

Projet ANR-16-CE19-0015

PRuDENCE

Programme xxxxx 2016

A	IDENTIFICATION.....	2
B	RESUME CONSOLIDE PUBLIC	2
B.1	Instructions pour les résumés consolidés publics	2
B.2	Résumé consolidé public en français	5
B.3	Résumé consolidé public en anglais.....	5
C	MEMOIRE SCIENTIFIQUE.....	5
C.1	Résumé du mémoire	5
C.2	Enjeux et problématique, état de l'art	6
C.3	Approche scientifique et technique.....	6
C.4	Résultats obtenus	10
C.5	Exploitation des résultats.....	12
C.6	Discussion	12
C.7	Conclusions.....	13
C.8	Références.....	13
D	LISTE DES LIVRABLES.....	14
E	IMPACT DU PROJET	15
E.1	Indicateurs d'impact	15
E.2	Liste des publications et communications.....	16
E.2.1	Publications dans des revues internationales à comité de lecture	16
E.2.2	Colloques avec actes et comités de lecture	16
E.2.3	Colloques avec actes sous formes de résumés avec comités de lecture	16
E.2.4	Thèse	17
E.3	Liste des éléments de valorisation.....	18
E.3.1	Colloque scientifique	18
E.3.2	Logiciels	18
E.4	Bilan et suivi des personnels recrutés en CDD (hors stagiaires)	19

Ce document est à remplir par le coordinateur en collaboration avec les partenaires du projet. L'ensemble des partenaires doit avoir une copie de la version transmise à l'ANR.

Ce modèle doit être utilisé uniquement pour le compte-rendu de fin de projet.

A IDENTIFICATION

Acronyme du projet	PRuDENCE
Titre du projet	Prévention et DEtectionN des ChutEs
Coordinateur du projet (société/organisme)	NeoTec-Vision
Période du projet (date de début – date de fin)	01/10/2016 31/03/2021
Site web du projet, le cas échéant	

Rédacteur de ce rapport	
Civilité, prénom, nom	M. Vincent GAUTHIER
Téléphone	02 99 85 65 84
Adresse électronique	Vincent.gauthier@neotec-vision.com
Date de rédaction	31/12/2020

Si différent du rédacteur, indiquer un contact pour le projet	
Civilité, prénom, nom	
Téléphone	
Adresse électronique	

Liste des partenaires présents à la fin du projet (société/organisme et responsable scientifique)	NeoTec-Vision Ecam Rennes Université Rennes1 Université technologique de Troyes
---	--

B RESUME CONSOLIDE PUBLIC

Ce résumé est destiné à être diffusé auprès d'un large public pour promouvoir les résultats du projet, il ne fera donc pas mention de résultats confidentiels et utilisera un vocabulaire adapté mais n'excluant pas les termes techniques. Il en sera fourni une version française et une version en anglais. Il est nécessaire de respecter les instructions ci-dessous.

B.1 INSTRUCTIONS POUR LES RESUMES CONSOLIDES PUBLICS

Les résumés publics en français et en anglais doivent être structurés de la façon suivante.

Titre d'accroche du projet (environ 80 caractères espaces compris)

Titre d'accroche, si possible percutant et concis, qui résume et explicite votre projet selon une logique grand public : il n'est pas nécessaire de présenter exhaustivement le projet mais il faut plutôt s'appuyer sur son aspect le plus marquant.

PRuDENCE : solutions pour prolonger le maintien à domicile

Les deux premiers paragraphes sont précédés d'un titre spécifique au projet rédigé par vos soins.

Titre 1 : situe l'objectif général du projet et sa problématique (150 caractères max espaces compris)

Développement d'une solution bas coût pour la détection des chutes et la prévention de la fragilisation

Paragraphe 1 : (environ 1200 caractères espaces compris)

Le paragraphe 1 précise les enjeux et objectifs du projet : indiquez le contexte, l'objectif général, les problèmes traités, les solutions recherchées, les perspectives et les retombées au niveau technique ou/et sociétal

L'enjeu principal de ce projet, dans un contexte de vieillissement de la population, est de trouver des solutions économiquement viables et acceptables pour permettre aux personnes âgées de rester le plus longtemps possible à leur domicile en toute sécurité. Il se déroule à la suite du développement d'un détecteur de présence au sol par capteurs optiques garantissant l'anonymat qui présentait le principal défaut d'être trop coûteux par rapport à la seule fonction de détection de chute.

Les objectifs étaient donc multiples :

1. Réduire les coûts en utilisant des capteurs très peu chers comme les caméras thermiques très basses résolutions développées pour le bâtiment intelligent.
2. Rendre la détection plus robuste, en particulier dans les cas d'une occultation totale ou partielle (personne qui tombe derrière un meuble).
3. Ajouter de nouvelles fonctionnalités telles que la mesure d'activité afin de prédire des cas de fragilisation et ainsi permettre une prévention : ne pas attendre que la personne chute pour agir.

Titre 2 : précise les méthodes ou technologies utilisées (150 caractères max espaces compris)

Utilisation de capteurs de profondeur et/ou thermiques très basse résolution pour la détection de postures et la mesure d'activité

Paragraphe 2 : (environ 1200 caractères espaces compris)

Le paragraphe 2 indique comment les résultats attendus sont obtenus grâce à certaines méthodes ou/et technologies. Les technologies utilisées ou/et les méthodes permettant de surmonter les verrous sont explicitées (il faut éviter le jargon scientifique, les acronymes ou les abréviations).

La R&D du projet s'articule autour de plusieurs développements scientifiques :

1. Recherche et développement d'algorithmes de **suivi temporel** et de **détection de posture** combinant les modalités profondeur/thermique – **WP1**.
2. Recherche et développement d'algorithmes de **suivi temporel** et de **détection de posture** à base de **capteur(s) thermique(s) seul(s)** – **WP2**.
3. Développement d'une solution d'**analyse des scénarii de vie** afin de prédire une **fragilisation** (changement de mode vie ou dégradation physique de la personne âgée) – **WP3**.
4. Intégration et optimisation des algorithmes développés pour fonctionner à une fréquence suffisante pour répondre à l'usage recherché – **WP4**.
5. Evaluation des intérêts diagnostiques du dispositif, contrôle de son efficacité en le comparant aux méthodes instrumentales de référence d'évaluation de la marche et démarche de co-conception avec les potentiels utilisateurs – **WP5**.

Résultats majeurs du projet (environ 600 caractères espaces compris)

Faits marquants diffusables en direction du grand public, expliciter les applications ou/et les usages rendus possibles, quelles sont les pistes de recherche ou/et de développement originales, éventuellement non prévues au départ.

Préciser aussi toute autre retombée= partenariats internationaux, nouveaux débouchés, nouveaux contrats, start-up, synergies de recherche, pôles de compétitivités, etc.

Le projet a permis d'aboutir à i) des solutions à base de filtrage particulière pour suivre une personne à son domicile et de deep-learning pour la reconnaissance de ses activités par image de profondeur ii) des solutions à base de deep learning pour augmenter la très faible résolution d'images thermiques et ainsi détecter de manière robuste des chutes et quantifier les activités de la personne, iii) l'exploitation de ces mesures et la proposition de variables les plus pertinentes pour suivre la fragilisation et la détection de comportement de changement de vie.

Production scientifique et brevets depuis le début du projet (environ 500 caractères espaces compris)

Ne pas mettre une simple liste mais faire quelques commentaires. Vous pouvez aussi indiquer les actions de normalisation

Le projet a donné lieu à 3 thèses, dont 2 entièrement soutenues pendant la durée du projet et une troisième financé par le projet PRuDENCE et par la région (Bourse ARED).

Yannick ZOETGNANDE « *Fall detection and activity recognition using stereo low-resolution thermal imaging* »

- Imen HALIMA "Suivi de l'activité d'une personne à partir de capteurs optiques pour la détection et prévention des chutes chez les personnes âgées"

- Soumaya MSAAD « Détection de changement de comportement de vie chez la personne âgée »

Ces travaux ont abouti à de nombreux articles et participations à des conférences.

Illustration

Une illustration avec un schéma, graphique ou photo et une brève légende. L'illustration doit être clairement lisible à une taille d'environ 6cm de large et 5cm de hauteur. Prévoir une résolution suffisante pour l'impression. Envoyer seulement des illustrations dont vous détenez les droits.

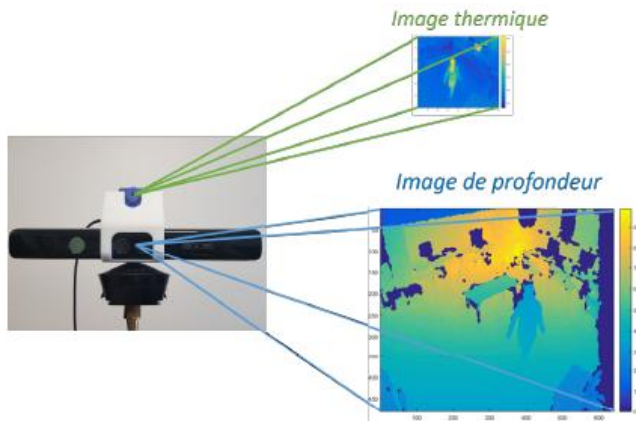


Figure 1 : Capteur profondeur et thermique



Image 1 : test des capteurs dans la salle d'analyse des mouvements de l'UTT

Informations factuelles

Rédiger une phrase précisant le type de projet (recherche industrielle, recherche fondamentale, développement expérimental, exploratoire, innovation, etc.), le coordonnateur, les partenaires, la date de démarrage effectif, la durée du projet, l'aide ANR et le coût global du projet, par exemple « Le projet XXX est un projet de recherche fondamentale coordonné par xxx. Il associe aussi xxx, ainsi que des laboratoires xxx et xxx). Le projet a commencé en juin 2006 et a duré 36 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de xxx € pour un coût global de l'ordre de xxx € »

Référence du formulaire : ANR-FORM-090601-01-01

Commenté [AF1]: Tu dois avoir assez de place pour donner le thème des thèses (ça fera du liant !)
Pour Imen, le sujet thèse est : « Suivi de l'activité d'une personne à partir de capteurs multi-modalités préservant l'anonymat dans un cadre de détection et prévention des chutes chez les personnes âgées »

B.2 RESUME CONSOLIDE PUBLIC EN FRANÇAIS

Suivre impérativement les instructions ci-dessus.

Le projet PRuDENCE (Prévention et DEtection des ChutEs) est un projet de recherche industrielle coordonné par NeoTec-Vision (35) en partenariat avec l'ECAM de Rennes, le Laboratoire Traitement du Signal et Images de l'Université de Rennes1 et le Living Lab ActivAgeing de l'Université de technologie de Troyes. Le projet a commencé le 01/10/2016 et a duré 48 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 496 483 € pour un coût global de 1 257 396 €.

B.3 RESUME CONSOLIDE PUBLIC EN ANGLAIS

Suivre impérativement les instructions ci-dessus.

The PRuDENCE project (Prévention et DEtection des ChutEs) is an industrial research project coordinated by NeoTec-Vision (35) in partnership with the ECAM of Rennes, the Signal and Image Processing Laboratory of the University of Rennes1 and the Living Lab ActivAgeing of the University of Technology of Troyes. The project started on 01/10/2016 and lasted 48 months. It received ANR aid of € 496,483 for a total cost of € 1,257,396.

C MEMOIRE SCIENTIFIQUE

Maximum 5 pages. On donne ci-dessous des indications sur le contenu possible du mémoire. Ce mémoire peut être accompagné de rapports annexes plus détaillés.

Le mémoire scientifique couvre la totalité de la durée du projet. Il doit présenter une synthèse auto-suffisante rappelant les objectifs, le travail réalisé et les résultats obtenus mis en perspective avec les attentes initiales et l'état de l'art. C'est un document d'un format semblable à celui des articles scientifiques ou des monographies. Il doit refléter le caractère collectif de l'effort fait par les partenaires au cours du projet. Le coordinateur prépare ce rapport sur la base des contributions de tous les partenaires. Une version préliminaire en est soumise à l'ANR pour la revue de fin de projet.

Un mémoire scientifique signalé comme confidentiel ne sera pas diffusé. Justifier brièvement la raison de la confidentialité demandée. Les mémoires non confidentiels seront susceptibles d'être diffusés par l'ANR, notamment via les archives ouvertes <http://hal.archives-ouvertes.fr>.

Mémoire scientifique confidentiel : oui / ~~non~~

C.1 RESUME DU MEMOIRE

Le projet PRuDENCE a été découpé en 5 WP (Work Package).

Le premier, WP 1, concerne des travaux dans la continuité du projet GLADIS (thèse CIFRE de Geoffroy CORMIER – NeoTec-Vision [1]) : utilisation d'un capteur de profondeur et d'un capteur thermique pour le suivi de la personne. Ces travaux ont été réalisés par l'ECAM Rennes principalement dans le cadre de la thèse d'Imen HALIMLA. Deux parties sont à distinguer : la première sur le suivi de la tête de la personne à partir d'un filtrage particulière avec ou sans fusion des capteurs, la seconde sur la reconnaissance de postures (assise, debout, allongée sur le lit, allongée par terre) par des techniques de Deep Learning.

L'objectif du WP2 était de mettre en œuvre une solution de détection de chutes et de suivi d'activité à partir d'une paire de caméras thermiques basse résolution. Ces travaux ont été menés par Yannick ZOETGNANDE durant sa thèse au LTSI Rennes1.

WP1 et WP2 ont pour but d'extraire des informations sur l'activité de la personne (posture, vitesse de déplacement, chute ...) pour alimenter les travaux de WP3.

Le WP3 s'intéressait à la détection de fragilisation par utilisation d'observation des activités de la personne afin de voir s'il est possible de détecter des écarts à la routine. Ces travaux sont réalisés par Soumaya MSAAD dans le cadre de sa thèse au LTSI Rennes1 commencée à la moitié du projet.

WP4 concernait l'intégration des briques développées. L'objectif était d'intégrer les algorithmes issus de WP1 et WP2 au fur et à mesure et de les adapter pour les faire fonctionner en temps réel (à une fréquence – nombre d'images par seconde – adaptée aux phénomènes à observer).

Enfin WP5, réalisé par le Living Lab ActivAgeing de l'UTT, a pour double objectif de définir les fonctionnalités et mode d'utilisation de potentiels produits en co-conception et de réaliser des séquences avec vérité terrain (Vicon).

C.2 ENJEUX ET PROBLEMATIQUE, ETAT DE L'ART

Présenter les enjeux initiaux du projet, la problématique formulée par le projet, et l'état de l'art sur lequel il s'appuie. Présenter leurs éventuelles évolutions pendant la durée du projet (les apports propres au projet sont présentés en C.4).

Selon l'Institut National de la Démographie, le nombre de personnes âgées de plus de 75 ans ne cessera d'augmenter et doublera d'ici 2050 (6 millions en 2020 à 12 millions en 2050). Dans ce contexte, mêmes si des infrastructures sont créées pour les accueillir, il devient essentiel de trouver des solutions permettant aux personnes âgées de vivre à leur domicile, le plus longtemps et avec le plus d'autonomie possible.

Les personnes âgées ont une vie régulière définie comme le fait d'organiser leur vie quotidienne autour de routines dans l'environnement, le comportement ou les relations sociales[2, 3]. Ces activités de la vie courante peuvent être limitées lorsque la capacité d'autonomie des personnes diminue. Liés à l'avancé en âge, les processus de dégradation de la qualité de l'équilibre et de la qualité de la marche altèrent le comportement de la personne âgée sur une longue durée. Ainsi ces facteurs interdépendants agissent négativement sur la capacité à se mouvoir et ils augmentent le risque de chute. Les pertes fonctionnelles de la personnes âgées ou leur accroissement sont un passage vers un état instable avec une diminution des réserves physiologique. Cet état avec perte de fonctions n'est pas irréversible. C'est un état dynamique, dans lequel le sujet âgé est considéré en tant que robuste, de fragile/pré-fragile, ou de dépendant. On retrouve de nombreuses évolutions du concept gériatrique de fragilité du sujet âgé dans la littérature bien qu'il n'y ait pas consensus sur sa définition. Il s'agit d'un état dynamique instable mais réversible [4, 5, 6]. Il existe plusieurs modèles théoriques pour conceptualiser la fragilité qui ne s'excluent pas les uns des autres [7, 8, 9, 10] mais qui dépendent de l'approche considérée. Un grand nombre d'indicateurs de la fragilité émergent des recherches cliniques. Le modèle de Rockwood et Mitnitski [11] reste le plus complet. Il décrit précisément la complexité du processus de fragilisation avec plus de soixante-dix critères répertoriés. L'enjeu sociétal repose sur la nécessité de travailler en consortium pluridisciplinaire comme celui de PRuDENCE sur les volets du repérage et de la prévention de cette perte d'autonomie. Pour cela, l'utilisation de capteurs de posture fixes, discrets, préservant l'intimité et bas coûts permettront d'alimenter un modèle d'analyse de fragilité afin de remonter précocement des indicateurs des difficultés fonctionnelles rencontrées par les personnes avancées en âge dans leurs activités quotidiennes.

C.3 APPROCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

WP 1

Les capteurs retenus en début de projet comprennent un capteur de profondeur (type Kinect, résolution 640x480) et un capteur thermique bas coût (FLIR, résolution 80x60). Le choix de ces 2 capteurs est justifié par la volonté de préserver l'anonymat des personnes filmées, le coût modeste, l'installation aisée, le fonctionnement de jour comme de nuit. Le capteur thermique a été ajouté dans un second temps pour discriminer les objets chauds (personne) des objets froids (par exemple une veste qui tombe par terre et peut induire un faux positif [1]). La mise en correspondance d'un pixel de l'image de profondeur avec un pixel de l'image thermique nécessite une calibration, cette dernière utilise une mire comportant des ampoules détectables à la fois sur les images de profondeur et sur les images thermiques.

La première partie des travaux sur le suivi de la personne utilise l'algorithme résumé sur le synoptique et commence par le calcul d'une carte de référence en l'absence de tout objet mobile. Cette carte permet de soustraire l'arrière-plan et de déterminer les objets mobiles en ne retenant que le plus grand. Cependant cette seule étape a ses limites puisqu'elle ne tient pas compte de l'information temporelle. Pour corriger cela, on utilise un filtre particulaire qui permet d'estimer un état à un instant $t+1$ en tenant compte de l'état à l'instant précédent t et des observations à l'instant $t+1$. Ici un état définit une ellipse qui entoure la tête avec au minimum la position du centre, la longueur du grand axe et l'orientation. Le choix de la tête est justifié par le fait qu'elle est non déformable, la partie la plus chaude généralement du corps et la partie la plus haute donc rarement occultée. Le filtrage particulaire consiste à générer un nombre important de particules qui représentent autant d'hypothèses sur l'état recherché. Ces particules ont un poids proportionnel à leur vraisemblance. L'état retenu peut alors être soit la moyenne des états des particules, soit l'état de la particule de poids le plus important. Les observations sont bien entendu données par les images et concentrées dans des coefficients. Ainsi par exemple on a des coefficients de gradients dont les valeurs sont plus importantes si l'ellipse d'une particule entoure assez précisément la tête dans l'image considérée.

Pour la seconde partie, la reconnaissance des postures a été réalisée à partir de Deep Learning et d'un apprentissage supervisé. Le modèle SSD a été retenu du fait qu'il détecte la personne et classe sa posture "simultanément". L'une des difficultés a été de constituer une base d'apprentissage suffisamment riche pour obtenir des performances correctes. Une autre difficulté a été la présence de nombreux pixels « noirs » sur les images de profondeur, symbolisant l'absence d'information de profondeur (principalement due à l'interférence des rayons du soleil). Un prétraitement a ainsi été réalisé de manière à corriger ces pixels nuls. La méthode a été testée en mode mono capteur. Malheureusement la fusion n'a pu être menée à son terme faute de temps, en raison des complications liées à la pandémie.

Pour la seconde partie, la reconnaissance des postures a été réalisée à partir de Deep Learning et d'un apprentissage supervisé. Le modèle SSD a été retenu du fait qu'il détecte la personne et classe sa posture "simultanément". L'une des difficultés a été de constituer une base d'apprentissage suffisamment riche pour obtenir des performances correctes. Une autre difficulté a été la présence de nombreux pixels « noirs » sur les images de profondeur, symbolisant l'absence d'information de profondeur (principalement due à l'interférence des rayons du soleil). Un prétraitement a ainsi été réalisé de manière à corriger ces pixels nuls. La méthode a été testée en mode mono capteur. Malheureusement la fusion n'a pu être menée à son terme faute de temps, en raison des complications liées à la pandémie.

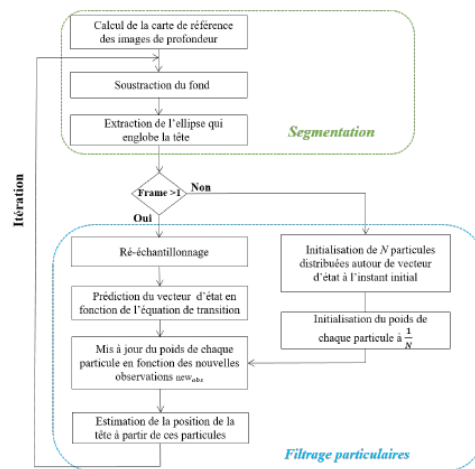


FIGURE 4.7 – Algorithme itératif de suivi basé sur le filtrage particulaire.

Centré sur l'analyse d'images thermiques, ce WP dans un premier temps a suivi une stratégie classique de vision par ordinateur basée sur la reconstruction 3D de la scène. Pour cela nous avons développé une solution de calibration robuste de caméras thermiques stéréo, une méthode d'extraction et d'appariement à une précision sous-pixel de points remarquables. Malheureusement, le degré de précision atteint n'était pas suffisant pour une détection de chutes.

Étant donné que les images de nos caméras sont de faible résolution, nous avons également proposé une méthode de super-résolution pour augmenter la taille de nos images. Cette méthode, appelée Edge Focused Thermal Super-Resolution (EFTS), contient un module d'extraction de contours amenant un réseau de neurones artificiels à se concentrer sur les contours des objets dans les images.

Dans un second temps, nous avons proposé une solution de détection de chutes par apprentissage profond. L'originalité de la méthode est que le réseau n'apprend pas les chutes mais la position de points dans l'espace, ceci sans calibration des caméras. Les résultats obtenus surpassent ceux de techniques de la littérature appliquées sur des images similaires. Finalement nous avons effectué une étude préliminaire sur la reconnaissance d'activité par apprentissage profond. Nous avons exploré plusieurs stratégies qui permettaient de contourner le fait qu'il n'existe pas de données stéréo thermiques suffisantes pour faire l'apprentissage. Les résultats préliminaires semblent prometteurs.

WP 3

Dans la première partie de notre étude, nous avons cherché à identifier des variables susceptibles d'être mesurées par les capteurs de profondeur et thermiques. Ainsi, après une étude bibliographique complète, nous avons identifié que le pourcentage en temps assis, le pourcentage en temps allongé, le nombre de sorties, le nombre de visites, le nombre de chutes, et la vitesse de déplacement sont des éléments permettant d'apprécier la fragilisation.

Nous avons donc développé une première solution permettant de calculer une distance d'édition entre un scénario dit de référence décrit par la posture de la personne (allongée, assise, debout, absente) et celui de la journée observée. Son objectif est d'estimer le nombre de transformations à effectuer pour passer du scénario observé au scénario de référence. Le calcul de cette distance d'édition nécessite au préalable la classification des postures. Ceci a été réalisé par la mise en œuvre de méthodes de classification (KNN et arbre de décision) que nous avons appliquées sur la base de données enregistrées en EHPAD après annotation manuelle des postures. Son déploiement pour étudier la fragilisation est en cours d'étude. Il n'en reste pas moins qu'un des aspects de la fragilisation concerne la chute. Un détecteur de chutes a donc été proposé et accepté pour publication à la conférence IEEE-EMBS (*International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*). Des taux de sensibilité de 93% et spécificité de 100% ont été observés.

La fragilité repose sur l'observation de longue durée d'une personne (souvent sur plusieurs mois). Pour répondre à cette alternative difficile, après enquête sur le quotidien de plusieurs personnes âgées, nous avons développé un simulateur permettant de décrire différentes dégradations de la personne âgée. Un index de fragilité calculé sur une période donnée a ainsi été proposé. Succinctement, la journée est classée soit en journée normale soit en journée anormale selon la variation du pourcentage en temps assis, temps allongé, le nombre de sorties, de visites et de chutes, et la vitesse de déplacement. Le changement de comportement est décrit par l'apparition progressive des journées anormales. Ce travail a été complété en appliquant la méthode de Morris pour l'analyse globale de la sensibilité. Les résultats préliminaires de cette étude ont été acceptés pour les conférences IEEE-BIBE (*International*

Conference of the IEEE on Bioinformatics and Bioengineering) et ICFSR (*International Conference on Frailty and Sarcopenia Research*).

WP 4

Les travaux des WP 1 à 3 n'ayant pas abouti dans le temps du projet à des ensembles techniques validés et exploitables, nous n'avons pas pu atteindre l'objectif initial du WP 4, à savoir l'intégration desdits ensembles techniques dans un prototype testable. Notamment, l'approche à base de filtre particulière du WP 1, quoiqu'intéressante, s'est révélée inexploitable en dehors d'un contexte de laboratoire. Ainsi, le WP 4 a été consacré à l'accompagnement scientifique et technique des WP 1 à 3 :

- Accompagnement scientifique, tant en participant au suivi des thèses du projet, notamment sur les aspects théoriques explorés que, plus prosaïquement, en participant à la rédaction des publications afférentes,
- Accompagnement technique, en ce sens qu'on été fournis :
 - o Des éléments techniques nécessaires à la calibration et à la mise en correspondance des capteurs du WP 1.
 - o Des éléments matériels (carte d'acquisition, caméras thermiques) et logiciels (programme d'acquisition stéréo thermique) pour la génération des images thermiques du WP 2.
 - o Des données (base d'images et résultats des essais en EHPAD du projet GLADIS [1]) ainsi que des logiciels dédiés à l'exploitation de ces données et des données générées au cours du projet, pour l'analyse de la fragilité du WP 3. Dans cette optique, d'anciens logiciels (GLADIS [1]) ont également été remis en fonctionnement.

WP5

A partir d'une approche Living Lab - combinant les principes d'évaluation en conditions de laboratoire, de la conception centrée-sur-l'humain et d'une approche participative – le WP5 a permis d'une part, comme proposé initialement, d'évaluer les intérêts diagnostiques du dispositif, et d'autre part, d'examiner l'usage d'un tel dispositif. Les questions de recherche du projet se concentrent, de manière complémentaire, à la fois sur i) la viabilité technique et les performances de détection dans le cadre du développement et de l'étalonnage des capteurs et ii) sur l'acceptabilité sociale et l'utilité perçue d'un tel dispositif.

D'un point de vue technique, le développement a inclus l'évaluation de la performance des capteurs thermiques et de profondeur développés pour détecter les chutes et la présence prolongée sur le sol. En utilisant le même protocole développé pour les recherches précédentes au Living Lab, les expériences de capture de mouvement ont été faites sur la plateforme d'analyse du mouvement du Living Lab ActivAgeing. Les mouvements humains - comme les chutes, les accélérations, les activités quotidiennes - ont été capturés simultanément de 3 manières : i) les capteurs développés dans PRuDENCE (WP1 et WP2), ii) un système précis de Vicon Nexus 1.8.5 MoCap basé sur des marqueurs, iii) des caméras vidéo externes. L'analyse vidéo a permis de sauvegarder et de contextualiser la session de capture de données pour une utilisation ultérieure, alors que les données des capteurs ont été comparées à celles de Vicon afin de caractériser les erreurs de capture des premiers.

D'une perspective usage, qui est la seconde dimension du WP5, la démarche Living Lab a été utilisée afin de garantir la pertinence des idées de conception. De manière cohérente avec une approche centrée-sur-l'humain, visant non seulement à concevoir un dispositif susceptible de sauver des vies, mais aussi de renforcer la dignité et l'autonomie des personnes âgées concernées, la première étape a été une analyse qualitative des besoins. Les observations ethnographiques et les entretiens approfondis ont porté sur la compréhension des problèmes

d'équilibre des utilisateurs cibles - leurs préoccupations, activités, valeurs, contraintes quotidiennes, aspirations - dans 2 contextes : autonome à domicile, et lors de formations à la prévention des chutes dans un centre de réadaptation. Plus généralement, suivant l'approche participative adoptée, différents acteurs ayant des points de vue différents ont été activement impliqués dans les différentes tâches de conception et d'évaluation : les personnes âgées elles-mêmes et leurs aidants ; les professionnels de la santé (médecins généralistes, gériatres, pharmaciens) et les professionnels de la réadaptation (physiothérapeutes, enseignants d'activité physique adaptée). En particulier, l'observation d'ateliers de prévention des chutes, impliquant différents professionnels avec des patients à risque de chute, a permis de comprendre les causes multifactorielles des chutes, ainsi que leurs conséquences dans toute leur complexité, afin d'« informer » utilement la conception du système et d'améliorer sa qualité de manière réflexive.

Sur la base de ces connaissances et des prototypes de capteurs, l'étape suivante a consisté à examiner les questions d'utilité et d'acceptabilité lors d'ateliers participatifs. Deux d'entre eux ont rassemblé des personnes âgées, des soignants (informels et professionnels), des cliniciens et des chercheurs/ingénieurs développant et construisant les capteurs, et un autre a été organisé parmi les professionnels de la réadaptation. L'objectif était d'enrichir et d'informer le processus de conception avec différents points de vue, compétences et perspectives, afin de construire de manière prospective et collaborative des fonctionnalités et des scénarios qui soient souhaitables, utiles, techniquement réalisables, à un coût raisonnable et, enfin et surtout, qui réussissent à responsabiliser les personnes âgées exposées au risque de chute.

C.4 RESULTATS OBTENUS

WP 1

Concernant le suivi, des courbes de précision (détection du centre de la tête estimée par l'algorithme comparée à la vérité terrain établie à la main) et de succès (mesure le chevauchement de l'ellipse estimée avec celle de la vérité terrain) ont été réalisées à la suite de nombreux tests. On en voit un exemple sur la figure suivante. Globalement plus l'aire sous la courbe est proche de 1, meilleur est le résultat. Plusieurs valeurs de paramètres et coefficients intervenant dans le calcul des poids ont été testées. Les résultats sont encourageants mais il reste difficile de traiter une occultation sur plusieurs frames. De plus les temps de calculs rendent difficiles d'envisager du temps réel si la fréquence est relativement élevée.

Concernant la reconnaissance des postures, les mesures de performance classique (précision, rappel, AP ...) ont été calculées et ont permis de montrer que les résultats sur les images thermiques sont meilleurs (MAP à 0.90). En perspectives, on peut espérer que la fusion des images thermiques et de profondeur améliorent encore les performances.

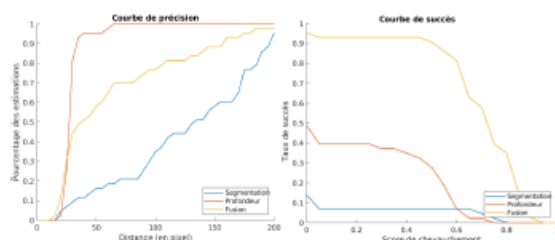


FIGURE 5.6 – Courbes moyennes de précision et de succès pour : a) la segmentation seule (bleu), b) le modèle de profondeur seul (rouge) et c) le premier modèle de fusion (jaune) : courbe de précision, courbe de succès

WP 2

Les résultats obtenus montrent, qu'après augmentation de la résolution d'image thermique, nous sommes capables de détecter les chutes à partir d'image thermique de faible résolution avec une précision de 94 % et une reconnaissance des activités avec une précision de 80 %. Dans ce WP2, nous avons tous d'abord abordé la détection de chutes à l'aide de l'approche classique de reconstruction de scène par vision stéréoscopique. Nous avons donc dû adapter les différents éléments de la chaîne de reconstruction de scène (calibrations stéréo, mise en correspondance entre image, ...) à la très faible résolution (80x60) et aux caractéristiques de nos images thermiques. Pour ces différents éléments de la chaîne, nous avons obtenu un gain significatif en termes de précision (80 % des pixels mis en correspondance avec une erreur inférieure à 0,25 pixels). Malheureusement, ce gain n'était pas suffisant pour permettre une reconstruction 3D de la scène et donc de détecter des chutes. Nous avons alors abordé le problème de la détection de chutes à l'aide d'approche basée sur le deep learning avec 1) une méthode de super-résolution qui permet d'augmenter la résolution des images avec plus de détails que les méthodes de la littérature ; 2) une méthode de classification au sol/pas au sol de points chauds dans l'espace qui nous a permis de détecter les chutes à partir d'images thermiques de faible résolution avec une précision de 94 %; et 3) une méthode de reconnaissance d'activités par transfert learning qui obtient une précision de 80 %.

WP 3

Centré sur la détection de la fragilisation, ce WP a permis d'aboutir à : i) la détection de postures dans une image de profondeur, ii) la mise au point d'un détecteur de chute adapté en EHPAD, iii) la proposition d'un indice de détection de fragilisation basé sur les postures, iv) la recherche des variables et/ou postures les plus sensibles signant la fragilité.

WP5 :

La première dimension du WP5 était la comparaison entre les données des capteurs développés (WP1 et WP2) à celles des données de référence des Vicon, afin de caractériser les erreurs de capture des premiers. Les résultats de cette première dimension du WP5 montrent que les capteurs proposés sont adéquats pour être utilisés dans ce scénario de détection des chutes. Aussi, cette comparaison a été utile pour éclairer les améliorations apportées aux algorithmes de détection. Enfin, notre contribution est la proposition d'une nouvelle grille d'activité PRuDENCE, mieux adaptée à l'activité des personnes âgées à domicile, qui complète la grille TASDA qui a servi de référence pour les mesures.

La seconde dimension du WP5, en particulier, l'observation d'« ateliers de prévention des chutes », impliquant différents professionnels avec des patients à risque de chute, a résulté en une compréhension fine des causes multifactorielles des chutes, ainsi que leurs conséquences dans toute leur complexité. Les connaissances acquises ont permis d'« informer » utilement la conception du système et d'améliorer sa qualité de manière réflexive.

De manière plus générale, les principales connaissances dégagées (entretiens, ateliers participatifs) sont qu'un tel dispositif est perçu favorablement, à la fois par les utilisateurs potentiels et leur eco-système (aidants familiaux, professionnels), avec des précautions nécessaires concernant la capacité d'agir, l'intimité et la vie privée. Ces résultats ont permis de commencer à imaginer un élargissement de l'utilité plus globale du dispositif, contribuant à la fois à l'*empowerment* de la personne âgée (capacité d'agir, libre arbitre, éducation du patient) et la prévention de la perte d'autonomie.

C.5 EXPLOITATION DES RESULTATS

Comme indiqué dans le paragraphe C4, Les WP1 et WP2 ont conduit à des développements technologiques intéressants et ont mis en évidence de belles perspectives. Ces deux WP ont fait avancer la connaissance scientifique, mais n'ont pas aboutis à des briques technologiques directement exploitables. Par conséquent i) les travaux de WP3 ont dû se faire sur la base de simulations et l'exploitation de la solution initiale GLADIS développée dans un projet précédent ; ii) l'intégration dans WP4 n'a pas pu être réalisée. Il n'en reste pas moins que les bases d'utilisation dans des futurs travaux ont été initiées

WP5 quant à lui a pu aboutir à des résultats exploitables :

1. A partir des connaissances dégagées par l'approche qualitative et du travail approfondi de co-construction avec des professionnels de la rééducation, l'élaboration de la grille PRuDENCE (à partir de la grille de référence TASDA) pourra contribuer à nos futures recherches, ou à d'autres sur la prévention de la perte d'autonomie. Alors que la grille TASDA est une grille « expérimentale » visant uniquement la fiabilité technique des capteurs, la grille PRuDENCE comprend, de manière réaliste, les différentes situations à risque de chute (salle de bain, cuisine etc.), quotidiennes et ordinaires, des personnes âgées à leur domicile.
2. La compréhension fine des valeurs et des précautions à respecter par le dispositif a permis d'amorcer la conception d'un usage élargi du dispositif : à la fois une utilité plus globale en termes de prévention de la perte d'autonomie (à travers le suivi d'activité et le suivi de la posture corporelle des utilisateurs), et d'une utilité élargie en cas de chute avérée, pour détecter efficacement celle-ci mais également un design d'interaction pertinent pour contribuer également à l'*empowerment* de la personne âgée et limiter les conséquences négatives de la chute.

C.6 DISCUSSION

Discussion sur le degré de réalisation des objectifs initiaux, les verrous restant à franchir, les ruptures, les élargissements possibles, les perspectives ouvertes par le projet, l'impact scientifique, industriel ou sociétal des résultats.

Les travaux de détection de posture et d'activité (WP1 et WP2) montrent des résultats très prometteurs. Pour les rendre fonctionnels, il reste à augmenter considérablement les bases d'apprentissage sur plusieurs personnes à la physiologie et aux habitudes de vie différentes. Les méthodes que nous avons mises en place sont différentes de celles qui sont proposées dans l'état de l'art. Les images thermiques de très faible résolution, et donc exploitant des dispositifs à bas coûts, nous ont permis d'obtenir de résultats prometteurs dans la détection des chutes et la quantification des activités.

En ce qui concerne la prévention, les travaux autour de la fragilisation ouvrent de nombreuses perspectives pour la détection du changement du comportement des personnes âgées afin de faciliter le maintien à domicile des seniors. Le contexte observationnel long terme qu'implique la détection de fragilisation nécessitera l'acquisition de bases de séquences réelles importantes et sur le long terme. Des tests préliminaires en appartement témoin ont pu être réalisés, mais n'ont pas porté sur un assez grand nombre de personnes ni sur une durée suffisante. La suite envisagée est donc de réaliser une expérimentation dans un premier temps en EHPAD puis dans un second temps au domicile de personnes.

C.7 CONCLUSIONS

Dans la continuité du projet GLADIS [1], ce projet de recherche appliqué avait plusieurs objectifs. D'une part, améliorer la détection de chute en ajoutant des fonctions de tracking ; d'autre part, de chercher à diminuer le coût de revient de la solution en explorant la piste des caméra thermiques bas coût ; également, d'utiliser ces informations pour proposer une dimension de prévention par la détection de fragilité et enfin, de travailler sur l'usage en co-construisant les modes d'utilisation.

Après avoir exploré de nombreuses pistes (filtre particulière, super résolution ...) le passage à des solutions par apprentissage a montré que cette voie a un potentiel nettement plus important pour analyser des scènes complexes liées au vivant. L'inconvénient de ces méthodes est qu'elles nécessitent des DataSet importants et diversifiés très peu disponibles pour la dimension thermique. Un travail de constitution de ces bases a été commencé mais s'est avéré être très insuffisant pour obtenir un détecteur robuste.

La continuité du développement de ces solutions passe donc par la constitution de bases d'images représentatives.

Avec ces compléments, les perspectives que montrent les travaux réalisés, permettent d'envisager de réels outils de prévention de la fragilisation (détection de chute, mesure d'activité) et ainsi faciliter, améliorer ou maintenir l'autonomie des seniors à domicile.

C.8 REFERENCES

- [1] G. Cormier, "Analyse statique et dynamique de cartes de profondeurs : application au suivi des personnes à risque sur leur lieu de vie", Thèse de doctorat dirigée par Carrault, Guy et Laferté, Jean-Marc, Traitement du signal et télécommunications, Université de Rennes 1, 2015, <http://www.theses.fr/2015REN1S146>.
- [2] V. Rie Bergua and J. Bouisson, "Vieillesse et routinisation : une revue de la question Aging and routinization: a review," *Psychol NeuroPsychiatr Vieil*, vol. 6, no. 4, pp. 235–278, 2008, doi: 10.1684/pnv.2008.0144.
- [3] J. W. Reich and A. J. Zautra, "Analyzing the trait of routinization in older adults," *Int. J. Aging Hum. Dev.*, vol. 32, no. 3, pp. 161–80, 1991, doi: 10.2190/4PKR-F87M-UXEQ-R5J2.
- [4] E. F. Binder *et al.*, "Effects of exercise training on frailty in community-dwelling older adults: Results of a randomized, controlled trial," *J. Am. Geriatr. Soc.*, vol. 50, no. 12, pp. 1921–1928, Dec. 2002, doi: 10.1046/j.1532-5415.2002.50601.x.
- [5] H. K. Kim *et al.*, "Effects of exercise and amino acid supplementation on body composition and physical function in community-dwelling elderly Japanese sarcopenic women: a randomized controlled trial," *J. Am. Geriatr. Soc.*, vol. 60, no. 1, pp. 16–23, Jan. 2012, doi: 10.1111/j.1532-5415.2011.03776.x.
- [6] A. J. Cruz-Jentoft *et al.*, "Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: A systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS)," *Age Ageing*, vol. 43, no. 6, pp. 48–759, Nov. 2014, doi: 10.1093/ageing/afu115.
- [7] K. Rockwood, K. Stadnyk, C. MacKnight, I. McDowell, R. Hébert, and D. B. Hogan, "A brief clinical instrument to classify frailty in elderly people," *Lancet*, vol. 353, no. 9148, pp. 205–206, Jan. 1999, doi: 10.1016/S0140-6736(98)04402-X.
- [8] A. Piau, "Méthodes d'évaluation multidimensionnelle et de travail collaboratif pour le développement des technologies de prévention de la dépendance des sujets âgés," Mar. 2016, Accessed: May 19, 2019. [Online]. Available: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01314968>.

- [9] L. P. Fried *et al.*, "Frailty in Older Adults: Evidence for a Phenotype," *Journals Gerontol. Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.*, vol. 56, no. 3, pp. M146–M157, Mar. 2001, doi: 10.1093/gerona/56.3.M146.
- [10] S. Studenski *et al.*, "Clinical global impression of change in physical frailty: Development of a measure based on clinical judgment," *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 52, no. 9, pp. 1560–1566, Sep. 2004, doi: 10.1111/j.1532-5415.2004.52423.x.
- [11] K. Rockwood and A. Mitnitski, "Frailty in relation to the accumulation of deficits," *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 62, pp. 722–7, Jul 2007.

D LISTE DES LIVRABLES

Quand le projet en comporte, reproduire ici le tableau des livrables fourni au début du projet. Mentionner l'ensemble des livrables, y compris les éventuels livrables abandonnés, et ceux non prévus dans la liste initiale.

Date de livraison	N°	Titre	Nature (rapport, logiciel, prototype, données, ...)	Partenaires (souligner le responsable)	Commentaires
Fin 2019	1	WP1 : tracking	Logiciel	ECAM	Logiciel qui permet la localisation et le suivi de la tête. Pas assez robuste aux occultations importantes
Début 2021	2	WP1	Logiciel classifieur de postures	ECAM	Reconnaissance de postures
08/2018	3	WP2 V1 : Calibration 3D pour caméras thermiques stéréo	Grille de calibration et logiciel	LTSI/Neotec	Grille 1mx1m nécessitant d'être alimentée en 200V
01/2019	4	WP2 V2 : Super Résolution	logiciel	LTSI	Augmentation résolution d'une Image
06/2019	5	WP2 V2 : Reconstruction 3D	logiciel	LTSI	Reconstruction 3D d'une personne à partir d'une paire d'images thermiques basse résolution. Pas assez précis pour la localisation de la personne.
02/2020	6	WP2 V2 : Position personnes / sol	logiciel	LTSI	Permet la Détection de chute. Résultats prometteurs
11/2020	7	WP2 V2 : RecoAct	logiciel	LTSI	Reconnaissance d'activités
-	8	WP3 V1 : Simu-Frag	logiciel	LTSI	Simule le changement de comportement d'une personne
-	9	WP3 V2 : posture / activité	logiciel	LTSI	Quantifie l'activité de la personne en fonction de ses postures. Donne des statistiques de comportement de personnes robustes et fragile sur une semaine
-	10	WP3 V3 : rupture scénario	logiciel	LTSI	Detecte le changement de comportement
-	11	WP4 : Produit 1 V1 (WP1)	proto	NTV	
-	12	WP4 : Produit 1 V2 (WP2)	proto	NTV	
-	13	WP4 : Produit 2 (WP3)	proto	NTV	
-	14	WP5 : Définition protocole	Spécif	UTT	
-	15	WP5 : Test Produit1 V1	Rapport	UTT	
Fin 2020	16	Enregistrement des scenarii	Base de Données	Tous	1 base de données de d'activités et chutes Images thermiques et profondeurs 1 base de données d'activités et de chutes Images thermiques stéréos

Commenté [VG2]: Mettre date approximative pour les briques qui ont abouties

E IMPACT DU PROJET

Ce rapport rassemble des éléments nécessaires au bilan du projet et plus globalement permettant d'apprécier l'impact du programme à différents niveaux.

E.1 INDICATEURS D'IMPACT

Nombre de publications et de communications (à détailler en E.2)

Comptabiliser séparément les actions monopartenaires, impliquant un seul partenaire, et les actions multipartenaires résultant d'un travail en commun.

Attention : éviter une inflation artificielle des publications, mentionner uniquement celles qui résultent directement du projet (postérieures à son démarrage, et qui citent le soutien de l'ANR et la référence du projet).

		Publications multipartenaires	Publications monopartenaires
International	Revue à comité de lecture	2	
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage		
	Communications (conférence)	8	1
France	Revue à comité de lecture		
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage		
	Communications (conférence)	5	
Actions de diffusion	Articles vulgarisation		
	Conférences vulgarisation		
	Autres		

Autres valorisations scientifiques (à détailler en 0)

Ce tableau dénombre et liste les brevets nationaux et internationaux, licences, et autres éléments de propriété intellectuelle consécutifs au projet, du savoir faire, des retombées diverses en précisant les partenariats éventuels. Voir en particulier celles annoncées dans l'annexe technique).

	Nombre, années et commentaires (valorisations avérées ou probables)
Brevets internationaux obtenus	0
Brevet internationaux en cours d'obtention	0
Brevets nationaux obtenus	0
Brevet nationaux en cours d'obtention	0
Licences d'exploitation (obtention / cession)	0
Créations d'entreprises ou essaimage	0
Nouveaux projets collaboratifs	0
Colloques scientifiques	1
Autres (préciser)	2 logiciels en cours de dépôt

E.2 LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

Répertorier les publications résultant des travaux effectués dans le cadre du projet. On suivra les catégories du premier tableau de la section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** en suivant les normes éditoriales habituelles. En ce qui concerne les conférences, on spécifiera les conférences invitées.

E.2.1 PUBLICATIONS DANS DES REVUES INTERNATIONALES A COMITE DE LECTURE

1. Zoetgnandé Y., Cormier G., Fougères A.-J., Dillenseger J.-L., "Sub-pixel matching method for low resolution thermal stereo images", *Infrared Physics and Technology*, 105, 2020, pp. 103161, doi: 10.1016/j.infrared.2019.103161, (hal-02432382).
2. Halima I., Laferté J.-M., Cormier G., Fougères A.-J., Dillenseger J.-L., "Depth and thermal information fusion for head tracking using particle filter in a fall detection context", *Integrated Computer-Aided Engineering*, 27, 2, 2020, pp. 195-208, doi: 10.3233/ICA-190615, (hal-02443985)

E.2.2 COLLOQUES AVEC ACTES ET COMITES DE LECTURE

3. Zoetgnandé Y., Fougères A.-J., Cormier G., Dillenseger J.-L., "Robust low resolution thermal stereo camera calibration", 11th International Conference on Machine Vision (ICMV 2018), proc. SPIE 11041, Munich, 2018, pp. 11041-1D, doi: 10.1117/12.2523440, (hal-01919897).
4. Halima I., Laferté J.-M., Dillenseger J.-L., Cormier G., Fougères A.-J., "Sensors fusion for head tracking using Particle filter in a context of falls detection", 1st International Conference on Advances in Signal Processing and Artificial Intelligence (ASPAI' 2019), Barcelona, 2019, pp. 134-139. (hal-02096336).
5. Zoetgnandé Y., Dillenseger J.-L., Alirezaie J., "Edge focused super-resolution of thermal images", International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), Budapest, 2019, paper 19505, doi: 10.1109/IJCNN.2019.8852320, (hal-02270646).
6. S. Msaad, G. Cormier and G. Carrault, "Detecting falls and estimation of daily habits with depth images using machine learning algorithms," 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC), Montreal, 2020, pp. 2163-2166, doi: 10.1109/EMBC44109.2020.9175601, (hal-02960137).
7. S. Msaad, Y. Zoetgnande, J. Prud'homme, G. Cormier and G. Carrault, "Frailty detection of older adults by monitoring their daily routine," 2020 IEEE 20th International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), Cincinnati, 2020, pp. 701-704, doi: 10.1109/BIBE50027.2020.00118, (hal-03129844).
8. Lan Hing Ting K., Voilmy D., Dessinger G., Gauthier V., Dillenseger J.-L., Carrault G., Laferté J.-M., Fougères A.-J., "Co-designing a falls detection device: combining concerns for human motion and elders needs", Workshop Visual user interfaces for human motion, ACM AVI 2020, Island of Ischia, 2020, (hal-03082662).

E.2.3 COLLOQUES AVEC ACTES SOUS FORMES DE RESUMES AVEC COMITES DE LECTURE

9. Lan Hing Ting, K., Voilmy, D., Derras, M., "Achieving Appropriate Design of Assistive Technologies in Care Contexts", Workshop Sociotechnical Systems of Care, CSCW 2018 - The 21st ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work and Social Computing, New York City's Hudson River, (Jersey City), 2018 (hal-02896612)
10. Zoetgnandé Y., Alirezaie J., Dillenseger J.-L., "Super-résolution d'images infra-rouge basse résolution pour la détection de chutes", RITS 2019, Tours, 2019.
11. Soumaya Msaad, Geoffroy Cormier, Guy Carrault "Detection of frailty of an elderly person by monitoring activities of daily living " 10^{ème} conférence ICFSR, Toulouse, 2020.

12. Soumaya Msaad, Geoffroy Cormier, Guy Carrault “Detection de la fragilisation d’une personne âgée par monitoring des habitudes de la vie”, 8ème Congrès Francophone Fragilité du Sujet Agé, Toulouse, 2020.
13. Msaad S., Cormier G., Zoetgnande Y., Prud'homm J., Carrault G., “Détection de la fragilité chez les personnes âgées par suivi des activités de routine de la vie”, 40e Journées Annuelles de la Société Française de Gériatrie et Gérontologie, 2020.
14. Dillenseger J-L., Carrault G., Laferté J-M., Lan Hing Ting K., Gauthier V., “Older adults empowerment and well-being: Fall detection and activity monitoring”, Lifelong Health and Wellbeing, Workshop EDUC, Pécs, 2021
15. Lan Hing Ting K., Voilmy D., Dessinger G., Gauthier V., Dillenseger J-L., Carrault G., Laferté J-M., Fougères A-J., “Causes et conséquences de la chute : les comprendre pour informer la conception d’un dispositif de prévention”, Colloque francophone sur la chute de la personne âgée, Valenciennes, 2020 (reporté au 25 mai 2021)

E.2.4 THESE

16. Zoetgnandé Y., “Fall detection and activity recognition using stereo low-resolution thermal imaging. Signal and Image processing”, Université de Rennes 1, 16-12-2020, (tel-03118117).
17. Halima I., “Suivi de l'activité d'une personne à partir de capteurs multi-modalité préservant l'anonymat dans un cadre de détection et prévention des chutes chez les personnes âgées”, Université de Rennes 1, 03-03-2021.

E.3 LISTE DES ELEMENTS DE VALORISATION

*La liste des éléments de valorisation inventorie les retombées (autres que les publications) décomptées dans le deuxième tableau de la section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** On détaillera notamment :*

- brevets nationaux et internationaux, licences, et autres éléments de propriété intellectuelle consécutifs au projet.
- logiciels et tout autre prototype
- actions de normalisation
- lancement de produit ou service, nouveau projet, contrat,...
- le développement d'un nouveau partenariat,
- la création d'une plate-forme à la disposition d'une communauté
- création d'entreprise, essaimage, levées de fonds
- autres (ouverture internationale,...)

Elle en précise les partenariats éventuels. Dans le cas où des livrables ont été spécifiés dans l'annexe technique, on présentera ici un bilan de leur fourniture.

E.3.1 COLLOQUE SCIENTIFIQUE

Un workshop a été co-organisé par Karine Lan Hing Ting de l'UTT dans le cadre d'une conférence internationale (ACM AVI 2020 International Conference on Advanced Visual Interfaces (Île d'Ischia, Italie, 28 septembre 2020)). Le workshop avait pour thème « HCI challenges in Human Movement Analysis » (<https://hcihumanmovement.wordpress.com/>), autour de la question de recherche suivante : Les interfaces visuelles sont importantes dans le mouvement humain pour le capturer, le visualiser et faciliter les systèmes interactifs basés sur le mouvement. Dans de multiples applications, comment améliorer l'engagement de l'utilisateur final ?

Le consortium PRuDENCE a participé à la journée de workshop et y a présenté le papier intitulé "Co-designing a falls detection device: combining concerns for human motion and elders needs". Cette communication devrait donner lieu à l'édition d'un ouvrage, comprenant des articles longs des papiers de workshop.

E.3.2 LOGICIELS

Pour le WP2, deux dossiers de demande de dépôts de logiciels à l'APP sont actuellement en écriture :

- L'algorithme de super résolution par apprentissage profond. Cette algorithme permet de multiplier par 4/5 la résolution tout en préservant au maximum les détails. Pour cela, l'algorithme utilise un réseau de neurones convolutif. Notre méthode est originale par deux aspects : a) nous forçons le réseau à traiter plus particulièrement les contours fins, et b) l'apprentissage a été fait à partir d'un modèle de dégradation dont les paramètres sont aléatoires, ceci rend l'algorithme beaucoup plus robuste au type des images d'entrée.
- L'algorithme de détection de chutes à partir d'une paire stéréo d'images thermiques basse-résolution par classification de points. Dans un premier temps, un classifieur (SVM ou réseau de neurones) est entraîné à discriminer un point au sol et un point non au sol (la manipulation liée à l'apprentissage prend environ 20'). Pour une scène donnée contenant une personne, l'algorithme extrait et apparie des points caractéristiques de la silhouette de la personne. Le classifieur estime alors si ces points sont au sol ou non. Une chute est détectée en fonction de nombre de points de la silhouette au sol. L'originalité de la méthode est qu'elle ne nécessite pas de calibration de nos caméras et qu'elle permet de discriminer des personnes allongées sur un lit ou canapé, des personnes au sol.

E.4 BILAN ET SUIVI DES PERSONNELS RECRUTES EN CDD (HORS STAGIAIRES)

Ce tableau dresse le bilan du projet en termes de recrutement de personnels non permanents sur CDD ou assimilé. Renseigner une ligne par personne embauchée sur le projet quand l'embauche a été financée partiellement ou en totalité par l'aide de l'ANR et quand la contribution au projet a été d'une durée au moins égale à 3 mois, tous contrats confondus, l'aide de l'ANR pouvant ne représenter qu'une partie de la rémunération de la personne sur la durée de sa participation au projet.

Les stagiaires bénéficiant d'une convention de stage avec un établissement d'enseignement ne doivent pas être mentionnés.

Les données recueillies pourront faire l'objet d'une demande de mise à jour par l'ANR jusqu'à 5 ans après la fin du projet.

Identification				Avant le recrutement sur le projet			Recrutement sur le projet				Après le projet				
Nom et prénom	Sexe H/F	Adresse email (1)	Date des dernières nouvelles	Dernier diplôme obtenu au moment du recrutement	Lieu d'études (France, UE, hors UE)	Expérience prof. Antérieure, y compris post-docs (ans)	Partenaire ayant embauché la personne	Poste dans le projet (2)	Durée missions (mois) (3)	Date de fin de mission sur le projet	Devenir professionnel (4)	Type d'employeur (5)	Type d'emploi (6)	Lien au projet ANR (7)	Valorisation expérience (8)
HALIMA Imen	F	Imen.Halima@ecam-rennes.fr		Master SIC	France, Tunisie	1.5	ECAM Rennes	Doctorante	41	28/02/2021					
MATHURIN Antoine	H	Antoine.mathurin@ecam-rennes.fr		Ingénieur Ecam Rennes	France	0	ECAM Rennes	Ingénieur de recherche	6 mois	31/03/2020	CDI	PME/TPE	Ingénierie R&D	Aucun	Emploi R&D
Zoetgnand Yannick	M	Yannick.Zoetgnand@etudiants.univ-rennes1.fr		Master Paris Sud	France	1.5	Université Rennes1	Doctorant	38	31/12/2021	Post-doc France	Enseignement et recherche publique	Chercheur	Oui	Valorisation des connaissances acquises en apprentissage profond
MSAAD Soumaya	F	soumaya.msaad@hotmail.fr		Master 2 ingénierie statistiques	Orsay , France (université Paris 11)	10 ans	Université Rennes1	doctorante	3 ans	01/10/2021					
LANHINGTON Karine	F	karine.lan@utt.fr		Doctorat	France, Ile Maurice	10	UTT	Chercheur	12	31/07/2019	Chercheur	Enseignement et recherche publique	Chercheur	oui	oui
DAURIAC Boris	M	dauriacboris@gmail.com	Octobre 2018	Doctorat	France	0	UTT	Postdoc	8	Oct 2018	Ingénieur R&D	PME/TPE	Ingénieur R&D	non	non

Aide pour le remplissage

- (1) **Adresse email** : indiquer une adresse email la plus pérenne possible
- (2) **Poste dans le projet** : post-doc, doctorant, ingénieur ou niveau ingénieur, technicien, vacataire, autre (préciser)
- (3) **Durée missions** : indiquer en mois la durée totale des missions (y compris celles non financées par l'ANR) effectuées sur le projet
- (4) **Devenir professionnel** : CDI, CDD, chef d'entreprise, encore sur le projet, post-doc France, post-doc étranger, étudiant, recherche d'emploi, sans nouvelles
- (5) **Type d'employeur** : enseignement et recherche publique, EPIC de recherche, grande entreprise, PME/TPE, création d'entreprise, autre public, autre privé, libéral, autre (préciser)
- (6) **Type d'emploi** : ingénieur, chercheur, enseignant-chercheur, cadre, technicien, autre (préciser)
- (7) **Lien au projet ANR** : préciser si l'employeur est ou non un partenaire du projet
- (8) **Valorisation expérience** : préciser si le poste occupé valorise l'expérience acquise pendant le projet.

Les informations personnelles recueillies feront l'objet d'un traitement de données informatisées pour les seuls besoins de l'étude anonymisée sur le devenir professionnel des personnes recrutées sur les projets ANR. Elles ne feront l'objet d'aucune cession et seront conservées par l'ANR pendant une durée maximale de 5 ans après la fin du projet concerné. Conformément à la loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 modifiée, relative à l'Informatique, aux Fichiers et aux Libertés, les personnes concernées disposent d'un droit d'accès, de rectification et de suppression des données personnelles les concernant. Les personnes concernées seront informées directement de ce droit lorsque leurs coordonnées sont renseignées. Elles peuvent exercer ce droit en s'adressant l'ANR (<http://www.agence-nationale-recherche.fr/Contact>).