

Projet ANR-16-CE19-0016

Actiphyz

Suivi des activités motrices pour l'amélioration de l'autonomie des personnes souffrants de troubles cognitifs post-AVC

Programme ANR-16-CE19-0016

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	6
C.2	Enjeux et problématique, état de l'art	6
C.3	Approche scientifique et technique	7
C.4	Résultats obtenus	8
C.5	Exploitation des résultats	15
C.6	Discussion	15
C.7	Conclusions	16
C.8	Références	17
D	LISTE DES LIVRABLES	17
E	IMPACT DU PROJET	18
E.1	Indicateurs d'impact	18
E.2	Liste des publications et communications	19
E.3	Liste des éléments de valorisation	19
E.4	Bilan et suivi des personnels recrutés en CDD (hors stagiaires)	21

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	Actiphyz
Titre du projet	Suivi des activités motrices pour l'amélioration de l'autonomie des personnes souffrants de troubles cognitifs post-AVC
Coordinateur du projet (société/organisme)	Mehdi Boukallel – Commissariat à l'Energie Atomique et Energies Alternatives
Période du projet (date de début – date de fin)	01/10/2016- 30/11/2020
Site web du projet, le cas échéant	https://anr.fr/Projet-ANR-16-CE19-0016 , http://actiphyz.bluelinea.com/

Rédacteur de ce rapport	
Civilité, prénom, nom	M. Mehdi Boukallel
Téléphone	01 69 08 02 16
Adresse électronique	Mehdi.boukallel@cea.fr
Date de rédaction	

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)	Institut/partenaires cliniques : CEA List – Mehdi Boukallel Univ. Gustave Eiffel (anciennement IFSTTAR) – Aurélie Dommes Fondation Hopale – Stéphane Bouilland PMEs : Bluelinea – David Guyard Arteris IP (anciennement Magillem Design Services) – Emmanuel Vaumorin
---	---

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.

Amélioration de l'autonomie fonctionnelle des patients AVC par l'apport de technologies numériques

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)

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

Titre 1 : Suivi des activités motrices et cognitives des patients post-AVC

L'Accident Vasculaire Cérébral (AVC) est une des causes majeures de décès et d'invalidité en Europe, avec un coût total estimé à 65 milliards € par an. Même si des mesures préventives sont mises en place par les systèmes de santé nationaux pour réduire l'incidence des AVC, le nombre de personnes ayant subi un AVC est susceptible d'augmenter de 1,1 million par an en 2000 à plus de 1,5 million par an en 2025 à cause du vieillissement de la population en Europe. Lorsqu'ils ne sont pas mortels, les AVC provoquent des lésions entraînant des handicaps moteurs. Ainsi, on estime que, à une échelle mondiale, 24% à 74% des 50 millions de patients ayant subi un AVC seraient plus ou moins dépendants d'aides techniques ou de leur entourage pour des activités de la vie quotidienne telles que la marche, la toilette, l'habillage, la préparation des repas. Ainsi, l'AVC est une maladie chronique pouvant avoir une influence très négative sur l'indépendance dans la vie quotidienne.

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

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).

Titre 2 : Vers une évaluation plus personnalisée de l'indépendance fonctionnelle des patients post-AVC

L'évaluation de l'indépendance fonctionnelle des patients AVC se fait habituellement par des échelles telles que l'indice de Barthel (BI). Cependant, comme ces échelles reposent sur des modèles basés sur des données moyennes, elles présentent peu d'intérêt pour un individu ayant besoin d'une évaluation personnalisée de son niveau d'indépendance. Ce type d'évaluation par échelle comporte, en effet, des limites importantes rendant son pouvoir de diagnostic assez faible pour différencier finement des difficultés dans la vie quotidienne. En outre, ces échelles sont basées sur données subjectives fournies par les patients eux-mêmes ou leurs aidants. Il serait pertinent de fonder l'évaluation du niveau d'indépendance des patients AVC sur des données objectives décrivant les activités quotidiennes au travers de nouvelles approches orientées capteurs. Actiphyz apportera une évaluation plus précise des difficultés de la vie quotidienne, à partir de données issues directement de l'activité physique et cognitive des patients AVC, de données physiologiques et de bilans moteurs.

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 Actiphyz a permis en premier lieu d'identifier les limitations des outils actuels destinés à l'évaluation de l'indépendance fonctionnelle des patients post-AVC. En second lieu,

il a permis le développement de nouveaux moyens de mesure (wearables) afin d'évaluer l'activité motrice du membre inférieur en conditions écologiques. Parallèlement à ces développements, nous avons complété l'offre technologique par une plateforme de support à la réduction intégrant des jeux sérieux destinés à évaluer la composante motrice des patients ciblant à la fois le membre supérieur et inférieur. Enfin, une large campagne de recueil de données a été réalisée à l'aide des outils développés afin de vérifier si fonder les évaluations conventionnelles (ex. BI) sur des données capteurs, issues directement de l'activité physique de l'individu au cours de l'exécution d'une tâche, serait pertinent.

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

Les résultats du projet ont été diffusés dans différents canaux de valorisation couvrant un large panel d'activités incluant brevet, publications avec actes (à l'échelle nationale et internationale), conférences et salons industriels. Le tableau en section E.1 illustre plus en détail les activités de valorisation menées dans le cadre du projet.

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.

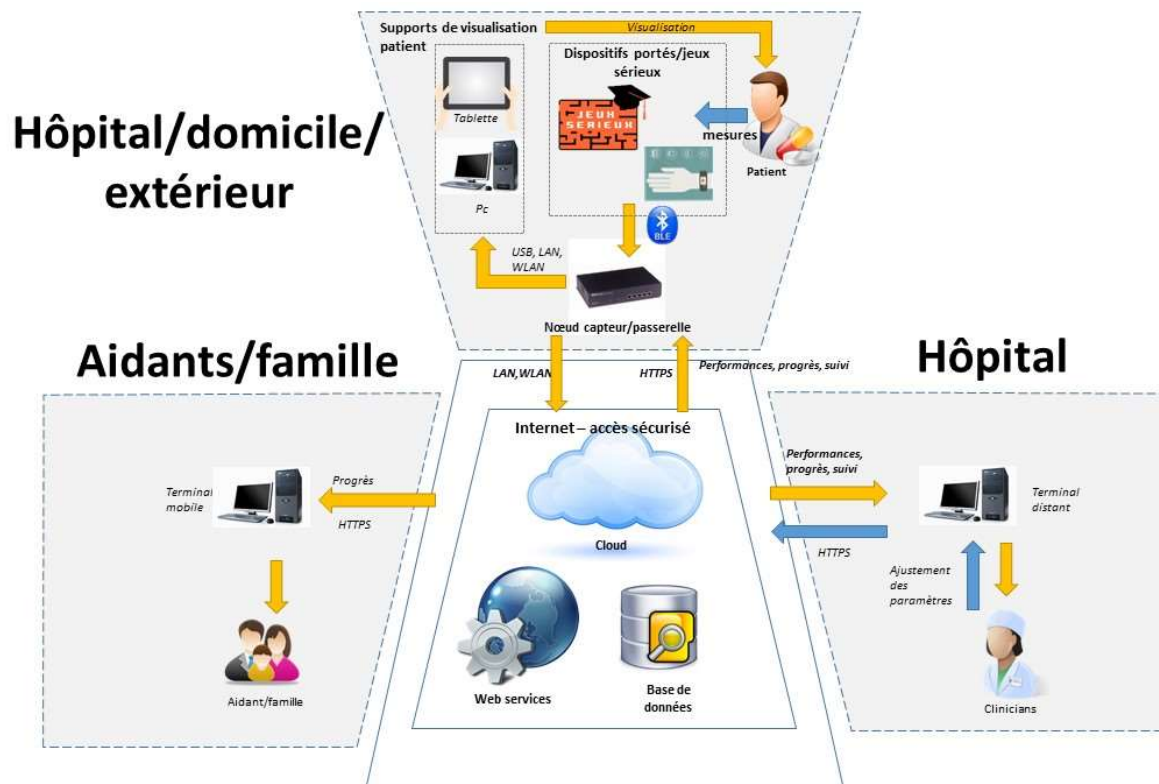


Figure 1. Illustration décrivant les concepts technologiques mis en œuvre dans le cadre du projet Actiphyz.

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 € »

Le projet Actiphyz est un projet de recherche industrielle coordonné par le CEA List. Le Consortium est constitué de 5 partenaires impliquant 2 établissements de recherche (CEA et Université Gustave Eiffel), 2 PME (Arteris IP et Bluelinea) et un partenaire clinique (Fondation Hopale). Le projet a débuté en septembre 2016 et a duré 48 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 593 297 € et co- financé par la CNSA (Caisse Nationale de Solidarité pour l'Autonomie).

B.2 RESUME CONSOLIDE PUBLIC EN FRANÇAIS

Suivre impérativement les instructions ci-dessus.

B.3 RESUME CONSOLIDE PUBLIC EN ANGLAIS

Actiphyz aims at providing patients, carers, and clinicians with objective and timely data on stroke survivor's daily physical activities during rehabilitation or once the patient is discharged. This information will facilitate patients, carers' and clinicians' understanding of the level of physical independence achieved by the individual and will support tailoring the monitoring and eventually, rehabilitation programs to every person's needs. This main goal has the following sub-goals:

- Objectively and in a naturalistic setting, measure stroke survivors' physical daily activities thanks to wearables (e.g., walking, sitting/standing, moving one's arms, hands, legs and feet);
- Provide motivating serious games to empower stroke survivors to become active actors in the maintain of their motor recovery;
- Analyse and classify these activities in order to assess and sustain the progress, achieved during the rehabilitation period, and to propose richer measures of functional independence than the existing ones;
- Inform all the stakeholders about these activities, their progress/decline, and their relation to an individual level of independence;

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

Au vu de l'intérêt suscité et les résultats tangibles de l'apport des technologies développées dans le cadre du projet, les partenaires du projet se sont rapprochés pour échanger sur les perspectives possibles pour ces travaux. Nous souhaiterions disposer d'une période de temps pour faire converger les discussions avant de rendre public ce rapport.

C.1 RESUME DU MEMOIRE

Ce résumé peut être repris du résumé consolidé public.

Le projet Actiphyz vise à mesurer, au travers d'approches de mesures hétérogènes, les activités à composante motrice des patients AVC afin d'enrichir les indices d'indépendance fonctionnelle tel que l'indice de BI. Ces échelles centrées sur des activités comme l'habillement, les soins personnels, le transfert du lit au fauteuil et les déplacements sont utiles mais comportent des limites importantes liées au caractère indirect et subjectif des mesures. Ces échelles reposent, en effet, sur des modèles basés sur des données moyennes et présentent un intérêt limité pour un individu ayant besoin d'une évaluation personnalisée de son niveau d'indépendance. Ce type d'évaluation par échelle rend son pouvoir de diagnostic assez faible pour différencier finement des difficultés dans la vie quotidienne. Il serait pertinent de fonder l'évaluation du niveau d'indépendance des patients AVC sur des données objectives décrivant les activités quotidiennes au travers d'approches orientées capteurs. Le projet apportera à terme une évaluation plus précise des difficultés de la vie quotidienne, à partir de données issues directement de l'activité physique des patients AVC, de données physiologiques et de bilans neuropsychologiques.

Le projet s'adresse en priorité à des patients en phase subaiguë d'AVC (entre le 14ème jour et le 6ème mois après la survenue de l'évènement). La phase subaiguë est cruciale, car une récupération rapide peut être espérée si le patient est correctement pris en charge et stimulé. En France, ces patients, s'ils ont des difficultés persistantes, restent aux centres de rééducation. Dans ces structures, on cherche à restaurer la qualité du mouvement et se rapprocher au mieux de la cinématique du sujet sain. Par conséquent, la quantification des mouvements est importante. Nous n'excluons pas d'évaluer dans le cadre du projet le potentiel des développements technologiques sur des patients chroniques afin d'en mesurer la pertinence et son étendue.

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).

L'évaluation de l'indépendance fonctionnelle de personnes atteintes d'AVC dans le cadre de la réalisation d'activités quotidiennes se fait généralement au moyen d'échelles telles que l'indice de BI et la mesure de l'indépendance fonctionnelle (Cohen & Marino, 2000 ; Mahoney & Bartel, 1965 ; Van der Putten et al., 1999). Ils se concentrent sur l'évaluation des activités telles que l'alimentation, l'habillement, l'hygiène, les transferts du lit au fauteuil et inversement ainsi qu'à la mobilité. Cependant, comme ces échelles reposent sur des observations, elles peuvent ne pas refléter, pour un patient, son état physique actuel. L'évaluation nécessite la prise en compte de son niveau d'indépendance en fonction de son environnement et de ses habitudes de vie (Morone, Paolucci, & Iosa, 2015). Il serait ainsi judicieux pour les soignants et

les cliniciens de baser l'évaluation sur des données objectives sur les activités quotidiennes fournies par des mesures issues de capteurs.

Ces capteurs peuvent fournir des informations sur l'activité physique au sens large ou de l'activité motrice resserrée autour du membre supérieur et inférieur. Actuellement, il existe deux familles de produits utilisés pour mesurer l'activité physique des personnes avec des difficultés motrices : 1) les dispositifs orientés pour la recherche et 2) les dispositifs de fitness. Une revue récente [Lowe et al., 2014] a répertorié les études de validation menées sur un grand nombre de capteurs d'activité physique pour la recherche. La plupart des études de validation portent sur l'estimation des dépenses énergétiques obtenues pendant l'activité physique, comme indiqué par Van Remoortel [Van Remoortel et al., 2012]. Cette étude souligne également que des capteurs spécifiques conçus pour suivre l'activité physique pour des patients AVC sont très peu représentés dans la littérature. Ainsi, peu d'attention est portée sur le suivi de l'activité physique du bras ou de la jambe parétique. Quant aux dispositifs de fitness (généralement des capteurs portés sur le corps), ils ont vocation à mesurer la perte de poids ou le gain de masse musculaire. En outre, les algorithmes utilisés pour analyser les données des capteurs sont calqués sur les performances de personnes en bonne santé. Par conséquent, les métriques d'activité ne sont pas assez précises pour identifier, par exemple, l'activité physique de personnes souffrant de troubles neurologiques ou des personnes âgées qui marchent à des cadences plus lentes.

C.3 APPROCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Approche de mesure avec capteurs portés pour les patients AVC : dans le cadre du projet Actiphyz, un ensemble de dispositifs autonomes équipant le patient ont été conçus à des fins d'évaluation de l'activité motrice du membre inférieur et de l'analyse quantifiée de la marche. Afin d'atteindre la maturité technologique visée à la fin du projet, nous proposons de nous appuyer sur des capteurs disponibles dans le commerce afin de concevoir des dispositifs portables fiables, abordables et pertinents pour la problématique de suivi de l'activité physique des patients. L'hybridation des capteurs sera envisagée. Ainsi, des capteurs de mouvement basés sur la combinaison de plusieurs unités de calcul telles que l'inertielle, GPS et magnétomètres permettront de fournir des informations sur les activités du patient (marche régulière, position assise/debout, marche déséquilibrée, période d'inactivité, activités des membres inférieurs). Le suivi aura pour visée des environnements en intérieur et extérieur, après une définition minutieuse de cas d'usage réalistes.

Système BES (Behaviour Engine System) dédié à la collecte des données hétérogènes, traitement et stockage distant : les informations collectées par les capteurs seront analysées par un système d'inférences dit BES. Le corpus de données sera constitué d'informations issues d'activités de bilans moteurs (test des 6 minutes, Berg, get up and go ...) ainsi que d'activités libres. Le BES s'appuiera également sur les informations régulièrement mises à jour par les professionnels de santé (ex. mesures physiologiques, l'état de récupération, les capacités cognitives évaluées à l'aide de tests neurologiques classiques). Le BES sera en charge de formater et stocker les données dans une base de données sécurisée. Les informations seront mises à jour dynamiquement, lorsque cela sera nécessaire et pertinent. Les informations analysées seront présentées différemment aux patients AVC et aux professionnels de santé. Pour le patient, il s'agira de fournir des recommandations pour soutenir la qualité et la quantité des activités physiques quotidiennes. Quant aux professionnels de santé, des analyses

plus poussées en lien avec les expertises métier seront présentées (% de déséquilibre, report de charge, intensité des efforts, mouvements articulaires, temps d'exécution des tâches ...)

Plateforme de jeux sérieux pour soutenir les programmes de rééducation fonctionnelle pour le membre supérieur et inférieur : des jeux sérieux seront développés et intégrés à une plateforme de rééducation permettant de pratiquer diverses activités motrices. Il sera proposé une approche dynamique d'équilibrage de la difficulté du jeu en fonction des progrès/de la capacité des patients.

Evaluation objective des indices d'indépendances à partir du processus de collecte de données : L'objectif ici est d'évaluer la pertinence des mesures recueillies par les objets portés développés dans le projet en comparaison avec les évaluations classiquement faites par les professionnels de santé pour apprécier l'indépendance fonctionnelle d'un individu. Il s'agira de considérer les échelles (ex. Mesure d'Indépendance Personnelle - MIF), de bilans standardisés de marche (ex. test des 6 minutes) ou de questionnaires mesurant la qualité de vie, équilibre ou mobilité.

C.4 RESULTATS OBTENUS

Positionner les résultats par rapports aux livrables du projet et aux publications, brevets etc. Revisiter l'état de l'art et les enjeux à la fin du projet.

- **Besoins des utilisateurs finaux formalisés et documentés :** des entretiens semi-structurés ont été conduits par le partenaire CEA à la fondation Hopale sur une période qui s'étale d'Octobre 2016 à Avril 2017. Nous avons interrogé 33 patients, 8 professionnels de santé (médecins, ergothérapeutes, un kinésithérapeute, un neurologue et infirmiers) et 9 aidants. De la retranscription des entretiens, nous avons formalisé divers besoins et recommandations qui nous ont permis de mieux spécifier les cas d'usages et les technologies à développer. Au fur et à mesure que les développements technologiques étaient disponibles, nous avons conduit des focus group avec les professionnels de santé où les prototypes technologiques à différents stades de développement ont été présentés afin de s'assurer de l'alignement des besoins initiaux et d'intégrer, si nécessaire, les nouvelles recommandations. Les activités réalisées dans le cadre de ce volet d'analyse des besoins des utilisateurs ont donné lieu à la production d'un livrable « Analyse des besoins utilisateurs », Mai 2017.

- **Dispositifs de mesure qualitative et quantitative de l'activité du membre inférieur et analyse quantifiée de la marche pour les patients AVC :** un ensemble de dispositifs autonomes équipant le patient ont été développés pour évaluer l'activité motrice du membre inférieur et l'analyse quantifiée de la marche. Ces dispositifs, développés par le CEA, se matérialisent sous la forme d'une semelle ergonomique dotée de capteurs de pression (en nombre de 10) répartis sur toute la surface de la semelle, d'un boîtier équipé d'une centrale inertielle 9 axes et d'un ordinateur dernière génération qui permet de synchroniser les signaux et analyse en amont les données collectées. La figure ci-dessous présente les dispositifs développés et la manière dont les différents modules se connectent entre eux.

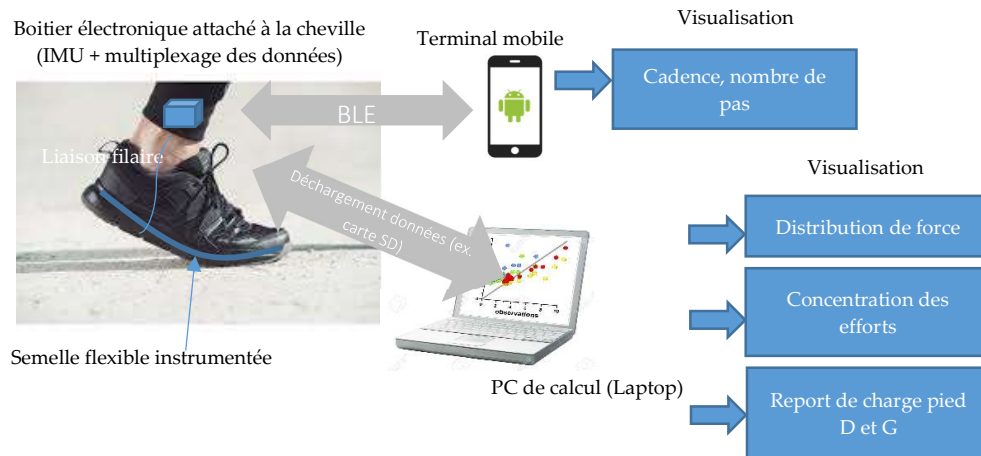


Figure 2. Dispositifs portés développés dans le cadre du projet Actiphyz et lien entre les différents modules.

L'approche de mesure intégrée dans la semelle instrumentée développée s'appuie avant tout sur des technologies, matures et à faible coût, de mesure de pression/force sur substrat souple. Cette solution de mesure utilise un empilement formé de feuillages piézorésistifs et d'un réseau d'électrodes en cuivre agencé sous forme matricielle. Le nombre de points de mesure est déterminé uniquement par la taille du réseau matriciel tandis que la sensibilité par les propriétés piézorésistives du feuillage. Contrairement aux produits commerciaux existants de type semelles qui utilisent un principe de mesure discret par l'intégration de capteurs individuels (piézorésistif ou capacitif), notre technologie permet de réaliser une mesure plus étendue et sans discontinuité. Sur ces produits commerciaux, ce problème de discontinuité pourrait être contrecarré par l'ajout de capteurs individuels afin d'augmenter la densité de mesure au centimètre carré. Cependant, cette approche ajoute de la complexité à l'intégration finale ainsi que sur le multiplexage des signaux capteurs ayant un impact direct sur le coût final de la semelle. Ainsi, sur les produits existants, une interpolation logicielle est souvent privilégiée et réalisée en post-traitement entre les points de mesure afin d'en augmenter virtuellement la résolution. Cette approche n'apporte malheureusement pas toujours une réponse efficace au problème posé notamment lorsqu'une résolution importante de mesure est recherchée. Notre approche, de par cet agencement matriciel de feuillages piézorésistifs, s'affranchit des effets du facteur d'échelle qui peuvent engendrer une perte de résolution. De plus, l'approche de mesure développée ne nécessite aucun post-traitement supplémentaire à réaliser entre les points de mesure. Enfin, les faibles niveaux d'énergie nécessaires pour rendre opérant cette technologie la positionne comme technologie peu énergivore. Une fois la semelle assemblée, elle possède un encombrement réduit avec une épaisseur de quelques millimètres (3 mm). Une électronique dédiée, cadencée à 100 Hz, a été développée pour l'acquisition et le stockage des données capteurs. Ces données sont transmises à la demande par le biais de la technologie Bluetooth faible énergie (BLE) à un terminal mobile (smartphone ou passerelle) pour la visualisation des résultats ou vers un PC pour conduire une analyse plus fine. A ce jour, il est possible de quantifier avec ce prototype des grandeurs telles que : nombre de pas, perte de verticalité, centre de gravité des efforts, distribution des pressions, report de charge, ratio activité/inactivité. La figure ci-dessous illustre ce développement



Figure 3. (Droite) : Démonstrateur de semelles instrumentées déclinées en deux pointures (38 et 45 EU). (Gauche) Visualisation et analyse des données en post-traitement.

Les dispositifs développés ont servi à la fois dans le cadre de la réalisation de bilans moteurs (ex. 6 min, get up and go, Berg) mais également en activité dite en conditions écologiques (ex. marche libre). L'objectif premier étant de collecter un corpus de données suffisamment représentatif réalisé dans le cadre d'activités connues et identifiées. En parallèle de ces démonstrateurs, nous avons développé un outil d'analyse qui permet de traiter plus finement (en post-traitement) les données capturées. Différentes métriques peuvent ainsi être extraites par le biais de cet outil telles que la cadence, temps de vol, phases de marche, répartition des pressions sur la voûte plantaire en configurations statique et dynamique, ratio de dysmétrie de la marche, type d'activité libre réalisée (ex. marche ou vélo). Cet outil est destiné, en premier lieu, aux professionnels de santé (ergothérapeutes et médecins) car il apporte une analyse quantifiée qui vient soutenir les observations réalisées dans le cadre des bilans moteurs. La figure ci-dessous présente un exemple de synthèse d'analyse proposée aux professionnels de santé à l'issue d'une séance d'évaluation. Les activités réalisées dans le cadre de ce lot de travail ont donné lieu à la production d'un livrable intitulé « Capteurs pour la mesure de l'activité physique », Septembre 2018.

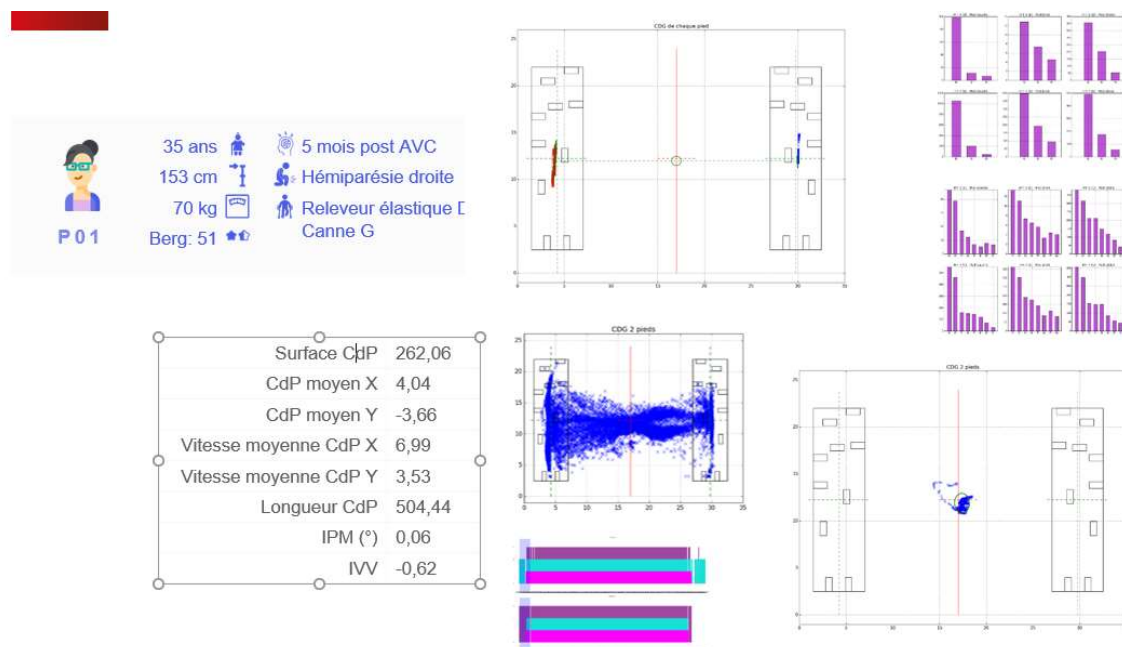


Figure 4. Exemple de l'interface de restitution des données pour les professionnels de santé

- **Plateforme de jeux sérieux pour soutenir les programmes de rééducation fonctionnelle du membre supérieur et inférieur** : en parallèle des outils de mesure et d'analyse décrits dans la section précédente, le projet Actiphyz propose aux patients des parcours originaux de rééducation immersive au travers d'une plateforme de rééducation intégrant des jeux sérieux. Le patient se positionne à quelques mètres d'un écran de visualisation grand format et haute définition qui est équipé d'une caméra à profondeur de champ (ex. Kinect). La caméra permet de capturer les postures du patient en temps réel (sous forme d'une représentation par segments) qui sont traités simultanément par un ordinateur qui fait le lien entre l'environnement réel et l'environnement virtuel du jeu. Ainsi, l'utilisateur a une impression d'immersion dans le jeu et que ces actions (mouvements) dans le monde réel ont une action probante et transparente (sans latence) dans l'environnement virtuel. La phase d'analyse des besoins des utilisateurs, décrite au début de cette section, a permis d'identifier particulièrement les attentes des professionnels de santé ainsi que les patients sur la nature des programmes de rééducation à développer.

Pour les besoins de cette plateforme de rééducation, 8 différents jeux ont été développés par la fondation Hopale intégrés dans différents environnements et ciblant la rééducation du membre supérieur et inférieur. Un soin particulier a été porté durant la conception de ces jeux sérieux afin de prendre en compte la dimension ludique, évolutive et aspects motivationnels pour le patient. La figure ci-dessous présente les différents environnements immersifs des jeux développés.



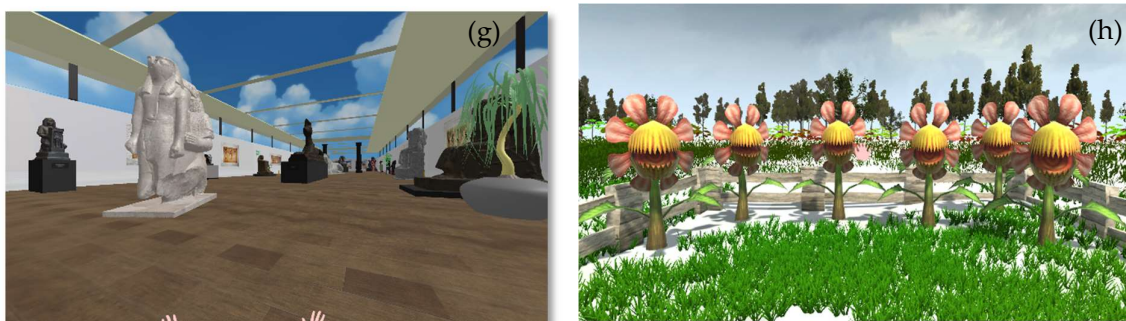


Figure 5. Différents environnements immersifs développés dans le cadre du projet Actiphyz pour supporter la rééducation fonctionnelle motrice. (a : navigation en espace intérieur, b : vues aériennes de la côte d'Hopale, c : nettoignons les océans, d : jeux de ballons, e : mission Mars, f : tous à la campagne!, g : visite d'un musée, h : nourrir mes plantes carnivores!)

Les interactions avec les jeux sont possibles au travers de deux modalités : le pédalage sur un vélo afin d'avancer dans l'environnement virtuel et mouvements des bras afin de saisir des objets dans la scène virtuelle. En fonction des scénarios proposés, l'utilisateur devra maximiser son score pendant la réalisation des activités dans le jeu. Durant l'exécution du jeu, la caméra à profondeur de champ permet, en plus de faire le lien entre l'environnement réel et virtuel, de mesurer les amplitudes articulaires, temps d'exécution, bras impliqué dans l'interaction et de compiler une synthèse à l'issue de la séance. Ces informations sont communiquées aux professionnels de santé et servent à suivre le progrès du patient, identifier les difficultés et proposer ainsi des sessions de jeux plus adaptées au patient. Les activités réalisées dans le cadre de ce lot de travail ont donné lieu à la production d'un livrable intitulé « Démonstration des fonctionnalités des jeux thérapeutiques », Octobre 2018

- Evaluation longitudinale et centrée sur l'utilisabilité des technologies développées :

Les développements technologiques (objets portés et plateforme de rééducation) stabilisés ont fait l'objet d'une évaluation longitudinale sur plus d'une année. Les évaluations ont porté sur l'utilisation de ces technologies dans le cadre de bilans moteurs conventionnels (ex. 6 min, Berg, get up and go) et lors de séances de marche libre.

Ainsi, 44 patients atteints d'un AVC à différentes phases ont pu tester les technologies développées. Plus précisément, 20 patients ayant été victimes d'un AVC, en phase chronique (6 mois post-AVC – moyenne 56 mois), âgés entre 49 ans et 64 (moyenne d'âge 56.43 ans) et 24 patients en phase subaiguë (entre le 14e jour et 6 mois post-AVC – moyenne 3,23 mois), âgés entre 35 ans et 84 ans (moyenne d'âge 62.38 ans).

Deux types d'évaluations ont été réalisées : évaluation des performances métrologiques des dispositifs développés (en lien avec une vérité terrain) et évaluation de l'acceptabilité des technologies développées (réalisée par le biais de questionnaires). Les évaluations ont montré une bonne adéquation entre les mesures et vérité terrain ainsi qu'un bon taux d'acceptabilité des technologies. Les activités réalisées dans le cadre de ce lot de travail ont donné lieu à la production d'un livrable intitulé « Synthèse et analyse des données capteurs collectées », Novembre 2020.

- Système BES (Behaviour Engine System) dédié à la collecte des données hétérogènes, traitement et stockage distant sur serveur sécurisé :

L'ensemble des données générées par les dispositifs de mesure et la plateforme de jeux sérieux décrits dans les sections précédentes ont été collectées par le biais d'une passerelle développée

par la PME Bluelinea, acteur majeur dans le secteur de la téléassistance en France. Ce boîtier, baptisé BlueHub (Figure 6), permet une connectivité versatile avec les dispositifs de mesure offrant ainsi un protocole de communication adapté pour le téléchargement transparent, d'un point de vue de l'utilisateur, des données des capteurs vers la passerelle. Les données collectées sont transmises à la plateforme de gestion d'objets connectés existante appelée BlueHomeCare, développée par Bluelinea, sur laquelle des adaptations ont été réalisées pour permettre la gestion des données des capteurs (affichage par équipement) et l'échange des données vers la plateforme de traitement de la société Arteris IP. Ces activités ont donné lieu à la production d'un livrable intitulé « Démonstration des fonctionnalités de la passerelle BlueHub », Juillet 2018.

Architecture : Raspberry PI		
Connectivité : BLE, WIFI		
Stockage : carte SD		
Fonctionnalités supplémentaires : Synthèse vocale, affichage statut du fonctionnement via des leds		
		Fonctionnalités : Nœud capteur, passerelle, support de stockage des données
		Dimensions : 250 mmx60mmx55mm

Figure 6. Passerelle BlueHub développée par Bluelinea pour les besoins du projet.

Les travaux réalisés par le partenaire Arteris IP ont porté sur la mise en œuvre du BES. Les équipes d'Arteris IP ont analysé les besoins relatifs au projet et ayant vocation à être adressés par la brique technologique MCP (Magillem Content Publisher) développée par Arteris IP. Le MCP est une plateforme logicielle collaborative de conception dédiée pour le domaine de l'électronique. Au regard de ces éléments, les équipes d'Arteris IP ont analysé les possibilités d'extension de l'outil MCP afin de répondre aux besoins spécifiques du projet, d'une part en termes de formats et types de données collectées, et d'autre part en termes de mécanisme d'analyse et de remontée d'informations pertinentes (métriques, notifications, recommandations, annotations, alertes).

Sur la base de ces éléments, un prototype de l'outil MCP a été utilisé pour mettre en œuvre un démonstrateur, intégrant un connecteur XML qui se nourrit des données transmises par les équipements (au travers du BlueHomeCare), s'appuie sur des inférences métier pour suggérer des messages motivationnels aux patients et présente des informations enrichies sur le suivi des patients dans la durée au professionnels de santé. Ces activités ont donné lieu à la production d'un livrable intitulé « Démonstration des fonctionnalités du BES », Octobre 2018.

- Evaluation objective des indices d'indépendances à partir du processus de collecte de données :

L'idée est d'évaluer l'apport des mesures recueillies par les objets portés développés dans le projet en comparaison avec les évaluations classiquement faites par les équipes médicales pour apprécier l'indépendance fonctionnelle d'un individu par le biais d'échelles (ex. Mesure d'Indépendance Personnelle - MIF), d'épreuves standardisées de marche (ex. test du 6 minutes) ou de questionnaires mesurant qualité de vie, équilibre ou mobilité en général.

Au total, 65 participants ont été inclus à l'étude (réalisée par l'Université G. Eiffel) et répartis en 4 groupes : (1) 21 participants « contrôle » d'âge moyen (20 - 52 ans, M=36.52 ans, ET=8.2) ; (2) 16 participants âgés « sains », non atteints d'une pathologie liée au vieillissement (71 - 82 ans, M=75.88 ans, ET=4.43) ; (3) 7 patients ayant été victimes d'un AVC, en phase chronique (6 mois post-AVC, M=56 mois, ET=52.58 mois), âgés entre 49 ans et 64 ans (M=56.43 ans, ET=5.09), et enfin (4) 21 patients en phase subaiguë (entre le 62.38 14e jour et 6 mois post-AVC, M=3.23 mois, ET=1.54), âgés entre 35 ans et 84 ans (M=62.38 ans, ET=13.27). Ces 65 participants ont répondu à : un questionnaire d'informations générales, un questionnaire construit pour l'occasion mesurant leur mobilité générale et leurs déplacements quotidiens, la mesure de leur indépendance fonctionnelle (MIF), un questionnaire d'auto-évaluation de leur qualité de vie (SF 36), un questionnaire d'auto-évaluation de leur peur de chuter (FES), un questionnaire d'évaluation rapide des fonctions cognitives (MOCA), un test de leurs compétences locomotrices et du risque de chute associé (TUG), un test d'équilibre (Berg), et enfin le test de marche du 6 minutes. Lors de ce dernier test du 6 minutes, tous les participants étaient équipés des capteurs développés dans le cadre du projet.

Les résultats des analyses univariées (ANOVAs) montrent toutes, à l'exclusion de celle sur les fonctions cognitives générales (MOCA), des différences inter-groupes significatives. Les patients AVC (en phase chronique et subaiguë) montrent une indépendance fonctionnelle (MIF) moindre, une qualité de vie auto-estimée par la SF 36 plus faible, une peur de chuter plus importante, des compétences locomotrices atteintes et un risque de chute associé plus fort, un équilibre plus précaire, que les participants contrôles d'âge moyen ou que les participants âgés non atteints de pathologies liées au vieillissement. La différence entre les deux groupes de patients AVC (en phase chronique et subaiguë) n'est pas significative, sauf en ce qui concernent certains items du questionnaire d'auto-estimation de la qualité de vie. Les analyses des données recueillies au test de marche des 6 minutes montrent une plus courte distance parcourue par les patients ayant été victimes d'un AVC (en phase chronique ou subaiguë, une phase d'appui des pieds significativement plus longue, ainsi qu'une cadence des pas significativement moindre que chez les participants jeunes contrôles et que les participants âgés sains. Les deux groupes de patients ($6 > \text{AVC} \leq 6$) ne se distinguent pas significativement sur la plupart des mesures.

Les analyses multivariées montrent des associations très intéressantes entre les différentes mesures collectées pendant l'étude. On retient tout d'abord des analyses corrélationnelles (r de Pearson) que le score total des individus à la MIF est significativement corrélé à l'auto-évaluation de leur qualité de vie (SF 36), à leur peur de chuter auto-estimée par la FES, à leurs compétences locomotrices et leur risque de chute évalués par le test du TUG, à leurs capacités d'équilibre mesurées par le test de Berg, à la distance totale qu'ils ont parcourue au test de marche du 6 minutes, à la cadence de leurs pas, et enfin aux phases d'appui et d'oscillation de leurs pieds pendant ce test de marche des 6 minutes, ces dernières mesures ayant été collectées par l'intermédiaire des capteurs développés dans le projet. On retient également des analyses

corrélationnelles que les mesures collectées pendant le test de marche des 6 minutes par capteurs sont significativement corrélées à la mesure de l'indépendance fonctionnelle (MIF), mais également aux autres mesures retenues pour l'étude, comme les tests standardisés de compétences locomotrices (TUG) ou d'équilibre (Berg), ou encore aux auto-évaluations des individus de leur qualité de vie (SF 36) ou de leur peur de chuter (FES). Une dernière analyse de régression multiple montre que le score total d'un individu à la mesure d'indépendance fonctionnelle (MIF) peut être significativement prédit (66% de variance totale expliquée) par plusieurs mesures, à savoir, l'auto-évaluation au questionnaire SF 36 de la limitation de ses activités physiques, son score au test d'équilibre de Berg, la distance totale qu'il a parcourue au test du 6 minutes, le ratio des phases d'appui/d'oscillation de ses pieds pendant ce test de marche des 6 minutes, et enfin, son score au questionnaire FES visant à auto-évaluer sa peur de chuter. Les activités réalisées dans le cadre de ce lot de travail ont donné lieu à la production d'un livrable « Analyses des données recueillies au cours du projet ACTIPHYZ auprès d'individus jeunes, âgés et de patients ayant été victimes d'un AVC : utilité des capteurs pour l'évaluation de la marche et de l'indépendance fonctionnelle », Décembre 2020.

C.5 EXPLOITATION DES RESULTATS

Les campagnes de mesure réalisées dans le cadre du projet ont souligné l'intérêt de l'utilisation des approches orientées capteurs pour soutenir les bilans fonctionnels (6 min, Berg ...) effectués à la fondation Hopale. Ces mesures permettent d'apporter une meilleure quantification de la marche et des activités libres des patients. Les bénéfices ont été quantifiés à la fois par les professionnels de santé mais également par les patients qui ont trouvé une utilité avérée pour cette approche de mesure. Parallèlement, la plateforme de jeux sérieux développée pour soutenir les activités de rééducation a également montré un intérêt et une pertinence dans le soutien des activités de rééducation par les professionnels de santé et les patients. Notons que les technologies développées dans le cadre du projet sont toujours exploitées chez Hopale et utilisées comme outils d'analyse (non généralisé sur tous les patients)

Au vu de l'intérêt suscité et les résultats tangibles de l'apport des technologies développées dans le cadre du projet, les partenaires du projet se sont rapprochés pour échanger sur les perspectives possibles pour ces travaux. Il se dessine aujourd'hui des opportunités de soutenir les activités scientifiques par d'autres dépôts de projets (ex. ANR) ou des programmes à finalité de maturation technologique (ex. BPI) afin de consolider les axes technologiques des démonstrateurs réalisés.

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.

Le projet Actiphyz répond en plusieurs points aux objectifs initiaux proposés et à la validation des hypothèses émises durant la phase de soumission. Néanmoins, il reste encore plusieurs verrous à franchir notamment sur la consolidation des résultats et la quantification des bénéfices apportés par les technologies sur le long terme. En effet, l'étude clinique a été réalisée sur 50 patients, étalée sur une durée de 12 mois et avec une implication unique des patients et des professionnels lors de cette étude. Une étude sur un corpus plus important, avec un suivi individualisé, sur une fenêtre temporelle plus longue pourrait permettre de mieux cerner les bénéfices thérapeutiques des technologies, quantifier précisément l'engagement des patients dans le processus de rééducation, à l'évaluation de l'indépendance fonctionnelle avec et sans

l'apport des technologies, acceptabilité et utilisabilité des technologies dans le long terme par les utilisateurs finaux et démontrer la viabilité des résultats cliniques auprès d'autres acteurs du domaine de la santé.

Actiphyz a permis, à ce stade de la réalisation, d'avoir des avancées tangibles sur le plan scientifique, avec une ouverture industrielle et retombées sociétales sur l'accompagnement quotidien des personnes souffrant d'AVC.

Sur le plan scientifique nous soulignerons les apports du projet quant à la portée de l'approche de mesure qui atteste de la dimension diagnostique en situation écologique pour évaluer la marche ainsi que d'autres fonctions motrices comme l'équilibre postural avec comme objectif d'enrichir l'évaluation de l'indépendance fonctionnelle. A notre connaissance, peu d'études cliniques ont été décrites dans la littérature ayant une telle portée et réalisées en conditions écologiques.

Sur le plan industriel, les interactions avec les partenaires industriels Bluelinea et Arteris IP ont permis de consolider les développements technologiques sur les démonstrateurs. Leurs visions respectives du marché et connaissance du secteur B2B et B2C, ont permis de maturer plus rapidement les technologies et d'aligner les besoins initiaux aux développements tout le long du projet. Cette avancée en maturité technologique n'aurait pas pu être réalisée sans l'expertise de ces partenaires industriels. En conséquence, nous disposons, à l'issue du projet, de solutions technologiques préindustriels prêts à être évalués en conditions représentatives en vue d'une future industrialisation.

Enfin sur le plan sociétal, Actiphyz a permis au travers de ces développements une véritable prise de conscience des patients d'être acteur de leur santé et de se faire accompagner au quotidien par les nouvelles technologies.

C.7 CONCLUSIONS

L'ensemble des données recueillies pendant cette étude du projet Actiphyz tendent à montrer que les approches de mesure pour le patient AVC s'avèrent être des outils intéressants et utiles à l'analyse fine de la marche, mais également à l'évaluation de l'indépendance fonctionnelle d'un individu, tant à visée diagnostique que thérapeutique.

Les résultats des analyses que nous avons menées montrent en effet tout d'abord un pouvoir diagnostique important des mesures recueillies par ces capteurs. Ces mesures se sont révélées être significativement associées à la MIF, une échelle très communément utilisée par les équipes médicales pour estimer si l'individu peut réaliser, de manière autonome, des activités telles que les soins, l'habillement, ou la marche. Or cette mesure de la MIF fait apparaître des limites importantes liées à son caractère indirect et subjectif. Il a par exemple été montré des différences selon que la mesure relève d'infirmiers ou de médecins avec des scores plus faibles chez les médecins, pour un même individu. Nos résultats viennent suggérer que les capteurs que nous avons développés permettent un diagnostic plus fin des difficultés des individus à réaliser des activités motrices liées au déplacement et à la marche en particulier. Ils sont peu intrusifs et permettent à l'équipe médicale d'obtenir une mesure plus objective des capacités locomotrices de l'individu.

Les résultats que nous avons obtenus montrent par ailleurs que ces mesures de marche recueillies par capteurs sont significativement associées à d'autres mesures importantes de l'indépendance fonctionnelle d'un individu, comme son équilibre et son risque de chute. L'association entre ces mesures atteste d'un pouvoir diagnostique important pour évaluer la marche certes, mais également d'autres fonctions motrices comme l'équilibre postural.

Enfin, outre son pouvoir diagnostique, l'utilisation de ces capteurs de marche pourrait révéler une valeur thérapeutique intéressante pour les équipes médicales. Ils permettraient de suivre l'individu à domicile, de pouvoir évaluer l'évolution de ses activités physiques dans le temps. En cas d'inactivité ou de détection d'anomalies (ex. cadence ralentie, augmentation des temps de phase d'appui des pieds, etc.), l'équipe médicale pourrait mettre en place des programmes de rééducation adaptés, en fonction de chaque individu.

C.8 REFERENCES

Cohen ME, & Marino RJ. (2008). The tools of disability outcomes research functional status measures. Arch Phys Med Rehabil 2000;81 (Suppl 2):S21-9.

Lowe, S. A. & ÓLaighin, G. (2014). "Monitoring human health behaviour in one's living environment: A technological review," Medical engineering & physics, vol. 36, pp. 147-168, 2014.

Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation: the Barthel Index. (1965). Md Med J 1965;14:61-5.

Morone, G., Paolucci, S., & Iosa, M. (2015). In What Daily Activities Do Patients Achieve Independence after Stroke? Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases, Vol. 24, No. 8 (August), 2015: pp 1931-1937.

Van Remoortel, H., Giavedoni, S., Raste, Y., Burtin, C., Louvaris, Z., Gimeno-Santos, E., Langer, D., Glendenning, A., Hopkinson, N.S., and Vogiatzis, I. (2012). Validity of activity monitors in health and chronic disease: a systematic review, Int J Behav Nutr Phys Act, vol. 9, p. 84, 2012.

Van der Putten JJ, Hobart JC, Freeman JA, Thompson AJ. (1999). Measuring change in disability after inpatient rehabilitation: comparison of the responsiveness of the Barthel index and the Functional Independence Measure. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1999; 66:480-4.

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.

N°	Date de livraison	Titre	Nature (rapport, logiciel, prototype, données, ...)	Partenaires (souligner le responsable)	Commentaires
1	Novembre 2016	Site web du projet	Site web	<u>Bluelinea</u>	
2	Mars 2017	Architecture HW/SW de la plateforme Actiphyz	Rapport	CEA, Bluelinea, Arteris IP	
3	Mai 2017	Analyse des besoins utilisateurs	Présentation	CEA, Hopale, Univ. Gustave Eiffel, Bluelinea, Arteris IP	
4	Avril 2018	Rapport intermédiaire 18Mois	Rapport	CEA, Hopale, Univ. Gustave Eiffel, Bluelinea, Arteris IP	
5	Juillet 2018	Démonstration des fonctionnalités de la passerelle BlueHub	Démonstrateur	<u>Bluelinea</u>	
6	Septembre 2018	Capteurs pour la mesure de l'activité physique	Prototype	CEA	
7	Octobre 2018	Démonstration des fonctionnalités du BES	Logiciel	<u>Arteris IP</u>	
8	Octobre 2018	Démonstration des fonctionnalités	Logiciel	<u>Hopale</u>	

N°	Date de livraison	Titre	Nature (rapport, logiciel, prototype, données, ...)	Partenaires (souligner le responsable)	Commentaires
		des jeux thérapeutiques			
9	Mars 2019	Démonstration des fonctionnalités complètes de briques technologiques-intégration finale	Démonstrateur	CEA, Hopale, Bluelinea, Arteris IP	
10	Janvier 2020	Collecte et formatage des données issues de l'étude longitudinale	Données	CEA, Hopale, Univ. Gustave Eiffel, Bluelinea, Arteris IP	
11	Novembre 2020	Synthèse et analyse des données capteurs collectées	Présentation	CEA, Hopale	
12	Décembre 2020	Analyses des données recueillies au cours du projet ACTIPHYZ auprès d'individus jeunes, âgés et de patients ayant été victimes d'un AVC : utilité des capteurs pour l'évaluation de la marche et de l'indépendance fonctionnelle	Rapport	Univ. Gustave Eiffel, CEA	
13	Octobre 2021	Rapport final d'activité	Rapport	CEA, Hopale, Univ. Gustave Eiffel, Bluelinea, Arteris IP	

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 monoparténaires, 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 monoparténaires
International	Revues à comité de lecture		
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage		
	Communications (conférence)	2020: Predicting mobility by walking abilities in aging and stroke, 7th International Conference On Traffic And Transport Psychology - ICTTP 2020 (Univ. G. Eiffel) (conférence reportée en 2022)	
France	Revues à comité de lecture		
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage		
	Communications (conférence)	2020 : Utilisation des jeux thérapeutiques - Conférence in XIXème Congrès de la Société Francophone d'Analyse du Mouvement chez l'Enfant et l'Adulte (SOFAMEA). 2020. Nice. 2019 : Outil pour le coaching et la prévention de la récurrence d'AVC. Colloque "Silver économie, vulnérabilités et territoires", Arras. 2017 : Suivi des activités motrices pour personnes souffrants de troubles moteurs post AVC – Conférence « La santé de demain »- LabEx Digicosme, Université Paris Saclay (CEA)	

		2017 : Capteurs non-intrusifs pour le suivi de l'activité motrices de personnes AVC- Conférence My Silver Valley (CEA)	
Actions de diffusion	Articles vulgarisation		
	Conférences vulgarisation	2017: BFM TV Business- Interview de P. Watteau, Directeur du CEA LIST -Technologies pour la santé développées par le CEA 2017 : Communiqué de presse réalisé par Bluelinea sur la portée et enjeux du projet	
	Autres		

Autres valorisations scientifiques (à détailler en E.3)

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	
Brevet internationaux en cours d'obtention	
Brevets nationaux obtenus	
Brevet nationaux en cours d'obtention	Chaussure et couche de stimulation haptique pour cette chaussure – date de dépôt : 24/12/2020 – Brevet français (CEA)
Licences d'exploitation (obtention / cession)	
Créations d'entreprises ou essaimage	
Nouveaux projets collaboratifs	Les développements technologiques réalisés dans le cadre du projet ont permis d'asseoir de nouvelles collaboration notamment avec l'Université Paris 8 et la concrétisation récente d'un financement pour un projet ANR (Cplay - http://www.bocal.cs.univ-paris8.fr/~ammi/CPlay/index.html)
Colloques scientifiques	
Autres (préciser)	

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.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.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)
Claire Marchiori	F	marchiorici@bluelinea.com	23 septembre 2021	Thèse en sciences du mouvement	Université de Versailles (78)	Ingénieur de recherche (5 ans)	Université Gustave Eiffel	Post-doc	18 mois	29/02/2020	coordinatrice de recherche CDD	Hôpital public	coordinatrice de recherche CDD	NON l'employeur n'est pas un partenaire du projet	OUI le poste occupé valorise l'expérience acquise pendant le projet.
OUMAR SOW Alpha	H	alpha-oumar.sow@bluelinea.com	Employé Bluelinea	Master Systèmes Embarqués et Mobiles Sûrs	France	Stage	Bluelinea	Implémentation couches logicielles plateforme de gestion des objets connectés	36	10/2019	Embauché à l'issue du stage de fin d'étude (09/2016)	PME/TPE	CDI	Partenaire du projet	Oui
SAHED Adlane	H	adlane.sahed@bluelinea.com	Employé Bluelinea	Master E3A parcours Robotique, Assistance et Mobilité	France	Stage chez Bluelinea dans le cadre du	Bluelinea	Développement embarqué passerelle de bord de réseau pour la	24	10/2019	Embauché à l'issue du stage de fin d'étude (09/2017)	PME/TPE	CDI	Partenaire du projet	Oui

						projet ANR		gestion des objets connectés (BlueHub)							
--	--	--	--	--	--	---------------	--	---	--	--	--	--	--	--	--

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>).