

Projet ANR-12-TECS-0014-CN

MAAMI

Programme Tecsan 2012

A	IDENTIFICATION	2
B	RESUME CONSOLIDE PUBLIC	3
C	MEMOIRE SCIENTIFIQUE	5
C.1	Résumé du mémoire	5
C.2	Enjeux et problématique, état de l'art	5
C.3	Approche scientifique et technique	6
C.4	Résultats obtenus	7
C.5	Exploitation des résultats	8
C.6	Conclusion	8
C.7	Références	9
D	LISTE DES LIVRABLES	10
E	IMPACT DU PROJET	11
E.1	Indicateurs d'impact	11
E.2	Liste des publications et communications	11
E.3	Liste des éléments de valorisation	14
E.4	Bilan et suivi des personnels recrutés en CDD (hors stagiaires)	15

Courrier arrivée à l'ANR le

14 JUIN 2017

A IDENTIFICATION

Acronyme du projet	MAAMI
Titre du projet	Maladie d'Alzheimer et Apprentissage Moteur Implicite
Coordinateur du projet (société/organisme)	Pr. France MOUREY – Inserm U1093, Université de Bourgogne
Période du projet (date de début – date de fin)	Du 01/03/2013 au 31/12/2016 (45 mois)
Site web du projet, le cas échéant	https://u1093.u-bourgogne.fr/fr/?option=com_content&view=article&id=274:projet-anr-maami-1-fr&catid=62:maami-fr

Rédacteur de ce rapport	
Civilité, prénom, nom	France Mourey
Téléphone	03 80 39 67 65
Adresse électronique	France.mourey@u-bourgogne.fr
Date de rédaction	09/01/2017

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)	Inserm U1093 Centre Chevrier LEAD Le2i – Institut Image CHU Dijon Onze Plus Kiwi cube
---	---

B RESUME CONSOLIDE PUBLIC

Apprendre de nouveaux gestes pour s'armer contre la maladie d'Alzheimer

Le mouvement et la musique comme agents thérapeutiques en faveur de la préservation de l'autonomie dans la maladie d'Alzheimer

Le projet MAAMI (Maladie d'Alzheimer et Apprentissage Moteur Implicite) a mobilisé une vingtaine de chercheurs dans différentes disciplines, médecine, psychologie cognitive, sociologie, informatique et des industriels de la silver-économie. Il a été considéré deux objectifs : Interroger les mécanismes impliqués dans le contrôle du mouvement volontaire chez des personnes âgées fragilisées par l'apparition de troubles cognitifs en lien avec la maladie d'Alzheimer, afin de mieux comprendre leur capacité d'adaptation et de compensation face à ce vieillissement pathologique. Aider les patients à conserver le plus longtemps possible leur mobilité en engageant le mouvement à partir de la musique, favorisant ainsi l'acquisition de nouveaux apprentissages et le renforcement des réserves fonctionnelles. Ces interventions non pharmacologiques représentent un intérêt majeur pour la préservation de l'indépendance fonctionnelle des personnes âgées vulnérables. En effet, les recherches investies en faveur de la détection, l'accompagnement, les soins et la prévention des troubles chez les patients atteints de la maladie d'Alzheimer constituent un véritable enjeu éthique mais aussi économique pour notre société.

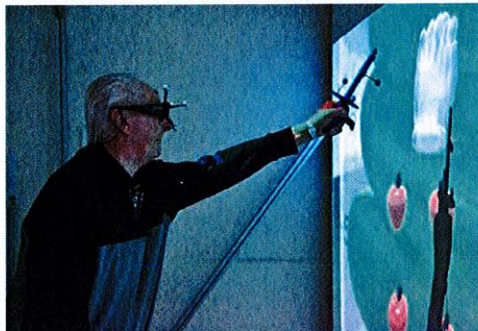
La réalité virtuelle et les jeux sérieux au service de l'anticipation pour renforcer l'équilibre, la posture et les mouvements de la vie quotidienne

Planifier, anticiper, prédire les conséquences de nos actions sont des préalables nécessaires à l'exécution harmonieuse du mouvement. Ces processus reposent en partie sur la capacité à se représenter mentalement le geste à accomplir. Parmi nos résultats, nous avons montré que l'apparition de troubles de la mémoire est accompagnée d'altérations de cette représentation. Par ailleurs les mouvements nécessitent des ajustements successifs de l'équilibre. Or ce couplage entre mouvement et équilibre est modifié chez les patients Alzheimer dès les premières phases de la maladie. En cause : le déclin des capacités d'anticipation et d'attention. La moindre perturbation extérieure transforme l'accomplissement d'un mouvement banal en défi.

Dans la lutte contre Alzheimer, les jeux numériques et issus de la réalité virtuelle ont une grande vertu : leur niveau d'exigence peut être facilement adapté à l'état des participants, quel que soit le stade de la maladie. L'enrichissement réfléchi de l'environnement de la personne âgée vulnérable est porteur de stimulations nouvelles bénéfiques à la préservation des capacités cognitives et motrices. Elles offrent un moyen supplémentaire de repousser, le plus tard possible, le moment de l'entrée dans la dépendance.

Un premier outil de stimulation a été mis au point sous la forme de plusieurs jeux sérieux (serious-games) où il s'agit de stimuler les capacités de représentation, d'estimation et de planification de l'action par l'intermédiaire de l'imagerie motrice et de l'observation d'action. Un second outil issu de la réalité virtuelle a été élaboré pour répondre aux altérations des capacités de coordination entre la posture et le mouvement évaluées chez les personnes âgées atteintes de troubles cognitifs légers. Cet outil contient des scénarii i.e. exercices qui engagent la posture et l'équilibre dans des actions proche des conditions de la vie quotidienne.

Ces travaux de recherche et d'innovation technologique ont donné lieu à plusieurs publications internationales, nationales et régionales. Trois (3) articles scientifiques ont été publiés dans des revues à rayonnement internationales. Deux (2) mettent en évidence la fragilité précoce des mécanismes de contrôle et de gestion de l'action volontaire chez des personnes atteintes de troubles cognitifs légers, considérées à un stade pré-symptomatique de la maladie d'Alzheimer. Un dernier article mesure la faisabilité d'utiliser la réalité virtuelle dans le cadre de la stimulation et de la rééducation gériatrique où le principal objectif était de mesurer l'acceptabilité de la technologie auprès de personne âgée avec des troubles cognitifs.



Exercice demandé en rééducation de l'équilibre dans le système de réalité virtuelle. Cueillir des fruits virtuellement engage réellement l'équilibre postural du participant.

Ce projet MAAMI visant le développement de technologies innovantes pour la santé a réuni sept (7) partenaires académiques et industriels. Depuis ces débuts en mars 2013, il aura duré 45 mois et aura bénéficié du soutien de l'ANR et du CNSA à hauteur de 800 000 €. L'un des défis majeurs à relever aura été de faire cohabiter la recherche fondamentale et le développement technologique, qui relèvent de cultures très différentes. Actuellement, le fruit est entre les mains des industriels de la silver-économie susceptibles de produire et de distribuer ces dispositifs et jeux sérieux d'une utilité nouvelle.

C MEMOIRE SCIENTIFIQUE

C.1 RESUME DU MEMOIRE

Dès les premiers stades de la maladie d'Alzheimer est constaté un affaiblissement des réserves fonctionnelles mettant par conséquent en évidence des altérations cognitives et/ou motrices qui ne peuvent être compensées naturellement par les personnes âgées. Les principaux enjeux résident en une meilleure compréhension et identification de l'impact de la maladie d'Alzheimer sur l'organisation et le contrôle du mouvement volontaire pour inciter de meilleures actions préventives notamment à travers l'enrichissement réfléchi de l'environnement de stimulation des personnes âgées. Aussi, il semble pertinent aujourd'hui d'engager implicitement les personnes âgées dans des activités nouvelles impliquant ainsi les processus d'apprentissages moteurs, dans des environnements nouveaux visant à renforcer les capacités d'adaptation et de compensation.

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

Ce projet a pour objectif de concevoir des modalités de stimulations innovantes pour renforcer et maintenir des performances motrices optimales, impliquées dans les activités de la vie quotidienne, au cours de l'évolution de la maladie d'Alzheimer. Afin d'adapter aux mieux ces formes de stimulation, il a été question dans un premier temps d'identifier les capacités et les perturbations chez les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer et ce, au stade précoce, de trouble cognitif léger (en anglais, mild cognitive impairment [MCI]), et lors des premiers stades avérés de cette démence. En effet, il a été investi l'organisation du contrôle du mouvement volontaire lors des premiers stades de la MA, qui sont aujourd'hui bien identifiés à partir de l'évaluation neuro-psychologique et d'imagerie cérébrale.

La performance motrice relative à la réalisation d'une action volontaire dépend de l'intégrité d'une part, des promoteurs de l'acte moteur situés à la périphérie et d'autre part, des fonctions cérébrales et sous-corticales tout ceci afin de permettre une coordination sensorimotrice optimale. La démence de type Alzheimer impacte directement le fonctionnement du système nerveux central (SNC) à partir d'une neurodégénérescence constatée précocement dans les zones cérébrales remplissant des fonctions cognitives et motrices. Ainsi, il est clairement rapporté dans la littérature des performances motrices déficitaires chez les personnes âgées atteintes d'une fragilité cognitive relative au stade MCI. En outre, des études ont mis en évidence que le vieillissement, lorsqu'il est associé à un déclin cognitif, induit une altération de la coordination, une diminution de la vitesse de réalisation de mouvements fins, un ralentissement de la vitesse de marche (Buracchio et al., 2011; Camicioli et al., 1998) et une perturbation plus importante de la posture et de l'équilibre en comparaison aux personnes âgées saines (Aggarwal et al., 2006). Des études ajoutent que d'une manière intéressante, ce dysfonctionnement du contrôle moteur semblerait précéder les troubles cognitifs de plusieurs années (Aggarwal et al., 2006; Boyle et al., 2010).

Le vieillissement accompagné de trouble cognitif léger agit négativement sur la performance motrice. Le SNC s'adapte et compense les déficits de prise d'information, de transformations sensori-motrices, de transmission d'information, d'inhibition en ayant recours aux réserves fonctionnelles. Ces dernières permettent de développer de nouvelles stratégies (e.g. précautionneuses, sécuritaires), sollicitées dans des conditions extrêmes chez le jeune adulte (e.g. abaissement du centre de gravité lors de la réduction de la base de sustentation) mais identifiées comme solution optimale par le SNC dans des conditions d'exécution quotidienne

chez la personne âgée. L'apparition de la fragilité est à mettre en lien avec l'épuisement des réserves fonctionnelles et la dégradation des capacités de compensation du SNC amenant l'apparition de troubles qui affectent l'indépendance fonctionnelle.

C.3 APPROCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

A travers les recherches fondamentales initiées dans le projet ANR MAAMI, il s'agit donc de prévenir cette étape de perte de réserve fonctionnelle qui augure l'entrée dans la dépendance en essayant tout d'abord, **de détecter précocement** la fragilisation des mécanismes impliqués dans l'organisation du contrôle de l'action (i.e. les représentations d'actions, la programmation motrice) chez des personnes âgées MCI. En effet, cette organisation issue d'une collaboration très étroite entre processus cognitifs et moteurs, fait intervenir des mécanismes définis comme cognitivo-moteur à savoir de planification, de programmation et de simulation de l'action. Deux études fondamentales ont alors investi les perturbations des processus cognitivo-moteurs chez des personnes âgées MCI.

Plus précisément, la première évalue la véracité des représentations de l'action à travers un paradigme d'imagerie motrice implicite (IMI) de jugement de latéralité manuelle. Cette évaluation interroge les mécanismes engagés inconsciemment dans la réalisation d'actions volontaires (Decety & Jeannerod, 1995; Sirigu et al., 1996). En effet, l'imagerie motrice (IM) est définie comme étant une tâche de simulation mentale de l'action sans exécution réelle. La seconde étude évalue le contenu de la planification et de la programmation motrice lors d'une tâche de coordination entre la posture et le mouvement. Cette évaluation, à travers l'étude de la cinématique du mouvement et des contractions musculaires, permet l'analyse de la robustesse des ajustements posturaux anticipés (Kubicki, Bonnetblanc, Petrement, Ballay, & Mourey, 2012; Man'kovskii, Mints AYa, & Lysenyuk, 1980; Woollacott & Manchester, 1993) chez les personnes atteintes de troubles cognitifs léger en lien avec la MA.

Dans un deuxième temps, il a été question de développer des scénarii de stimulation répondant aux besoins et capacités préalablement identifiées chez les personnes âgées MCI afin de prévenir l'aggravation des déficits cognitivo-moteur et/ ou leur apparition dans les stades les plus avancés de la MA. A travers les capacités robustes aux stades léger et modéré de MA, telle que la mémoire procédurale, il est permis de penser que la réactivation des substrats responsables de l'action par le couplage perception-action permette de développer des processus de compensation liés aux mécanismes de plasticité cérébrale. Il s'agit clairement d'engager le couplage perception-action à travers des exercices moteurs implicites favorisant (1) l'engagement moteur (e.g. la posture et l'équilibre), (2) le maintien et le renforcement des capacités cognitivo-motrices et (3) l'acquisition de nouveaux apprentissages.

De façon innovante, les acteurs du projet MAAMI ont élaboré des outils de stimulation du couplage perception-action à travers la technologie issue de la réalité virtuelle, de l'analyse du mouvement et de la technologie assistant les applications numériques. Le verrou technologique essentiel de ce projet est l'élaboration d'interfaces multimodales fonctionnelles et utilisables dans le cadre de programmes de stimulation et de réhabilitation en centre et/ou à domicile. En outre, la musique devra aider à l'engagement et favoriser l'adhésion à des technologies basées sur l'interface homme-machine, pour une population généralement assez peu coutumière des environnements informatisés. Ceci constitue un autre verrou qu'il se devait d'être lever en définissant les modalités éthiques et comportementales d'intervention et d'interaction auprès des personnes MCI. En somme, c'est à travers une étude de faisabilité

qu'il a été question premièrement **de tester l'acceptabilité et la validité** des technologies issues de la réalité virtuelle par les personnes âgées sans et avec troubles cognitifs. Deuxièmement c'est à partir d'une étude clinique dans un service de soins de suite et de réadaptation qu'il a été **évalué l'efficacité** du dispositif de réalité virtuelle à répondre aux objectifs d'amélioration des capacités posturales et d'équilibre des personnes âgées.

C.4 RESULTATS OBTENUS

Altération des représentations d'actions chez les personnes âgées MCI

Les résultats de notre étude concernant les capacités de représentation de l'action montrent que les personnes MCI restent capables de s'engager dans une tâche de simulation de l'action implicite. Toutefois dans les situations les plus complexes, ces représentations étaient déficitaires. Ces résultats mettent en évidence une fragilisation des représentations d'actions qui pourrait présager d'une altération future des capacités de réalisation de ces actions impliquant le membre supérieur. De manière intéressante, ces résultats permettent également d'envisager le développement d'un outil de stimulation cognitivo-motrice à travers l'IMI et la tâche de jugement de latéralité manuelle. En effet, des études nous ont montré l'impact positif d'un entraînement par imagerie motrice, combinée à la pratique réelle sur les performances motrices. Couplés à la réalisation d'action manuelle et de manipulation d'objets, ces exercices d'IMI pourraient permettre le maintien et/ou le renforcement de la qualité des représentations d'actions relatives aux membres supérieurs chez les personnes MCI particulièrement sujettes aux altérations de la dextérité manuelle telles que les capacités d'écriture (Yan, Rountree, Massman, Smith Doody, & Li, 2008). Sous la forme d'un serious-games utilisé dans le cadre personnel et à domicile ou intégrant des objectifs de rééducation, ces exercices d'IMI participeraient à l'enrichissement de l'environnement de stimulation favorable à la prévention des troubles cognitifs et moteurs liés à la fragilité.

Perturbation des stratégies d'équilibration lors d'une tâche de coordination posture-mouvement chez les personnes MCI

La seconde étude s'est portée sur l'analyse des synergies musculaires engagées durant la période préparatoire - les ajustements posturaux anticipés (APA) lors d'une tâche de pointage du bras dominant en position érigée chez les personnes âgées MCI. Comparativement aux comportements évalués pour le groupe AA, les résultats obtenus par le groupe de sujets MCI montrent des changements de stratégie de gestion de l'équilibre et de la posture et ce, indépendamment de la vitesse d'exécution du pointage qui est similaire dans les deux groupes de personnes âgées. Il a été constaté une rigidification précoce du tronc, préparant le déséquilibre intrinsèque, révélatrice soit d'un comportement surprotecteur et précautionneux (cf. comportement identique chez les personnes atteintes de douleurs lombaires chroniques - Morris and Allison, 2006; Moseley and Hodges, 2005), soit d'une surestimation des conséquences de la perturbation occasionnée par le mouvement d'élévation du bras. La commande motrice issue de la programmation et de planification motrice inclurait une rigidification exagérée du tronc afin d'anticiper cette perturbation surestimée. En résumé, bien que les capacités d'anticipation posturale soient conservées chez les personnes MCI, anticipant de manière précautionneuse la coordination entre la posture et le mouvement, des changements de stratégies sont clairement identifiés.

Un dispositif de réalité virtuelle accepté et efficace dans le cadre du recouvrement des capacités d'ajustements posturaux anticipés chez les personnes âgées fragiles.

Une étude préliminaire a permis d'attester l'accessibilité et l'acceptabilité du dispositif de réalité virtuelle ainsi que les environnements virtuels (EV) associés par les personnes âgées atteinte ou non de troubles cognitifs (Bourrelier et al., 2016). Inscrit dans la continuité, ces EV, créés pour induire implicitement des activités engageant le contrôle de l'équilibre et de la posture des personnes âgées fragiles, ont été proposés dans le cadre d'un programme de réadaptation des capacités posturales et d'équilibre au CHU de Dijon. L'objectif de cette étude clinique a été de quantifier l'efficacité de l'outil de stimulation issu de la RV et de les comparer à un outil de jeux interactifs existant, la Nintendo Wii. Les résultats montrent une amélioration de la vitesse de marche pour l'ensemble des participants après la période de prise en charge. D'une manière très intéressante, il a été mis en évidence un recouvrement partiel des capacités des APA seulement pour les patients du groupe réalité rituelle (RV) comparativement aux patients du groupe Wii (cf. méthode d'évaluation des APA : Kubicki, Fautrelle, Bourrelier, Rouaud, & Mourey, 2016). Ces derniers résultats sont confirmés par l'évaluation fonctionnelle Functional Reach Test où seuls les patients du groupe RV s'améliorent significativement. Cette forme de stimulation non-médicamenteuse construite à partir de l'engagement de mouvements volontaires et des apprentissages implicites dans des EV interactifs semble pertinente dans le cadre du recouvrement d'une partie des capacités d'équilibration chez les personnes âgées fragiles. Quant aux effets bien réels des EV, il reste, pour les optimiser, à en définir une posologie personnalisée dans une population qui se caractérise par son hétérogénéité.

C.5 EXPLOITATION DES RESULTATS

L'enrichissement de l'environnement de stimulation à travers les exergames

L'étude de la fragilité des processus de représentation, de planification et de programmation motrice chez les personnes âgées atteintes de troubles cognitifs légers réalisée dans ce projet a ainsi permis de mettre en évidence l'atteinte précoce des processus liés à l'organisation et au contrôle de l'action dans l'évolution de la maladie d'Alzheimer. En conséquence de quoi, ces avancées replacent l'importance d'une prise en charge anticipée et centrée sur l'action visant ainsi à renforcer les réserves cognitives et motrices par l'enrichissement réfléchi de leur environnement de stimulation de plus en plus technologique.

Dans ce sens, de nouveaux outils ont été pensé et prototypé à travers plusieurs applications stimulant les processus cognitivo-moteur engagé dans l'organisation et le contrôle de l'action. Trois (3) exergames ont été conçu à partir de la méthode d'entraînement par imagerie motrice implicite. Ces derniers, accessible sur internet, font actuellement partis d'une étude de faisabilité et de validité dans le cadre d'un entraînement préventif, suivi en centre et à domicile, chez des personnes âgées atteintes ou non de troubles cognitifs légers en lien avec la MA.

C.6 CONCLUSION

Aujourd'hui, la majorité des études réalisées utilisent les exergames issus du commerce tout public (i.e. console de jeu Nintendo Wii) dont les contenus, les évolutions, les

variables ne sont pas adaptés d'une part, aux objectifs des thérapeutes dans le cadre d'une rééducation des capacités cognitives et motrices et d'autre part, aux besoins et capacités des personnes âgées. Nécessitant une collaboration multi-domaines, les avancées technologiques doivent être mises au service d'une stimulation innovante dans le cadre de la prévention et de la rééducation gériatrique.

C.7 REFERENCES

- Bourrelier, J., Ryard, J., Dion, M., Merienne, F., Manckoundia, P., & Mourey, F. (2016). Use of a Virtual Environment to Engage Motor and Postural Abilities in Elderly Subjects With and Without Mild Cognitive Impairment (MAAMI Project). *Irbm*, 1, 8–13. <https://doi.org/10.1016/j.irbm.2016.02.007>
- Decety, J., & Jeannerod, M. (1995). Mentally simulated movements in virtual reality: does Fitt's law hold in motor imagery? *Behavioural Brain Research*, 72(1–2), 127–134. [https://doi.org/10.1016/0166-4328\(96\)00141-6](https://doi.org/10.1016/0166-4328(96)00141-6)
- Kubicki, A., Bonnetblanc, F., Petrement, G., Ballay, Y., & Mourey, F. (2012). Delayed postural control during self-generated perturbations in the frail older adults. *Clinical Interventions in Aging*, 7, 65–75. <https://doi.org/10.2147/CIA.S28352>
- Kubicki, A., Fautrelle, L., Bourrelier, J., Rouaud, O., & Mourey, F. (2016). The Early Indicators of Functional Decrease in Mild Cognitive Impairment. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 8(August), 193. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2016.00193>
- Man'kovskii, N. B., Mints AYa, & Lysenyuk, V. P. (1980). Regulation of the preparatory period for complex voluntary movement in old and extreme old age. *Human Physiology*, 6(1), 46–50. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7399536>
- Morris, S. L., & Allison, G. T. (2006). Effects of abdominal muscle fatigue on anticipatory postural adjustments associated with arm raising. *Gait and Posture*, 24(3), 342–348. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.10.011>
- Moseley, G. L., & Hodges, P. W. (2005). Are the changes in postural control associated with low back pain caused by pain interference? *The Clinical Journal of Pain*, 21(4), 323–329. <https://doi.org/10.1097/01.ajp.0000131414.84596.99>
- Sirigu, A., Duhamel, J., Cohen, L., Pillon, B., Dubois, B., & Agid, Y. (1996). The Mental Representation of Hand Movements After Parietal Cortex Damage, 273(September), 564–568.
- Woollacott, M. H., & Manchester, D. L. (1993). Anticipatory Postural Adjustments in Older Adults: Are Changes in Response Characteristics Due to Changes in Strategy? *Journal of Gerontology*, 48(2), M64–M70. <https://doi.org/10.1093/geronj/48.2.M64>
- Yan, J. H., Rountree, S., Massman, P., Smith Doody, R., & Li, H. (2008). Alzheimer ' s disease and mild cognitive impairment deteriorate fine movement control. *Journal of Psychiatric Research*, 42, 1203–1212. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2008.01.006>

D LISTE DES LIVRABLES

Date de livraison	N°	Titre	Nature (rapport, logiciel, prototype, données, ...)	Partenaires (souligner le responsable)	Commentaires
03/14 +12 mois	1.1	Accord de propriété intellectuelle	Rapport écrit	Tous, <u>Inserm U1093</u>	
03/17 +48 mois	1.2	Bilan du projet MAAMI	Rapport écrit	Tous, <u>Inserm U1093</u>	
09/2013 +6 mois	2.1	Etat de l'art	Rapport écrit	Tous, <u>Inserm U1093</u>	
09/2013 +6 mois	2.2	Charte d'intervention	Rapport écrit	Tous, <u>Centre Chevrier</u>	
09/2014	3	Elaboration des scénarios	Rapport écrit	Le2i, Centre Chevrier, LEAD, <u>Inserm U1093</u>	
12/2016	4	Veille, spécifications technologiques Cahier des charges des applications	Rapport écrit	Tous, <u>KIWICUBE</u>	
09/2015 +30 mois	5.1	Développement et prototypages des jeux d'images	Produit	Tous, <u>Onze Plus</u>	
09/2015 +30 mois	5.2	Interfaçage et déploiement des jeux d'images	Prototype	Tous, <u>Onze Plus</u>	
11/2015 +32 mois	5.3	Développement et prototypage des jeux de mouvements et de musique	Prototype	Tous, <u>Le2i</u>	Retard 2 mois
09/2015 +32 mois	5.4	Domaine de validité	Rapport écrit Jalon 3	Tous, <u>Le2i</u>	Retard 2 mois
09/2015 +30 mois	6.1	Dossier CPP		CHU, Le2i, <u>Inserm U1093</u>	
12/2016 +46 mois	6.2	Bilan scientifique des essais cliniques	Rapport	CHU, Le2i, <u>Inserm U1093</u>	Retard 4 mois
12/2016 +46 mois	7.1	Axes de développement	Rapport écrit	Tous, <u>Inserm U1093</u>	Retard 4 mois
12/2016 +46 mois	7.2	Publications scientifiques	Articles	Tous, <u>Inserm U1093</u>	Retard 4 mois

E IMPACT DU PROJET

E.1 INDICATEURS D'IMPACT

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

		Publications multipartenaires	Publications monopartenaires
International	Revue à comité de lecture	3	4
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage		
	Communications (conférence)	2	4
France	Revue à comité de lecture		
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage		
	Communications (conférence)	5	
Actions de diffusion	Articles vulgarisation		4
	Conférences vulgarisation	2	5
	Autres	3	

Autres valorisations scientifiques (à détailler en E.3)

	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	
Licences d'exploitation (obtention / cession)	
Créations d'entreprises ou essaimage	
Nouveaux projets collaboratifs	3 projets applicatifs
Colloques scientifiques	2 workshops locaux
Autres (préciser)	

E.2 LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

Publications monopartenaires

- (1) Spada D., Bigand M. (IN PRESS). Coupling music and motion : from special education to rehabilitation. In *The Routledge Companion to Embodied Music Interaction*. Edited by Lesaffre, Maes and Leman.

- (2) Ferreri, L., Bigand, E., & Bugaiska, A. (2015). The positive effect of music on source memory. *Musicae Scientiae*, 19(4), 402-411.
- (3) Ferreri, L., Bigand, E., Perrey, S., Muthalib, M., Baird, P. & Bugaiska, A. (2014). "Less effort, better results: how does music act on prefrontal cortex in older adults during verbal memory encoding? An fNIRS study". *Frontiers in Human Neuroscience*, 8:301.
- (4) Ferreri, L., Bigand, E., Bugaiska, A. (2013). Music influence on prefrontal cortex during episodic encoding and retrieval: a multichannel fNIRS study. *Front. Hum. Neurosci.* <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00779>

Publications multipartenaires

- (1) Kubicki A., Fautrelle L., Bourrelrier J., Rouaud O., Mourey F. (2016). The Early Indicators of Functional Decrease in Mild Cognitive Impairment. *Front. AgingNeurosci.*8:193. doi: 10.3389/fnagi.2016.00193
- (2) Bourrelrier J, Ryard J, Dion M, Merienne F. Manckoundia P and Mourey F (2016) Use of a virtuel environment to engage motor and postural abilities in elderly subjects with and without mild cognitive impairment (MAAMI project). *IRBM* 37 (2), 75-80.
- (3) Bourrelrier J., Kubicki A., Rouaud O., Crognier L., Mourey F. (2015). Mental rotation as an indicator of motor representation in patients with mild cognitive impairment. *Front. AgingNeurosci.*7:238. doi: 10.3389/fnagi.2015.00238

Communications Orales multipartenaires

- (1) Bourrelrier J, Hassani A, Mourey F, Brost V, Yang F and Kubicki A. Kinematic analysis of the frailty effects on the motor planning strategies in aged adults. *SOFAMEA 2015*, Univ. of Geneva, Switzerland. Feb. 2015.

Communications Orales monopartenaires

- (1) Bigand E., Spada D., (2015). The embodied musical experience: from sensory impairments to the Alzheimer's disease. *SOFMER*, Montpellier, Oct. 2015.
- (2) Spada D. (2015). Dance and the Alzheimer's disease. *APIM*, Torino, Italia, Oct. 2015.
- (3) Ferreri, L., Bigand, E., Perrey, S., Muthalib, M., Bugaiska, A. (2014): "Music enhances memory performances in young and older adults by modulating prefrontal cortex activity: an fNIRS study", *9th FENS (Federation of European Neuroscience Societies) Forum*, Milan, Italy 5-9 July 2014.
- (4) Ferreri, L. (2014): "Meno sforzi per più risultati? Musica, memoria verbale e corteccia prefrontale in studi di fNIRS", *AIP (Italian Psychological Association) – experimental session National Conference*, Pavia, Italy, 15-17 September 2014
- (5) Ferreri, L., Bigand, E., Bugaiska, A. (2014): "Music, memory and prefrontal cortex: a multi-channels fNIRS study on encoding and retrieval of verbal material", *The Neuroscience & Music - V*, Dijon, France, 29 May – 1 June 2014.

- (6) Bigand E : Musique et stimulation cognitive, Cerveau Psycho (Mai 2014), Neurologie (Mai 2014), Le cerveau mélomane, Belin 2013, Le cerveau musiciens, Sauramps, 2012.

Communications affichées.

- (1) Bourrel J, Ryard J, Dion M, Merienne F. Manckoundia P and Mourey F. Use of a virtual environment to engage motor and postural abilities in elderly subjects with and without mild cognitive impairment. International Workshop on Aging in the Neuro-Musculo-Skeletal System. Marseille. France. 15-17/03/2016.
- (2) Bourrel J, Kubicki A, Rouaud O, Crognier L and Mourey F. Mental Rotation as an Indicator of Motor Representation in Patients with Mild Cognitive Impairment. Society For Neuroscience 2015. Chicago, IL. USA. 17-21/10/2015.
- (3) Julien Bourrel, Frédéric Mérienne, France Mourey. The virtual reality used to promoting the motor skills. Talent Day by imaginove, Lyon, France. Dec. 2014.
- (4) Bourrel J., Kubicki A. , Crognier L., Mourey F. La capacité à simuler des actions évaluée à travers un paradigme implicite de rotation mentale : impact des troubles cognitifs légers dans le cadre de la maladie d'Alzheimer. 2e congrès européen de stimulation cognitive STIMCO. INSERM-U1093, UFR STAPS, Université de Bourgogne

Articles de vulgarisation

- (1) F.Mourey. Kinésithérapie La revue
- (2) Presse numérique « The conversation » (presse numérique francophone)
- (3) Site Université de Bourgogne « recherche scientifique » (presse numérique locale)
- (4) Le Bien public (presse écrite régionale)

Conférences de vulgarisation

- (1) Bourrel J. Projet MAAMI Maladie d'Alzheimer et Apprentissage Moteur Implicite : Stimuler, Prévenir, Entraîner. ARDIE Club Santé Bourgogne Franche-Comté. Chalon-sur-Saône. 1/10/2015.
- (2) Mourey F. Cerveau, musique et mouvement. France Alzheimer. 02/06/2015. Appoigny. 02/06/2015.
- (3) Mourey F, O Rouaud, Bigand E. Journée Mondiale Alzheimer. projection et débat, « La mélodie d'Alzheimer », Dijon. 16/09/2014.
- (4) E. Bigand : Musique et stimulation cognitive, Cerveau Psycho (mai 2014), Neurologie
- (5) Mourey F. Rééducation et démence. Société de Physiothérapie de Bourgogne Dijon. 03/12/2013
- (6) Mourey F. « Le projet MAAMI ». De la Géro-technologie à la Silver Economie Congrès SFTAG, Paris, 28- 29/11/2013.
- (7) E. Bigand : Le cerveau mélomane, Berlin 2013

Autres actions de diffusion

- (1) Reportages télévisuels - France 3 Bourgogne
- (2) Newsletter Projet MAAMI 4 numéros
- (3) Film promotionnel sur le projet MAAMI

E.3 LISTE DES ELEMENTS DE VALORISATION

La plateforme technologique PeTRiV (Plateforme Technologique de Recherche et Innovation en Immersion Virtuelle) de l'institut image développe des compétences technologiques qui sont mises au service du projet MAAMI.

Le partenariat entre l'Institut Image et la société Fovéa Interactive mis en place dans le cadre du projet MAAMI a pour objectif la mise sur le marché du dispositif « eLiV ». Cet équipement d'immersion virtuelle conçu et développé par l'Institut Image et adapté aux besoins du projet est prévu d'être commercialisé par la société Fovéa Interactive à terme.

La plateforme logicielle pour l'immersion virtuelle de l'Institut Image « iiVR », enrichie de modules spécifiques développés dans le cadre du projet MAAMI va permettre le développement des démonstrateurs qui seront utilisés dans le cadre des essais cliniques. A terme, il sera envisagé de publier la plateforme logicielle selon un modèle « Open Source ».

Sur tablette, une application minimum permettant de débiter les expérimentations a été livrée le 19 septembre 2014. Les travaux se sont centrés sur l'application « Puzzle ». Une description de son fonctionnement a été discutée entre les différents acteurs du projet et la société de sous-traitance Fovea Interactive. Un logiciel commun sera créé à l'issue de ce projet ANR. Il contiendra plusieurs applications permettant d'observer, d'imiter, d'imaginer, de manipuler mentalement. Il permet un enchaînement de vidéo ou d'image avec ou sans musique ou son associés. Les résultats correspondent à des temps de réponse, à plusieurs types de réponse (oui, non, sélection d'image, remettre dans l'ordre une suite d'image décrivant une action).

La plateforme d'étude du mouvement Etienne Jules Marey de l'INSERM U1093 accueille les prototypes de réalité virtuelle et de serious-games. Ces prototypes sont utilisés dans le cadre de la mise en place d'entraînement, d'évaluation et de suivi pour la prévention primaire et secondaires chez les personnes âgées. Ils sont le support de projets régionaux et nationaux menés avec des partenaires publics et privés (CARSAT, MGEN, Mutualité Française, OPAD).

La création d'un site internet d'hébergement pour nos applications « Perception d'Actions » a été créé à l'adresse suivante : <http://maami-appli.fr/index.html>. Cette plateforme servira à l'application de l'étude clinique. Les méthodes de communications et de diffusion en faveur du grand public restent à définir.

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

Identification		Avant le recrutement sur le projet			Recrutement sur le projet			Après le projet		Type d'employeur (5)	Type d'emploi (6)	Lien au projet ANR (7)	Valorisation expérience (8)
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)		
Bourrelier Julien	H	julien.bourrelier@u-bourgogne.fr	01/2017	Master 2	France	1	U1093	doctorant	36	Mars 2016	post-doc France	partenaire	Valorise
Kubicki Alexandre	H	Alexandre.Kubicki@u-bourgogne.fr	01/2017	Doctorat	France	3	U1093	Post-doctorat	12	Mars 2015	CDI	-	Valorise
Carlini Alessandro	H	Alessandro.Carlini@u-bourgogne.fr	15/09/14	Thèse	UE		LEAD	IR	2		CDD	partenaire	Valorise
Ferreri Laura	F	lf.ferreri@gmail.com	15/09/14	Master	UE	2	LEAD	IE	9	Aout 2014	ATER France Post-doc Espagne	partenaire	Valorise
COUSIN Joffrey	H	cousin.joffrey@gmail.com		MASTER Imagerie et Intelligence Artificielle (2012)	Dijon - France	1,5	ENSAM - Institut Image	IE	12		CDD	-	valorise
RYARD Julien	H	Julien.ryard@ensam.eu		Master	Dijon, France	4	ENSAM - Institut Image	IE	12		CDD	Partenaire	Valorise
AYKENT Baris	H	Baris.aykent@ensam.eu	Juin 2015	Doctorat	Chalon, France	2	ENSAM - Institut Image	Post-doctorant	12		CDD	Partenaire	Valorise
Philippe Labouré	H	informatique@11plus.fr		Master (DEA) informatique	Dijon	19	ONZE PLUS	Ingénieur	10		CDI	Partenaire	valorise
Spada Danilo	H	Danilo.spada@harmodio.org	Doctorat	Italia et France	5	LEAD	Ingénieur	10	Aout 2016	CDD	Recherche et enseignement	partenaire	Valorise

