performance, une diminution des capacités cognitives, une dépression, des troubles cardiorespiratoires, la sarcopénie, d'une augmentation de la mortalité et un risque de chute [10][11] ce qui montre

l'importance de notre projet pour l'évaluation de ses paramètres à domicile des personnes potentiellement à risque de chute (≥ 65 ans).

Un lien entre une variation des habitudes de mobilité à l'intérieur des logements et l'augmentation du risque de chute a été démontré [12][13][14].

Objectif

L'objectif de ce projet est donc de développer une méthode innovante et non-invasive de détection précoce du risque de chute chez les seniors, basée sur l'analyse des données de présence dans le logement. Ces données sont collectées par un ensemble de capteurs, inspiré d'une solution développée par l'institut informatique avec l'entreprise Heiwa dans le cadre de l'optimisation énergétique. Ce système permet de détecter la présence et le mouvement des occupants dans les différentes pièces du logement, sans recourir à des caméras, des microphones ou des montres connectées, afin de respecter la vie privée des usagers, et de ne pas imposer une solution invasive.

L'hypothèse de ce projet était que les données de présence dans le logement pouvaient révéler des changements dans le niveau d'activité, la mobilité, le rythme circadien ou les habitudes de vie des seniors, qui étaient des indicateurs potentiels du risque de chute. Par exemple, une diminution du temps passé dans certaines pièces, une augmentation du nombre de déplacements nocturnes, une irrégularité des horaires de lever et de coucher, ou une modification des routines quotidiennes, pouvaient être des signes d'une détérioration fonctionnelle ou structurelle, ou d'un syndrome pré-chute [9][10]. En analysant ces données à l'aide de techniques d'analyse des données, il serait possible d'identifier les seniors à risque de chute et de leur envoyer des alertes ou des recommandations personnalisées.

Le but du projet était de fournir un prototype de solution, incluant capteurs, logiciels et algorithmes, pouvant être réutilisé et déployé dans d'autres logements. Nous avons expérimenté l'utilisation du prototype, en l'installant dans un appartement de test. Nous avons évalué la performance de l'algorithme de détection du risque de chute, ainsi que l'acceptabilité et l'utilité de la solution pour les seniors et les professionnels de la santé.

Méthode

Pour atteindre le but du projet, nous nous sommes basés principalement sur une analyse quantitative des données des différents capteurs, afin de créer un algorithme de prédiction. Pour la création du prototype informatique, une approche expérimentale a été utilisée, avec un développement itératif permettant de tester, valider, et ajuster le modèle algorithmique. Pour la validation du modèle algorithmique, un mélange de données qualitatives et quantitatives a été récolté auprès de la personne âgée au moyen d'un questionnaire.

Le projet, d'une durée de 6 mois, a été initialement organisé ainsi :

- WP 0 : Gestion de projet et suivi.
- WP 1 : Mise en place de l'infrastructure domotique au sein des appartements choisis dans le cadre du prototype et du projet.
- WP 2 : Migration et application au domaine de santé de la solution inspirée de celle développée par l'institut informatique avec l'entreprise Heiwa dans le cadre de l'optimisation énergétique. Début de la collecte des données.
- WP 3 : Création de l'algorithme et du modèle de prédiction des chutes.
- WP 4 : Tests itératifs, évaluations et ajustements.

- WP 5 : Rédaction du rapport et finalisation des livrables.

L'illustration ci-dessous montre le calendrier prévisionnel de l'étude.

	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6
WP0						
WP1						
WP2						
WP3						
WP4						
WP5						

Illustration 1 Calendrier de l'étude

Dans les faits, la phase de création de la plateforme (W1 & 2) a pris 3 mois avec la mise en place de l'infrastructure domotique, jusqu'au début juin.

Pour la création de l'algorithme, il est apparu qu'un volume suffisant de données manquait pour créer un modèle pertinent. Nous avons dû attendre la fin de l'été pour travailler sur cette partie, avec une phase de tests et d'évaluation à l'automne. La durée de 6 mois a été une contrainte impactant négativement un projet tel que celui-ci, qui nécessite une phase « passive » de récolte des données.

Etat de l'art

Selon l'étude de l'état de l'art, pour prévenir les chutes, il est essentiel d'identifier les facteurs de risque qui les favorisent, et de proposer des interventions adaptées pour les réduire. Parmi les facteurs de risque, on distingue les facteurs intrinsèques, liés aux caractéristiques physiques, psychologiques et médicales de la personne, et les facteurs extrinsèques, liés à l'environnement dans lequel la personne évolue. Les interventions préventives peuvent cibler l'un ou l'autre de ces facteurs, ou les combiner, selon une approche multidimensionnelle et personnalisée.

Parmi les facteurs intrinsèques, la peur de tomber et le risque perçu de tomber sont des éléments clés qui influencent le comportement et la mobilité des personnes âgées. La peur de tomber est définie comme une préoccupation persistante de tomber qui entraîne une limitation des activités quotidiennes. Le risque perçu de tomber est défini comme l'évaluation subjective de la probabilité de tomber dans une situation donnée. Ces deux concepts sont liés, mais pas identiques, et peuvent varier selon le contexte environnemental. Une étude récente [6] a exploré la relation entre la peur de tomber, le risque perçu de tomber et l'espace de marche des personnes âgées dans différents environnements urbains. L'espace de marche est défini comme la zone géographique accessible à pied par une personne dans un laps de temps donné. L'étude a montré que la peur de tomber et le risque perçu de tomber étaient plus élevés dans les environnements urbains complexes, tels que les zones commerciales ou les intersections, que dans les environnements urbains simples, tels que les zones résidentielles ou les parcs. De plus, la peur de tomber et le risque perçu de tomber étaient associés à une réduction de l'espace de marche des personnes âgées, ce qui peut limiter leur participation sociale et leur bien-être. Ces résultats suggèrent que les interventions préventives devraient tenir compte de l'impact des caractéristiques environnementales sur la peur de tomber et le risque perçu de tomber, et promouvoir des environnements urbains adaptés et sécurisés pour les personnes âgées.

De plus, comme cité dans la problématique, la vitesse de marche est un indicateur objectif et facile à mesurer de la capacité fonctionnelle et du risque de chute des personnes âgées [10][11][13]. Une autre étude récente [7] a utilisé des capteurs portables (type « Fitbit ») pour mesurer la vitesse de marche à domicile de personnes âgées vivant seules, et pour prédire les chutes futures. L'étude a

montré que la vitesse de marche à domicile était significativement plus faible chez les personnes qui ont chuté que chez celles qui n'ont pas chuté, et que la diminution de la vitesse de marche précédait la chute de plusieurs semaines.

Ces résultats suggèrent que la vitesse de marche à domicile est un marqueur précoce et sensible du risque de chute, et que les capteurs portables sont des outils prometteurs pour le dépistage et le suivi du risque de chute à domicile.

L'utilisation d'un capteur portable peut toutefois être considéré comme une contrainte pour une personne âgée, qui doit se souvenir de le prendre, porter, et recharger régulièrement. Ce projet propose donc une alternative non invasive basée sur un volume de mouvement pour prédire l'augmentation du risque de chute.

Infrastructure domotique

Pour collecter les données liées à la mobilité (présence et déplacements), nous avons installés 15 capteurs dans l'appartement d'une personne âgée, comme indiqué dans l'image et le tableau visible plus bas.

Ces capteurs sont des modèles disponibles sur le marché, et sont de 2 types :

- Détecteurs de mouvement MyStrom (réf. Fabricant WMS1) permettent de savoir, à intervalle de 15 secondes, si une personne est présente dans la pièce ou non.
- Capteurs d'ouverture de portes / fenêtres eWeLink ZigBee, permettant de savoir à tout moment l'état d'une porte ou fenêtre (ouverte/fermée). Ces capteurs notifient aussi la solution informatique en cas de changement d'état.

L'installation des détecteurs de mouvement étant contrainte par la présence de prises, 2 problèmes sont apparus, nécessitant parfois le réaménagement d'une pièce (déplacer un meuble pour libérer une prise) ou l'ajout d'un capteur supplémentaire :

- L'ouverture d'une porte peut masquer le détecteur de présence, réduisant l'angle de détection dans la pièce.
- L'angle de détection du capteur est insuffisant pour des pièces à la topologie particulière, comme les couloirs.
- Certains capteurs de mauvaise qualité ou défectueux ont cessés de fonctionner en cours de projet.

A noter qu'aucun capteur n'a été installé dans les chambres 06, 08, 12 ainsi que dans la cuisine 10 de l'étage, car ces pièces ne sont quasiment pas utilisées pas la personne habitant dans la maison.

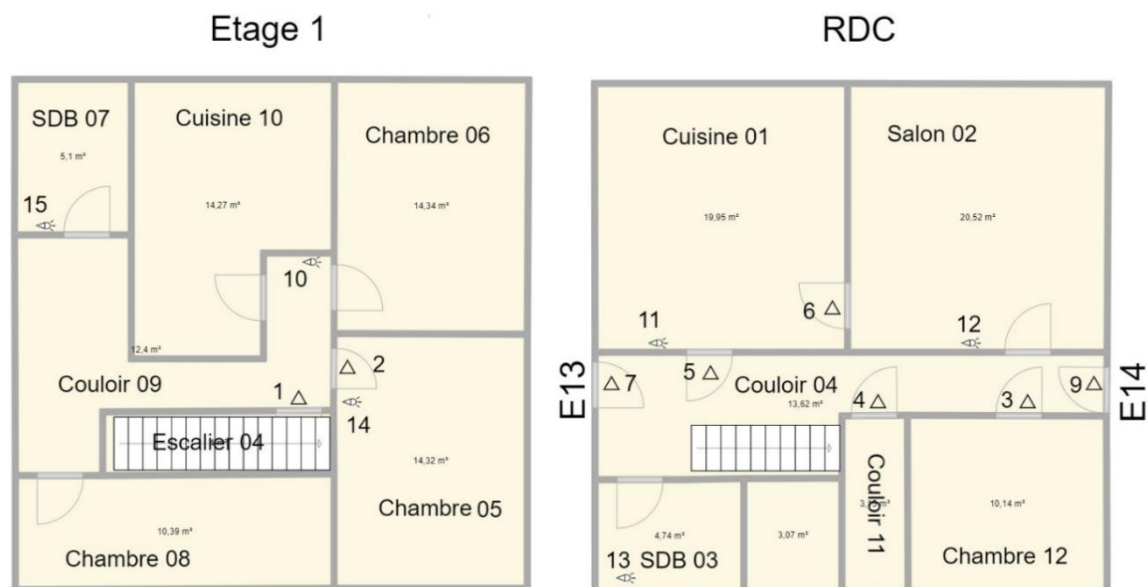


Illustration 2 Plan de l'appartement et des capteurs installés dans le cadre du projet

Capteurs No	Type	Emplacement
01	Capteur fenêtre eWeLink	Couloir 09
02	Capteur porte eWeLink	Chambre à coucher 05
03	Capteur porte eWeLink	Couloir 04
04	Capteur porte eWeLink	Couloir 11
05	Capteur porte eWeLink	Couloir 04
06	Capteur porte eWeLink	Cuisine 01
07	Capteur porte d'entrée eWeLink	Couloir 04
08	Capteur défectueux	
09	Capteur porte jardin eWeLink	Couloir 04
10	Détecteur de présence MyStrom	Couloir 09
11	Détecteur de présence MyStrom	Cuisine 01
12	Détecteur de présence MyStrom	Salon 02
13	Détecteur de présence MyStrom	Salle de bain 03
14	Détecteur de présence MyStrom	Chambre 05
15	Détecteur de présence MyStrom	Salle de bain 07

Solution informatique et intégration des données

Afin de faciliter la portabilité de la solution, le choix de la technologie s’est porté sur un environnement Docker dans lequel a été installé le framework Django (Python). Ce framework peut être rapidement mis en place avec un backend généré automatiquement et permettant la gestion des utilisateurs qui y accèdent.

Pour le stockage, également pour simplifier la réplication et la mise à disposition des données, un système par fichier portable en SQLite a été adopté.

Pour éviter des appels récurrents aux API des fournisseurs de données MyStrom et eWeLink, nous avons utilisé la méthode par webhooks. Il s’agit d’exposer des endpoints sur le serveur Heiwa. Lorsqu’un évènement est détecté par l’un des capteurs (mouvement, ouverture/fermeture de porte), une notification est envoyée par les solutions des fournisseurs au serveur Heiwa.

Le diagramme ci-dessous représente l’architecture mise en place avec l’entreprise Heiwa et réutilisée dans le cadre de ce projet de l’Axe santé.

Les détails plus techniques ainsi que la procédure pour réinstaller localement la solution sont disponible dans le guide technique annexé au rapport.

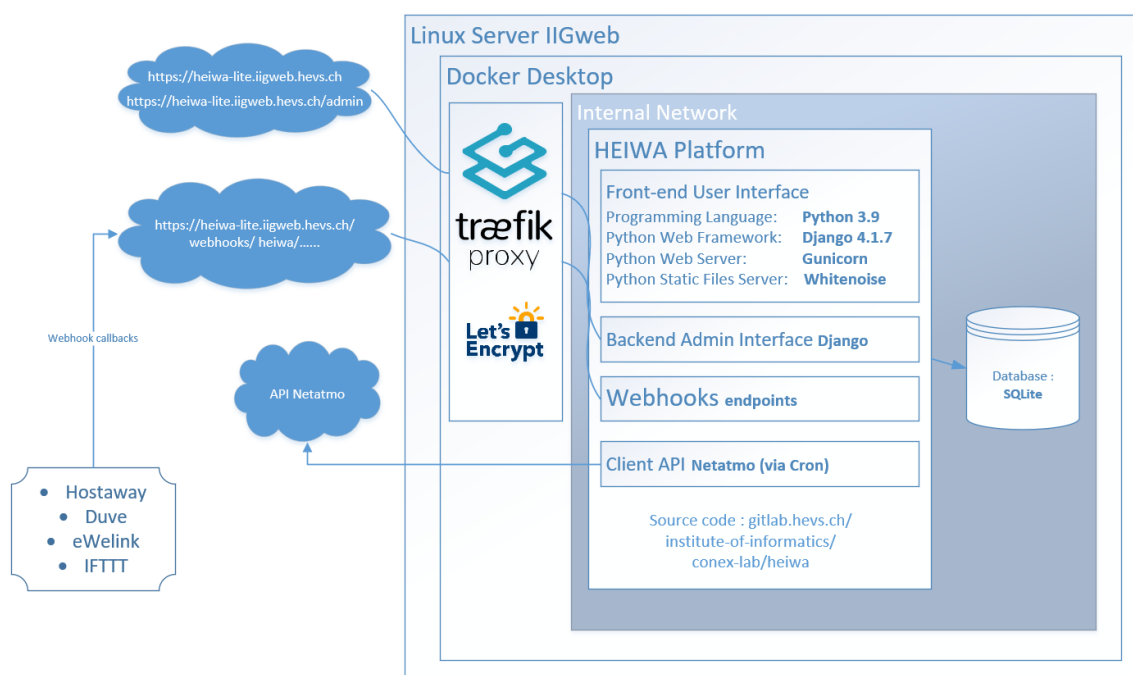


Illustration 3 Architecture technique de la solution IT mise en place avec l'entreprise Heiwa

Ethique et protection des données

Ce projet touchant au domaine de la santé, un « Data Management Plan » a été préparé sur conseil du référent éthique et l’institut. Ce DMP, réalisé en début de projet, indique comment les données sont collectées, sécurisées, contrôlées, et mise à disposition. Il mentionne également qui a accès à ces données, qui peut les révoquer, et comment le consentement de la personne âgée volontaire pour participer au projet a été obtenu.

Le DMP est disponible en annexe de ce rapport.

Application et Algorithmes

Pour permettre la visualisation et l'exploitation des données par la Prof. Simone Gafner, une application Web a été développée. Cette application fournit une interface utilisateur simple pour un accès direct aux données, un export de celles-ci au format .csv, ainsi que des graphiques et les statistiques calculées par les algorithmes mis en place.

La première information calculée par l'application est le nombre de mouvements par pièce. L'évaluation se fait chaque 15 secondes pour vérifier si une personne est toujours active dans une pièce donnée. Si la personne est inactive, par exemple assise sur un canapé, le détecteur ne se déclenche pas, et cela n'est pas considéré comme un mouvement. Cette information permet déjà d'observer le niveau d'activité de la personne âgée, et de son évolution.

La deuxième information calculée se base sur les détecteurs de présence et les capteurs de portes pour déduire un mouvement d'une pièce à une autre. La séquence de détection suivante est utilisée pour déterminer un mouvement :

1. Le capteur de mouvement de la pièce d'origine est activé
2. Le capteur de mouvement de la pièce d'origine est désactivé
3. Le capteur de mouvement de la pièce d'origine se désactive, et celui de la pièce de destination s'active.

Cette logique peut être confirmée à l'aide du capteur sur la porte entre les deux salles. Chacune de ces séquences de déplacements est comptabilisée individuellement.

Au préalable, nous avons mesuré physiquement la distance en mètre entre chaque pièce, et nous avons stocké cette information dans une table de référence. Finalement, nous avons multiplié le nombre de déplacements par les mètres pour obtenir la distance que la personne âgée a parcourue au cours de la journée.

La troisième information que nous avons obtenue est le temps passé à l'extérieur du logement, qui donne également une indication le niveau d'activité et de mouvement de la personne âgée.

Pour cela, nous avons repéré les périodes durant lequel aucun mouvement n'était détecté dans l'appartement, et qui avait été précédé par une séquence ouverture/fermeture de la porte d'entrée ou de la porte donnant sur le jardin. Ceci afin de s'assurer que la personne est bien hors du logement, et pas uniquement statique (par exemple devant la télévision).

PRC-PA Statistiques

Sélecteur de date : [Recalculation pour le 15 septembre 2023]

Détections nbre de mouvements par pièce

- Cuisine 01 for Appart GM Jimmy : 522
- Salon 02 for Appart GM Jimmy : 200
- Salle de bains 03 for Appart GM Jimmy : 67
- Chambre à coucher 05 for Appart GM Jimmy : 82
- Couloir 09 for Appart GM Jimmy : 40

Temps passé à l'extérieur du logement : 01:23

[Logs des capteurs de mouvement et de porte](#)

Distance et Nbre de trajets effectués

- de Salon 02 vers Cuisine 01 (distance:90 m - nb:15)
- de Cuisine 01 vers Salon 02 (distance:96 m - nb:16)
- de Cuisine 01 vers Salle de bains 03 (distance:320 m - nb:40)
- de Salle de bains 03 vers Cuisine 01 (distance:320 m - nb:40)
- de Salle de bains 03 vers Chambre à coucher 05 (distance:24 m - nb:2)
- de Chambre à coucher 05 vers Salle de bains 03 (distance:24 m - nb:2)
- de Chambre à coucher 05 vers Cuisine 01 (distance:45 m - nb:3)
- de Cuisine 01 vers Chambre à coucher 05 (distance:15 m - nb:1)

Total distance de tous les trajets : 934 mètres

Illustration 4 Extrait de l'application PRC-PA – Visualisation des statistiques journalières

Ces informations ont été agrégées journalièrement. Au travers de graphique développés dans l'application, il est possible d'observer les habitudes, les variations, et l'évolution des déplacements au fil du temps.

Le graphique ci-dessous montre par exemple une certaine stabilité dans le temps des activités dans la cuisine. On y voit aussi un « pattern » où régulièrement l'habitante ne passe que très peu de temps dans la cuisine, et qui indique probablement des repas pris à l'extérieur.



Illustration 5 Visualisation du nombre de mouvements enregistrés dans la cuisine par jours

Un autre exemple d'observation permet de supposer une période de maladie. Dans le graphique ci-dessous, on voit un nombre de déplacements vers la salle de bain beaucoup plus important pendant quelques jours, avant de se re-stabiliser à un niveau plus faible.

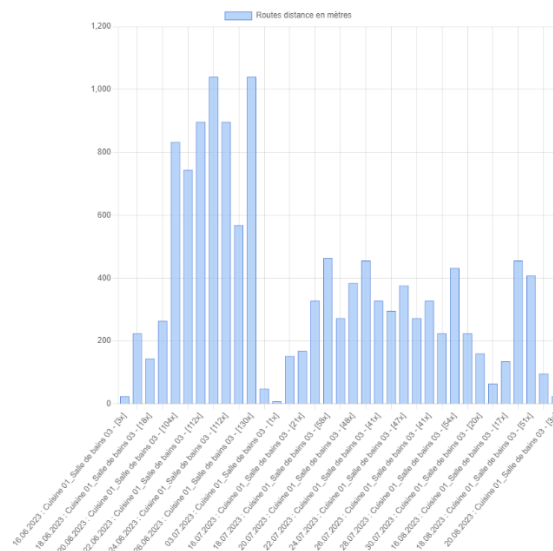


Illustration 6 Visualisation du nombre mètres parcourus par jours entre la cuisine et la SdB

Questionnaire

Pour valider les observations et les interprétations des données, comme celles mentionnées dans les exemples plus haut, un questionnaire a été mise en place. Les questions suivantes ont été posées, avec des réponses sur une échelle de Likert, des plages horaires, des réponses numérique ou binaire ainsi que des champs ouverts pour fournir plus de précisions :

Question No	Question	Type de réponse
1	Est-ce que tu as bien dormi ?	Echelle de 1 à 5
2	Comment te sens-tu ?	Echelle de 1 à 5
3	Précisions sur la question 2	Champs libre
4	Est-ce que tu t'es beaucoup déplacée dans la maison ?	Echelle de 1 à 5
5	Est-ce que tu as fait d'autres activités extérieures ? (Jardin, magasin, marche ?)	Echelle de 1 à 5
6	Combien de minutes as-tu été à l'extérieur aujourd'hui	Numérique
7	Combien de minutes as-tu été en mouvement à l'extérieure	Numérique
8	As-tu eu des visites dans la journée	Numérique et plages horaires
9	Est-ce qu'il y a eu quelqu'un d'autres que toi qui est monté au 1 ^{er} étage aujourd'hui	Binaire (oui/non)

Prédiction du risque de chute

L'infrastructure et la solution informatique mise en place a permis des collecter les données de mouvements de la personne âgée dans son appartement. Toutefois, l'interprétation de ces données a soulevés un nombre de questions et de difficultés pour, comme espéré, pouvoir prédire une augmentation du risque de chute.

La première question étant ; comment interpréter une variation observée ? Est-ce dû à une fatigue passagère, à une maladie, à une modification saisonnière des comportements ? Le questionnaire a permis en partie de répondre à ces éléments, mais cela nécessite une évaluation manuelle des réponses. Cette évaluation est trop lourde et inadéquate pour la solution envisagée.

La deuxième question est de définir quelle est l'incidence réelle de ces variations observées sur le risque de chute. Plusieurs études ont pu démontrer des liens entre le changement des comportements d'une personne à l'intérieur d'un appartement et le risque de chute [9][12][14][15]. Malheureusement la courte durée d'observation d'une personne âgée en très bonne santé était un facteur limitant pour nos recherches. Avec la solution des capteurs choisis, il aurait d'abord fallu une phase d'observation stable de la personne en bonne santé, pour pouvoir détecter après coup si une baisse de son état apparait. Les personnes de 65 ans et plus ont une fluctuation de leur mobilité dans l'appartement qui peut être lié à plein de différents facteurs. Le manque des informations sur l'activité extérieure a été complété avec un questionnaire. Malgré tout, ces informations manquent au niveau des capteurs. Par exemple, si une personne fait une grande randonnée durant la journée, elle va très probablement avoir beaucoup moins de déplacements après son retour à l'appartement.

Un autre élément manquant pour une prédiction fiable est de définir le déclencheur, le palier pour une intervention d'un assistant social ou du personnel de santé. Il n'y a aujourd'hui dans la littérature pas de valeur de seuil publiée (nombre de pas, distance, etc.) ou de pourcentage de variation, qui permettrait automatiquement via la solution informatique de déclencher une alerte.

De plus, des potentielles variables supplémentaires, comme une observation des transferts assis-debout (vitesse) et le temp “sédentaire” assis partiellement déjà été démontré significativement différent entre des personnes âgées sujette au risque de chute et des personnes non sujettes [9]. Dans une perspective de santé et en l’état actuel, ces questions nécessitent un approfondissement et des recherches supplémentaires pour parvenir à une prédiction fiable du risque de chute.

Problèmes rencontrés et solutions envisagées

Au cours de ce projet, nombre de problèmes sont apparus, dont certains ont déjà été mentionnés plus haut. Ces problèmes sont répertoriés ici, afin de faciliter le travail potentiel de futurs chercheurs, et d’éviter les mêmes écueils.

- Durée du projet : la durée du projet a été trop courte pour obtenir un volume suffisant de données. Avec un peu plus de 2 mois de données, il n’est pas possible d’observer de façon significative des patterns et des variations dans le comportement. Dans l’idéal, une fois la solution mise en place, il aurait fallu laisser les données s’accumuler pendant 6 mois au minimum, et idéalement 12 mois pour pouvoir mesurer les fluctuations liées aux saisons.
- L’absence de chute durant la courte période de récolte des données n’a pas permis d’essayer de corréliser cet évènement avec les données, pour en déduire une prédiction dans le futur. A nouveau augmenter le nombre de sujets de tests et la durée du projet peut adresser ce problème.
- La fiabilité des capteurs a souvent été insuffisante. A cause de cela, des données sont manquantes pour certaines périodes ou certaines pièces.
Pour pallier cette situation, une étude complète et comparative des différents capteurs sur le marché est nécessaire. L’autre alternative pourrait être de développer un capteur spécifique au projet.
- La présence de visiteurs ou d’animaux de compagnie fausse les données. C’est un des problèmes majeurs de l’approche utilisant des capteurs de mouvement qui ne discriminent pas les individus présents.
Dans le cadre de ce projet, nous avons utilisé les réponses au questionnaire pour éliminer les plages de données des périodes durant lesquelles des visiteurs étaient présents.
Une autre solution imaginée serait d’utiliser des caméras avec reconnaissance d’image pour ne mesurer que le mouvement de la personne à risque, suivie médicalement.
- Le périmètre limité à la mobilité au sein de l’appartement, posée par les choix de ne mesurer les données qu’à l’aide de capteurs domotiques. Cette limite peut-être un problème en fonction du degré d’autonomie de la personne âgée. Pour une personne dont la mobilité est faible et qui ne sort que rarement de chez elle, et donc le plus à risque de chuter, cette limitation est relativement mineure.

Un des buts initiaux du projet était le transfert de connaissances et de technologies vers des partenaires associatifs, tels que ProSenectute, ou des entreprises, telles que DomoHealth, qui pourraient bénéficier de la solution développée pour améliorer la qualité de vie des seniors et réduire les frais médicaux. Toutefois, les résultats du projet n’ayant pas été concluants sur ce point, et nous avons dû revoir nos ambitions à la baisse.

Résultats

Au travers de ce projet et de la solution informatique mise en place, nous avons démontré qu'il est possible de mesurer avec précision un volume de déplacement au sein d'un appartement. L'installation et la mise en place peut se faire simplement, pour un coût réduit, et est facilement réutilisable dans d'autres logements. Toutefois une attention doit être portée à la fiabilité des capteurs qui peuvent influencer négativement les résultats.

Les données récoltées permettent de mesurer et de visualiser la mobilité d'une personne âgée dans son appartement. Cette visualisation permet d'observer les habitudes, les « patterns » de déplacements, ainsi que les variations de la quantité de mouvement. La réduction de la quantité de mouvement pouvant entraîner ou indiquer une augmentation du risque de chutes.

Cependant, en l'état de la recherche il n'est pas encore possible de définir quel est le seuil dans la diminution de la quantité de mouvement à partir duquel une action, une intervention d'un assistant ou du personnel de santé est nécessaire.

Ce projet a également mise en évidence différents défis posés par la solution choisie. D'autres approches, ou une combinaison de méthodes, mentionnées dans ce rapport permettrait probablement d'y palier.

D'un point de vue institutionnel, nous soulignons l'excellente collaboration entre les chercheurs et le rapprochement des 2 instituts. Ce projet a permis d'améliorer les connaissances de l'autre domaine ; ainsi coté santé, les possibilités informatiques existantes, mais également des limitations sont devenues plus claires, tandis que côté informatique nous avons mieux compris les préoccupations métiers et l'applicabilité des solutions IT.

Références

- [1] WHO World Health Organization report/ WHO Global report on falls prevention in older age, ISBN : 9789241563536.
- [2] Gafner SC, Allet L, Hilfiker R, Bastiaenen CHG. Reliability and Diagnostic Accuracy of Commonly Used Performance Tests Relative to Fall History in Older Persons : A Systematic Review. *Clinical interventions in aging*. 2021 ;16:1591-1616.
- [3] Gafner SC, Bastiaenen CHG, Biver E, Ferrari S, Allet L. Reliability and validity of an adapted hip abductor strength measure as a potential new fall risk assessment for older persons : à study protocol. *BMC geriatrics*. 2021 ;21(1):110.
- [4] Gafner SC, Bastiaenen CHG, Ferrari S, Gold G, Trombetti A, Terrier P, Hilfiker R, Allet L, The Role of Hip Abductor Strength in Identifying Older Fallers and Non-Fallers : A Diagnostic Accuracy Study. *Clinical interventions in aging*. 2020 ;15:645-654.
- [5] Gafner SC, Bastiaenen CHG, Ferrari S, Gold G, Terrier P, Hilfiker R, Allet L. Hip muscle and hand-grip strength to differentiate between older fallers and non-fallers : à cross-sectional validity study. *Clinical interventions in aging*. 2018 ;13:1-8.
- [6] Plaut N, Shach-Pinsly D, Schreuer N, Kizony R, The reflection of the fear of falls and risk of falling in walking activity spaces of older adults in various urban environments, *Journal of Transport Geography*, Volume 95, 2021, 103152, ISSN 0966-6923, <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103152>.
- [7] Piau A, Mattek N, Crissey R, Beattie Z, Dodge H, Kaye J. When Will My Patient Fall ? Sensor-Based In-Home Walking Speed Identifies Future Falls in Older Adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2020 Apr 17 ;75(5):968-973. doi : 10.1093/gerona/glz128. PMID : 31095283; PMCID: PMC7164533.
- [8] Jeffrey M. Hausdorff, Dean A. Rios, Helen K. Edelberg, Gait variability and fall risk in community-living older adults : A 1-year prospective study, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Volume 82, Issue 8, 2001, Pages 1050-1056, ISSN 0003-9993, <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.24893>.
- [9] Dubois A, Bihl T, Bresciani JP. Identifying Fall Risk Predictors by Monitoring Daily Activities at Home Using a Depth Sensor Coupled to Machine Learning Algorithms. *Sensors (Basel)*. 2021 Mar 11 ;21(6):1957. doi : 10.3390/s21061957. PMID : 33799526; PMCID: PMC7999588.
- [10] Middleton A, Fritz SL, Lusardi M. Walking speed : the functional vital sign. *J Aging Phys Act* 2015 ; 23: 314–22. <https://doi.org/10.1123/japa.2013-0236>.
- [11] Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia : revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing* 2019 ; 48: 16–31. <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>.
- [12] Xuan C, Zhang B, Jia X. The Effect of Human Settlement Pedestrian Environment on Gait of Older People : An Umbrella Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Jan 14 ;20(2):1567. doi : 10.3390/ijerph20021567. PMID : 36674319; PMCID: PMC9865741.

[13] Adam, C.E., Fitzpatrick, A.L., Leary, C.S. et al. Change in gait speed and fall risk among community-dwelling older adults with and without mild cognitive impairment : à retrospective cohort analysis. BMC Geriatr 23, 328 (2023). <https://doi.org/10.1186/s12877-023-03890-6>

[14] Jeffrey M. Hausdorff, Dean A. Rios, Helen K. Edelberg, Gait variability and fall risk in community-living older adults : A 1-year prospective study, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, Volume 82, Issue 8, 2001, Pages 1050-1056, ISSN 0003-9993, <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.24893>.

[15] Rodríguez-Molinero, A., Herrero-Larrea, A., Miñarro, A. et al. The spatial parameters of gait and their association with falls, functional decline and death in older adults : à prospective study. Sci Rep 9, 8813 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45113-2>

Annexe I : guide technique

Choix technologiques

Le choix de la technologie s’est porté naturellement sur un environnement Docker dans lequel a été installé le framework Django (Python). Ce framework peut être rapidement mis en place avec un backend généré automatiquement et permettant la gestion des utilisateurs qui y accèdent.

Concernant la base de données, elle a été réduite au plus simple avec un système par fichier portable en SQLite.

Pour éviter des appels récurrents aux API (interfaces d’accès aux fonctions) des fournisseurs de données, nous avons utilisé la méthode par webhooks. Il s’agit d’exposer des endpoints sur le serveur Heiwa qui écoutent les appels que les fournisseurs lui feront au moment voulu.

Architecture de la solution Django

Diagramme de composants

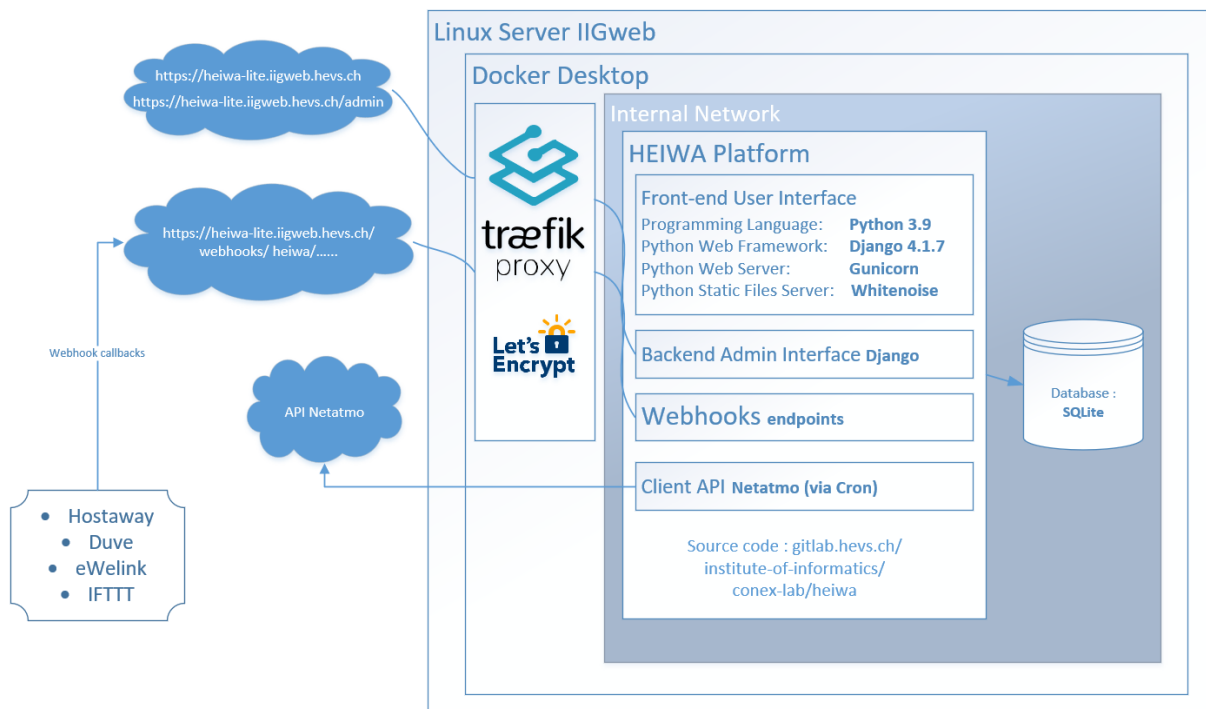


Illustration 7 Architecture technique de la solution IT mise en place avec l'entreprise Heiwa

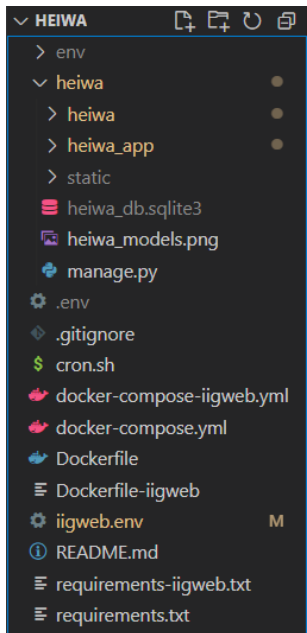
Vue d'ensemble du code

Heiwa_db.sqlite3 : la base de données générée par commandes python

Fichier .env : le fichier contenant les variables d'environnement

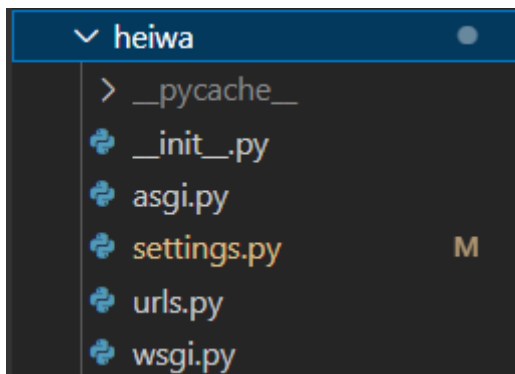
Fichiers Docker : les fichiers `docker-compose.yml` et `Dockerfile` pour la création du conteneur en local, un volume est mappé sur le répertoire du code ce qui permet d'exécuter le conteneur et de modifier les fichiers en « live »

Fichiers requirements.txt : les fichiers contiennent les packages python requis pour faire fonctionner l'application.



Projet heiwa

Il s'agit du projet de base qui contient la configuration de Django



Settings.py

Les principales variables nécessaires globalement à l'application y sont stockées comme par exemple :

HEIWA_WEBHOOK_TOKEN : pour rajouter un niveau de sécurité au moment de la réception de l'événement de la part du fournisseur

CRONJOBS : pour définir le point d'entrée et la cadence du job qui récupère les données netatmo

Urls.py

Les URLs accessibles par l'application comme par exemple :

- admin : l'accès au backend de Django pour gérer les tables
- menu : URLs pour lister les éléments de manière hiérarchique
- netatmo : liste des pièces dans le système Netatmo
- webhooks/heiwa/..... : un endpoint par fournisseur de données (hostaway, duve, ewelink, ifttt, netatmo)

Projet heiwa_app

Ce dossier contient le code de toute l'application Heiwa

Webhooks

Dossier migrations

Il contient les classes de créations des tables de la base de données. Le fichier initial a été généré avec la commande :

```
python .\manage.py makemigrations
```

Le fichier 0002_ a été créé manuellement avec la commande suivante :

```
python .\manage.py makemigrations -empty heiwa_app
```

Il a ensuite été complété avec les données de chargement pour la plupart des tables comme la liste des appartements, des pièces, des capteurs, ...

Il contient également la création du compte superadmin du backend de Django en tout début de fichier

Dossier templates

Ce dossier contient les pages HTML créées manuellement.

Autres fichiers

admin.py : contient les classes pour surdéfinir l'affichage du backend Django (customisation des colonnes, de la recherche, des filtres, ...)

crons.py : contient des méthodes pour récupérer la structure des appartements/pièces avec l'API de Netatmo

models.py : contient toutes les classes représentant les tables de la base de données

netatmo.py : contient toutes les méthodes pour récupérer les valeurs des capteurs au moyen de l'API de Netatmo

views.py : contient tout le code de l'application Heiwa qui est appelé au travers des webhooks

Modèle de données

Il est possible de générer un modèle de données relationnel au moyen de la commande python :

```
python .\manage.py graph_models -a -I  
Region,Event,Apartment,Room,Sensor,SensorLog,Rental,Household,Message,Cluster,HeatCluster,HeatPlan -o heiwa_models.png
```

Le fichier heiwa_models.png généré se trouvera à la racine de la solution.

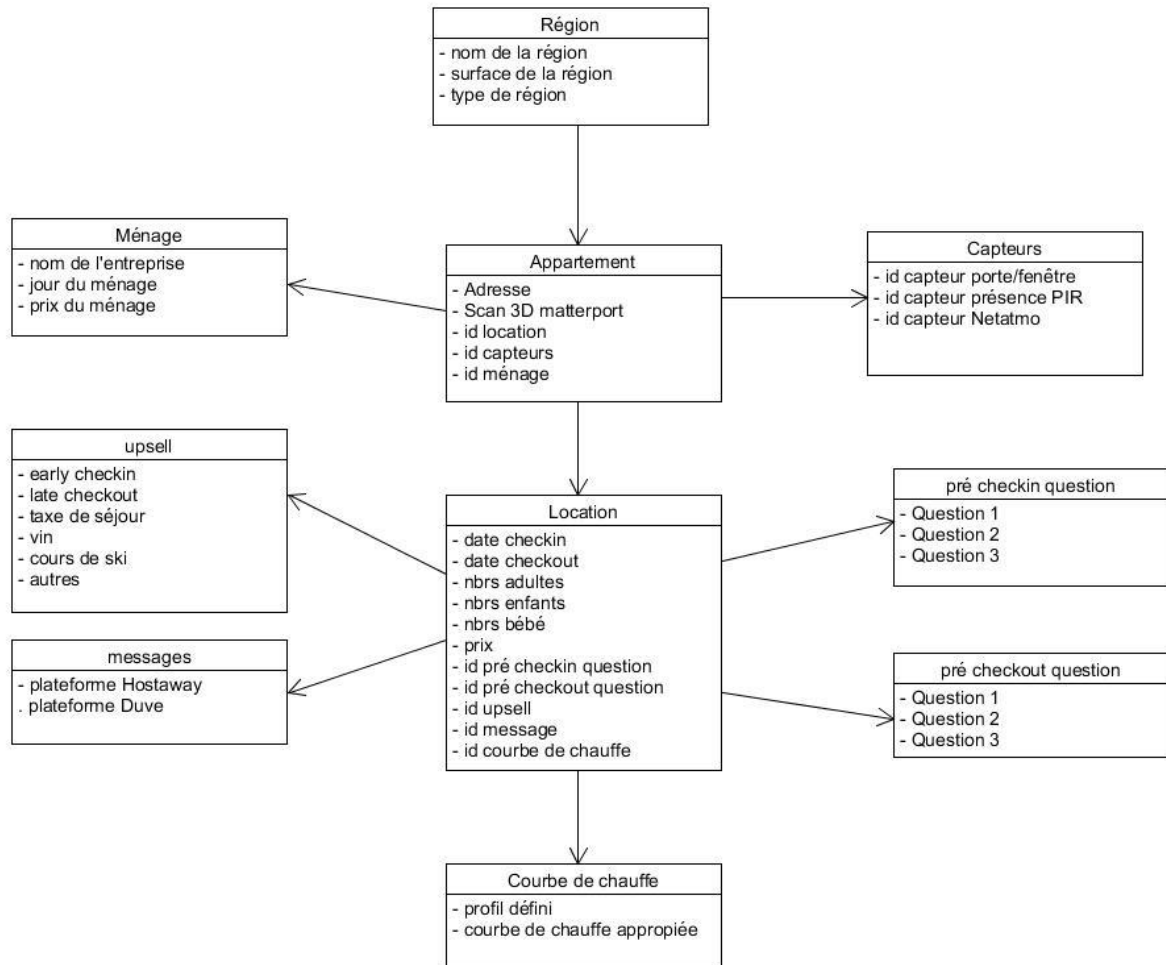


Illustration 8 Modèle de la base de données

Installation sur poste local

Prérequis : il faut avoir python et docker installés sur la machine de dev.

Installer l'environnement virtualisé avec :

```
python -m venv env
```

et l'activer :

```
.\env\Scripts\activate
```

Créer un fichier .env à la racine de la solution et le remplir avec les données suivantes :

```
DB_NAME={{put db name}}
DB_USER={{put db user}}
DB_PWD={{put db password}}
DB_ROOT_PWD={{put DB root password}}
SECRET_KEY={{put a long secret key}}
DEBUG=1
DJANGO_ALLOWED_HOSTS=localhost 127.0.0.1
CSRF_TRUSTED_ORIGINS=http://localhost http://127.0.0.1
```

Installer les modules requis avec :

```
pip install -r requirements.txt
```

Récupérer les fichiers statiques avec :

```
python .\manage.py collectstatic
```

Puis lancer simplement tout l'environnement à l'intérieur d'un Docker au moyen de :

```
docker compose up -d
```

Afficher les logs au moyen de Docker Desktop en allant dans le container lancé.



Déploiement sur serveur Docker IIGWEB

Utilisation de WinSCP pour pousser les modifications de code sur le serveur IIGWEB.

Attention à déplacer uniquement les fichiers docker correspondant au serveur (suffixe « iigweb »)

Copier le fichier iigweb.env puis le renommer sur le serveur.

En Putty Terminal exécuter le montage du container :

```
docker-compose -f docker-compose-iigweb.yml up
```

Annexe II : Data Management Plan

Data Acquisition Unit DAUnit
HES-SO Valais-Wallis

0. Information générale

Titre du projet	PRC-PA
Descriptif du projet	Prédiction du risque de chute chez la personne âgée ou en réhabilitation (PRC-PA)
Financement	Chèque Innovation Axe Santé
Institut/Ecole/Organisation	IS + II
Principal Investigator Nom, Prenom Email Adresse	Sébastien Gard + Simone Gartner
Personne de contact (si différent)	

1. Collecte des données et documentation

Sous-thème	Question	
1.1 Quelles données allez-vous collecter, observer, générer ou réutiliser ?	Quel type, format et volume de données allez-vous recueillir, observer, générer ou réutiliser ?	<ul style="list-style-type: none"> - Données de capteurs de mouvement - Stockage dans DB MySQL Light - Type alphanumériques, état (0/1) + timestamp toutes les 15 secondes - Metadata pour savoir quel capteur est dans quelle pièce (nom du capteur, lieu, ...) - 1 seul patient : nom, prénom, adresse, email -> données non stockées dans la DB. - Questionnaire sur les ressentis (fatigue, chutes) de la journée pour valider l'algorithme de calcul suivant - Calcul de mouvement par jour dans le but de trouver une éventuelle variation dans les habitudes dans le but ensuite de prédire un risque de chute plus important
	Quelles données existantes (les vôtres ou celles d'un tiers) allez-vous réutiliser ?	N/A
1.2 Comment les données seront-elles recueillies, étudiées ou générées ?	Quels standards, méthodes ou mécanismes d'assurance qualité utiliserez-vous ?	Capteurs dont les données ont été validées au travers de tests
	Comment prévoyez-vous d'organiser vos fichiers et de gérer les diverses versions ?	<p>DB MySQL Lit portable -> gestion de table standard relationnelle</p> <p>Fichier WORD pour le questionnaire avec PRC-TA_Date.DOC. Pas de soucis au niveau de la dénomination</p> <p>Stockage dans Teams actuellement</p>

<p>1.3 Quelle documentation et quelles métadonnées allez-vous fournir avec les données ?</p>	<p>Quelles informations sont nécessaires pour que les utilisateurs (ordinateur ou humain) soient en mesure de lire et interpréter les données ultérieurement ?</p>	<p>Besoin d'un client SQL Lit pour lire les données - Schéma de la DB existant - Fichier Readme de documentation sur la structure des données -> https://prc-pa.iigweb.hevs.ch/</p>
	<p>Comment allez-vous générer cette documentation ?</p>	<p>Manuellement</p>
	<p>S'ils existent, quels standards définis par la communauté sont-ils adoptés pour annoter les (méta)données ?</p>	<p>N/A</p>

2. Questions éthiques, légales et de sécurité

Sous-thème	Question	
<p>2.1 Comment les questions éthiques seront-elles abordées et traitées ?</p>	<p>Quels standards de protection s'appliquent à vos données ? Etes-vous liés par une clause de confidentialité ?</p>	<p>Aucune clause et aucun besoin nécessaire en lien avec le fond de financement</p>

	Avez-vous les autorisations requises pour obtenir, traiter, conserver et partager les données ? Les personnes dont vous réutilisez les données ont-elles été informées ? Ou ont-elles donné leur consentement ?	Consentement oral de l'unique patient
	Quelles méthodes allez-vous utiliser pour garantir la protection des données personnelles ou autres données sensibles ?	Séparation des information personnelles qui ne sont juste pas stockées. Les données des capteurs ne permettent pas d'identifier la personne
2.2 Comment seront gérés l'accès aux données et la sécurité ?	Quelles sont les principales questions en matière de sécurité des données, quels sont les niveaux de risque et quelles mesures ont été mises en place pour gérer les risques liés à la sécurité des données ?	Droits dans Teams à l'équipe de projet
	Comment allez-vous régler les droits/permissions d'accès aux données en vue de garantir la sécurité des données ?	Demandes doivent être faites à Sébastien, le chef de projet
	Comment les données personnelles et autres données sensibles seront-elles traitées pour garantir la sécurité du stockage et du transfert de données ?	N/A
2.3 Comment allez-vous gérer les questions de droits d'auteur et de propriété intellectuelle ?	Qui sera le propriétaire des données ?	HES-SO Valais-Wallis
	Quelles licences seront appliquées aux données ?	Possibilité de mettre en Open Data et de voir des licences adéquates. A voir pendant le projet
	Quelles restrictions s'appliquent en ce qui concerne la réutilisation des données appartenant à des tiers ?	N/A

3. Stockage et préservation des données

Sous-thème	Question	
3.1 De quelle manière vos données seront-elles stockées et sauvegardées au cours de la recherche ?	Quelles sont vos capacités de stockage et où seront stockées les données ?	Teams Capacité suffisantes, pas de limite
	Quelles sont les procédures de sauvegarde ?	Réplication des serveurs Backup par copie sur serveur interne. Définir la temporalité des backups
3.2 Quel est votre plan en matière de conservation des données ?	Quelles procédures seront utilisées pour sélectionner les données à conserver ?	Volonté de conserver les données pour les cours sur une période de 5 ans et qui seront effacées ensuite
	Quels formats de fichiers seront utilisés pour la conservation ?	Les mêmes

4. Partage et réutilisation des données

Sous-thème	Question	
4.1 De quelle manière et où seront partagées les données ?	-Dans quelle base de données (repository) planifiez-vous de partager vos données ?	- Possibilité de réutilisation dans des cas d'école - Pas de piste de valorisation autre pour le moment mais à voir en cours de projet
	-Comment les utilisateurs potentiels pourront trouver des informations sur vos données ?	Pour le moment uniquement les personnes au courant du projet
4.2 Y a-t-il des restrictions nécessaires pour protéger les données sensibles ?	-A quelles conditions les données seront-elles mises à disposition (date de publication des données, motifs de retard le cas échéant) ?	N / A

<p>4.3 Je confirme que je choisirai des bases de données (repositories) numériques conformes aux principes des FAIR Data Principles.</p>	<p>https://www.force11.org/group/fairgroup/fairprinciples</p>	<p>N / A</p>
<p>4.4 Les bases de données (repositories) choisies pour le dépôt des données sont gérées par une organisation à but non lucratif.</p>	<p>-Si la réponse est non : Expliquez pourquoi vous ne pouvez pas déposer vos données dans des bases de données (repository) gérées par une organisation à but non lucratif</p>	<p>N / A</p>