

Projet ANR-07-TECSAN-004-01

EPIMOUV

Programme TecSan 2007

A	IDENTIFICATION.....	2
B	RESUME CONSOLIDE PUBLIC	3
B.1	Instructions pour les résumés consolidés publics	3
B.2	Résumé consolidé public en français	4
B.3	Résumé consolidé public en anglais.....	5
C	MEMOIRE SCIENTIFIQUE.....	6
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	9
C.5	Exploitation des résultats.....	10
C.6	Discussion	10
C.7	Conclusions.....	10
C.8	Références.....	11
D	LISTE DES LIVRABLES.....	12
E	IMPACT DU PROJET	13
E.1	Indicateurs d'impact	13
E.2	Liste des publications et communications.....	14
E.3	Liste des éléments de valorisation.....	15
E.4	Bilan et suivi des personnels recrutés en CDD (hors stagiaires)	17

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	EPIMOUV
Titre du projet	Caractérisation et détection des mouvements durant les crises d'épilepsie à des fins d'alarme, pour un usage en institution et en famille
Coordinateur du projet (société/organisme)	CEA/DRT/LETI
Période du projet (date de début – date de fin)	01/01/2008-30/06/2011
Site web du projet, le cas échéant	

Rédacteur de ce rapport	
Civilité, prénom, nom	Mr. Stéphane Bonnet
Téléphone	04 38 78 40 70
Adresse électronique	stephane.bonnet@cea.fr
Date de rédaction	17 octobre 2011

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)	Association EPI : Mr. Bernard Thomas-Vialettes CEA/DRT/LETI : Mr. Stéphane Bonnet CHU Grenoble : Mr. Philippe Kahane CTR Médical : Mr. Sylvain Julien FCEs : Mr. Daniel Ejnes MOVEA : Mr. Yanis Caritu
---	---

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.

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 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).

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.

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

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.

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 € »

B.2 RESUME CONSOLIDE PUBLIC EN FRANÇAIS

EPIMOUV : Système d'alarme en établissement médico-social pour l'épilepsie.

Enjeux et objectifs du projet EPIMOUV

L'épilepsie est l'une des maladies neurologiques les plus fréquentes. Elle s'exprime de façon paroxystique et inattendue par des crises dont l'expression, la sévérité, et la fréquence varient.

L'objectif global du projet ANR TecSan EPIMOUV est d'augmenter l'autonomie des personnes souffrant d'une épilepsie pharmaco-résistante tout en préservant leur sécurité. Le projet vise à développer un **système d'alarme** en cas de crise épileptique nocturne d'une personne en analysant ses mouvements à partir de capteurs (accéléromètres sans fil) portés au poignet et au torse. Les comportements moteurs aux cours des crises épileptiques sont en effet fréquents, et leur signification topographique est variable en fonction de leur type tout en étant reproductible pour un même sujet.

Le système d'alarme est spécifié, conçu et entièrement réalisé pendant la durée du projet avec une phase de validation en établissement médico-social, incluse dans un protocole de recherche clinique. Le bénéfice attendu pour les professionnels de santé est d'optimiser la surveillance des résidents. Le bénéfice attendu pour les patients est également d'améliorer le diagnostic de leur maladie en caractérisant mieux leurs crises.

Technologies utilisées

Le projet ANR TecSan EPIMOUV est construit sur la base de briques technologiques pré-existantes, telles que les capteurs de mouvement MOTIONPOD™ (MOVEA), le système de gestion d'alarme en établissement médico-social (CTR) et les premières caractérisations de crise obtenues dans le projet CAPAMETRIM (CEA, CHU). L'agrégation de ces modules en vue d'un système d'alarme automatique est le cœur du projet.

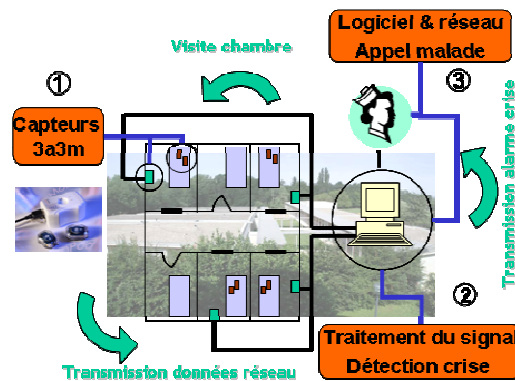
La mesure est donc basée sur les capteurs de mouvement et intégrés dans une chaîne globale de traitement de l'information allant du résident au professionnel de Santé, prévenu par le système d'alarme médicalisée lors de la détection automatique de crises par un logiciel. Plusieurs algorithmes de reconnaissance de typologie de gestes ont ainsi été spécifiquement développés. Ce système innovant est d'abord testé en situation familiale puis ensuite validé en établissement médico-social auprès de 4 résidents (Foyer d'Accueil Médicalisé Les 4 Jardins, Saint Étienne de Saint Geoirs, F-38).

Résultats

La validation en institution a duré 6 mois après certification du matériel, accord de l'AFSSAPS et obtention d'un accord du CPP. Au total, le nombre de crises d'épilepsie détectées fut 7 sur 8 et le nombre d'évènement détectés, et considérés par le personnel comme 'non crise', est de 90 sur 109 nuits d'enregistrement. Ce résultat est à mettre en perspective avec les visites qui ont lieu actuellement toutes les 2 heures dans chaque chambre. Le personnel de l'établissement juge encore ce système trop complexe et pas assez robuste pour imaginer étendre la surveillance à tout l'établissement, même s'il le trouve sécurisant et souhaite le conserver pour les 4 chambres déjà en test.

Dissémination

Les travaux en lien avec la caractérisation et la détection des crises d'épilepsie ont fait l'objet de deux publications dans des revues à comité de lecture [Becq, 2011], [Bonnet, 2011] et ils ont fait l'objet de plusieurs articles de conférence notamment nationales aux Journées Françaises de l'Epilepsie et internationales comme IEEE EMBC. Un brevet a été déposé par le CEA et MOVEA sur le système et procédé de détection de crise d'épilepsie d'une personne épileptique allongée.



Vue synoptique du système EPIMOUV déployé au Foyer d'Accueil Médicalisé (FAM)

Le projet EPIMOUV est un projet de recherche industrielle coordonné par le CEA/DRT/LETI. Il associe aussi les sociétés MOVEA et CTR Médical, l'association EPI, la fondation FCEs, ainsi que le laboratoire LNPPE du CHU de Grenoble. Le projet a commencé en janvier 2008 et a duré 42 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 450,466 € pour un coût global de l'ordre de 839,349 €

B.3 RESUME CONSOLIDE PUBLIC EN ANGLAIS

EPIMOUV ... A FAIRE

C MEMOIRE SCIENTIFIQUE

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

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

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

Mémoire scientifique confidentiel : ☒ oui / non

C.1 RESUME DU MEMOIRE

Ce résumé peut être repris du résumé consolidé public.

L'épilepsie est l'une des maladies neurologiques les plus fréquentes. Elle s'exprime de façon paroxystique et inattendue par des crises dont l'expression, la sévérité, et la fréquence varient. 30% des épilepsies résistent aux différents antiépileptiques. L'objectif global du projet ANR TECSAN EPIMOUV est d'augmenter l'autonomie des personnes souffrant d'une épilepsie pharmaco-résistante tout en préservant leur sécurité. Le projet a eu une durée de 3.5 ans (janv. 2007- juil. 2011). La mesure est basée sur les capteurs de mouvement de la société MOVEA, intégrés par le CEA dans une chaîne globale de traitement de l'information allant du résident au professionnel de Santé, prévenu par le système d'alarme médicalisée de la société CTR lors de la détection automatique de crises. Des algorithmes de reconnaissance de typologie de gestes ont ainsi été spécifiquement développés. Ce système innovant a d'abord été testé en situation familiale par l'association EPI, et il a ensuite été validé en établissement médico-social par la FCES auprès de 4 résidents (Foyer d'Accueil Médicalisé Les 4 Jardins, Saint Étienne de Saint Geoirs, F-38).

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).

De manière générale, une personne ayant une **épilepsie pharmaco-résistante** est tenue, pour sa sécurité, d'être sous la surveillance permanente d'un tiers : parent, professionnel... En effet, une crise d'épilepsie ne prévient pas, elle peut présenter un **risque vital** et enfin la personne peut ne pas pouvoir déclencher volontairement une alarme. L'objectif global du projet EPIMOUV est **d'augmenter l'autonomie** des personnes souffrant d'une épilepsie pharmaco-résistante tout en **préservant leur sécurité**.

Différentes techniques existent dans l'état de l'art pour la **détection de crises d'épilepsie** : on distingue celles basées sur l'analyse de l'activité électrique du cerveau par **électro-encéphalographie** (EEG) de celles basées sur des variations de paramètres physiologiques. Dans le premier cas, on recherche la survenue d'événements caractéristiques dans le tracé EEG qui soient des marqueurs robustes de la crise. Dans le second cas, on cherche à détecter, soit par des capteurs portés par la personne (mesure de rythme cardiaque, mesure de mouvement...), soit par des capteurs déportés (généralement situés sous le lit) des variations de paramètres qui pourraient, de manière moins spécifique que l'EEG, être des marqueurs indirects de la crise. Des systèmes commerciaux sont à présent disponibles (système ItsDesign) mais ils peinent encore à répondre aux attentes des professionnels de Santé.

L'utilisation de **capteurs inertiels/magnétiques** est aujourd'hui en plein essor dans les applications biomédicales. Leurs principaux avantages résident dans la forte miniaturisation, l'autonomie, le caractère peu intrusif et l'utilisation sans contrainte spatiale. **Dans des environnements contrôlés de laboratoire, ils ont démontré une bonne précision pour l'analyse des membres supérieurs (analyse cinématique) et des membres inférieurs (analyse de la marche).** En institutions spécialisées, il existe un besoin de surveiller une personne dans sa chambre et de collecter des données à grande échelle pour une analyse rétrospective des données (analyse du sommeil). Ce besoin est aussi justifié pour une analyse temps-réel des données et la détection d'événements paroxystiques ou sévères. Ainsi, EPIMOUV vise à développer un système d'alarme en cas de crise épileptique nocturne d'une personne en détectant et analysant ses mouvements à partir de capteurs portés. L'analyse diurne n'est pas abordée pendant ce travail.

Une équipe belge a déjà publié des travaux sur l'utilisation d'un accéléromètre dans un environnement hospitalier en se restreignant à une analyse visuelle des signaux [Nijsen, 2010]. Pendant le projet, les travaux d'une équipe israélienne [Kramer, 2011] ont été publiés sur la même thématique. Les travaux engagés dans EPIMOUV font suite à ceux réalisés par le CEA et le CHU dans le cadre de l'AO STIC Santé (projet CAPAMETRIM, ITS 2005, promotion CHU Grenoble 0619, CPP Sud Est V, n°2006/08/006) et qui avaient également objectivé des signatures de mouvement pendant la crise à partir de capteurs inertiels/magnétiques.

Le gain attendu d'un tel système est une meilleure qualité de vie en termes d'autonomie, d'intimité et de sentiment de sécurité pour les personnes épileptiques, ceci doublé d'une meilleure sécurité objective. Il permettra aussi de réduire les coûts de surveillance en institution et facilitera l'intégration des personnes épileptiques en milieu non spécialisé pour leur pathologie. De plus, des nuits moins perturbées (portes fermées) devraient avoir un impact mesurable sur l'état de fatigue des résidents et par conséquent le nombre de crises ainsi que leur gravité.

C.3 APPROCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

L'approche scientifique du projet EPIMOUV est abordée d'une part par une caractérisation fine et experte des patterns moteurs durant la crise et d'autre part par une discrimination robuste de tels patterns d'avec d'autres mouvements se produisant pendant la nuit. Les problématiques abordées sont donc complémentaires et l'expertise du CHU de Grenoble en épilepsie a constamment été sollicitée pendant la durée du projet.

La caractérisation de crises d'épilepsie par analyse de mouvement est basée sur un travail **d'expertise clinique** dans l'unité d'épileptologie du CHU de Grenoble. Dans cette unité, le sujet est placé en observation sur des périodes répétées de plusieurs heures. En plus de la mesure EEG/vidéo utilisée en routine, des signaux issus de capteurs de mouvement (système TRIDENT certifié, CEA/LETI) sont enregistrés de manière synchronisée. Les capteurs de mouvement sont placés aux poignets et à la tête. L'analyse rétrospective de ces différents enregistrements permet de décrire de manière précise l'organisation spatio-temporelle de la crise et préciser les différentes sous-phases en respectant la sémiologie usuelle (phase clonique, tonique, tonico-clonique...). Cette base de données annotée permet ensuite de sélectionner les caractéristiques les plus adaptées pour différencier des phases temporelles dans la crise. Elle permet en outre de mettre en évidence des signatures en termes de mouvement. Le travail réalisé pendant le projet EPIMOUV consiste donc à mettre en place une telle chaîne expérimentale et de l'inclure dans la pratique hospitalière (CPP CAPAMETRIM2, Promotion CHU de Grenoble 0905 – n° 2009-A00196-51). Il s'agit ensuite de mettre au point un logiciel d'annotation et de caractérisation qui permet au vu des signaux EEG/vidéo d'attribuer une classe aux segments temporels de mouvement. Enfin, des techniques d'apprentissage automatique et de sélection de variable permettent d'avoir une caractérisation fine des patterns moteurs. Ces travaux ont fait l'objet d'une publication dans une revue à comité de lecture [Becq, 2011] et a fait l'objet de plusieurs articles de conférence.

La détection de crises d'épilepsie nocturne par analyse de mouvement reprend des idées communes aux techniques mises en place au CHU. Toutefois, d'autres contraintes s'ajoutent avec notamment le temps de traitement et le compromis sensibilité/spécificité de la détection. Le système de détection est d'abord mis en place en **situation familiale** auprès des enfants des parents de l'association EPI. La phase dite

d'apprentissage permet d'identifier dans un premier temps les instants autour desquels la crise a eu lieu d'après la surveillance des parents. Le logiciel d'acquisition (Logiciel Epilog) permet à la fois l'enregistrement des signaux issus de capteurs de mouvement (système STARWATCH, CEA/LETI) et l'annotation. Un biais peut survenir dans l'annotation pour des crises non vues, ou de faible intensité. Ensuite, des techniques d'apprentissage automatique (*machine learning*) permettent d'estimer une première fonction de décision. Les premières versions du système de détection sont basées sur des critères, assez naturels, d'énergie et de périodicité dans les signaux pour déclencher une alarme. Ensuite une modélisation probabiliste des observations (moyenne et énergie) ainsi qu'une modélisation Markovienne des processus pour décrire les probabilités de changements d'états pendant la crise ont permis d'améliorer la spécificité de la détection. Le schéma consiste alors à évaluer sur une fenêtre temporelle d'observations la vraisemblance d'un modèle de crise versus la vraisemblance d'un modèle général de mouvement. La sémiologie des états est ici différente de celle de l'hôpital avec des états de repos, petit tremblement... Différents modèles de crise peuvent ainsi être testés voire adaptés pour chaque épileptique. Un brevet a ainsi été déposé par le CEA et MOVEA sur un tel système et procédé de détection de crise d'épilepsie d'une personne épileptique allongée. Ces travaux ont également fait l'objet de plusieurs articles de conférence notamment à IEEE EMBC.

Un logiciel de détection (Logiciel Epilog v5.2) a ainsi pu être testé auprès des enfants des parents de l'association EPI. Ces derniers étant prévenus par un signal sonore de la détection de crise par le système. A leur charge, d'annoter les événements tels qu'ils les ont observés. Un biais peut là encore survenir dans l'annotation pour des crises non vues, ou de faible intensité. La relation assez particulière créée entre les différents acteurs a été analysée d'un point de vue anthropologie des connaissances dans [Soler, 2010].

Le système de détection de crises d'épilepsie nocturne par analyse de mouvement est ensuite spécifié, conçu et réalisé (**document joint en annexe**) pour être mis en œuvre dans un nouvel établissement médico-social. Le foyer d'accueil médicalisé de St Etienne de St Geoires (38), a ainsi été officiellement inauguré pendant le projet (30-11-2009) et l'expérimentation clinique a de nouveau nécessité l'acceptation d'un dossier auprès du comité de protection des personnes. La FCEs a ainsi fait les démarches pour réaliser cette étape (CPP, avis favorable au 8 sept. 2010, n° AFSSAPS : 2010-A00658-31). L'approche scientifique est assez similaire à celle observée en situation familiale. La différence majeure vient des technologies déployées avec l'utilisation notamment de nouveaux types de capteurs de mouvement (système MOTIONPOD, MOVEA). Ce produit industriel est un système innovant de capture de mouvement dont les particularités sont principalement la transmission sans fil, la forte intégration des capteurs MEMS (combinaison accéléromètres et magnétomètres), et le nombre élevé de points de mesures. Plus précisément, un/plusieurs capteur(s) de la taille d'une montre sont disposés sur un/plusieurs segments corporels (torse/poignet) présentant une activité motrice stéréotypée pendant la crise d'épilepsie. Chaque capteur est autonome et dispose de sa propre batterie. Le capteur est sensible aux rotations dans l'espace 3-D ainsi qu'aux accélérations pendant les mouvements.

Ce système est la version industrielle du système STARWATCH, CEA utilisé en situation familiale dont il partage de nombreux aspects. Ici toutefois, l'ergonomie de la fixation du capteur au poignet et le système de recharge des capteurs ont été repensés par MOVEA pour le projet.

Les données sont transmises par radiodepuis les capteurs vers le concentrateur présent dans la chambre et elles sont ensuite redirigées vers un serveur de traitement en lien avec un système d'alarme médicalisé. Le CEA a développé sur la base du récepteur MOVEA une nouvelle plateforme de réception (MotionPod Ethernet certifié 10/11/2010, CEA/MOVEA) qui envoie les données directement sur Ethernet vers un serveur de calcul et non plus vers un PC par lien USB qui aurait été présent dans chaque chambre. Le CEA a également travaillé avec CTR Médical et les professionnels de Santé pour spécifier et réaliser au mieux l'interfaçage entre ce prototype de système de détection et un système professionnel d'alarme médicalisé déjà mis en place dans l'établissement. Le développement technique de la solution dans le projet EPIMOUV est donc contraint par de nombreux aspects d'ordre technique et lié à la pratique courante des professionnels de Santé. 5 chambres ont été ainsi équipées par le CEA et CTR Médical avec une mise en route progressive : détection silencieuse au début, puis active sur une chambre, puis sur l'ensemble des

chambres. Ces travaux ont fait l'objet d'une publication dans une revue à comité de lecture [Bonnet, 2011] et a fait l'objet de plusieurs articles de conférence.

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.

Les différents livrables associés à différents 'workpackages' ont été renvoyés à l'ANR et illustrent le travail effectué et les résultats obtenus.

L'arrivée tardive du post-doctorant G. Becq au CHU a décalé d'un an le WP1 lié au travail à l'hôpital mais cela n'a pas vraiment eu d'incidence sur le cours du projet. Durant la période de **l'essai clinique** du 13/05/2009 au 22/10/2010, 50 sujets ont participé à l'étude. 98 crises ont été enregistrées et 30(+) sont d'intérêt pour l'étude. Deux bases de données anciennes collectées en 2005-2006 (DB0) et 2006-2007 (DB1) ont été adjointes à cette nouvelle base de données (DB2). Elles contiennent respectivement 18 sujets, 28 crises (13 -, 15 +) et 18 sujets, 42 crises (34-, 8+). Au final, DB0 contient 15 crises, DB1, 8 crises et DB2 30 crises. L'analyse des crises a nécessité la mise en place d'un logiciel de relecture et d'analyse des signaux synchronisés. Après l'étape de caractérisation des manifestations motrices avec notamment l'exploration de caractéristiques temps-fréquence, le CHU a proposé une détection simple des crises tonico-cloniques secondairement généralisées, reposant sur un classifieur entraîné à partir d'une décomposition en trois classes sur une caractéristique d'entropie de la norme de l'accélération. Une détection en 5 s avec 1 capteur montre qu'une sensibilité de 94% pour une spécificité de 84% est possible sur la base des données collectées. La règle de décision, assez simple, est de type arbre décisionnel.

Les résultats obtenus en situation familiale (WP2) sont d'une part une bonne acceptation du prototype par les jeunes épileptiques et d'autre part le développement d'un premier prototype de système de détection. Avec la méthode d'apprentissage présentée, les performances suivantes sont obtenues, pour une fenêtre d'analyse de 45 secondes :

- SUJET 1 : 88% des crises détectées, 1 fausse alarme toute les 2 nuits. 25% des alarmes sont des fausses alarmes.
- SUJET 2 : 89% des crises détectées, 0.7 fausse alarme par nuit. 32% des alarmes sont des fausses alarmes.

Ici, l'usage d'un second capteur porté au torse permet d'inhiber la détection dans le cas de levers pendant la nuit ; cette précaution permet d'abaisser significativement le taux de fausses alarmes. La validation en situation familiale a permis de mieux appréhender la problématique finale, de se confronter à des situations réelles qui préfigurent celles du FAM. Les performances sont jugées compatibles avec les critères fixées par EPI pour les tests au FAM. Toutefois, seul 2 sujets ont réellement enrichi la base de données d'un point de vue événement de crise et qualité d'annotation.

Les résultats obtenus dans le WP3 lors de l'expérimentation au FAM portent sur la période de l'expérimentation du 25/01/11 au 26/06/11. Cette validation a fait l'objet d'une extension de 6 mois du projet EPIMOUV. Une limite forte a été rencontrée lors de l'interaction du système et le personnel avec en particulier la familiarisation avec le dispositif, le turn-over du personnel, l'interface « soignant-dispositif »... et d'autre part des difficultés de mise en œuvre et des problèmes techniques répétitifs. On peut noter une évolution notable de la fiabilité du système dans la deuxième partie de l'expérimentation (à partir d'avril) après la robustification de la chaîne d'acquisition et un respect plus important du protocole.

D'un point de vue quantitatif, 5 chambres ont été câblées bien que 4 chambres seulement aient été surveillées. Au total, le nombre de crises d'épilepsie détectées fut 7 sur 8 et le nombre d'événement détectés, et considérés par le personnel comme « non crise », est de 90 sur 109 nuits d'enregistrement (77 nuits au total). Ce résultat est à mettre en perspective avec les visites qui ont lieu actuellement toutes les 2 heures dans chaque chambre. Au final, peu de crises (**au nombre de 8 crises s/ 6 mois !**) auront été constatées par le personnel sur les personnes participants à l'expérience et peu de détails auront été donnés par ce même personnel sur le type de fausses alarmes pour améliorer la spécificité du système.

C.5 EXPLOITATION DES RESULTATS

A la fin du projet EPIMOUV, le système reste opérationnel sur place au FAM tant que la durée du CPP le permet, c-a-d jusqu'au 30 octobre 2011. La FCEs reste fortement motivée par une suite à cette expérimentation tant d'un point de vue médico-social (système d'alerte) que médical (meilleure connaissance des manifestations nocturnes). Toutefois le personnel de l'établissement juge encore ce système trop complexe et pas assez robuste pour imaginer étendre la surveillance à tout l'établissement, même s'il le trouve sécurisant et souhaite le conserver pour les 4 chambres déjà en test.

Des contacts ont été pris avec des industriels Vigilio, H2AD et Assiteo pour aller vers une industrialisation possible de cette solution. Une action est actuellement en cours auprès du cluster Rhone-Alpes Icare pour inscrire la suite d'EPIMOUV dans une approche Living Lab (visite au FAM de Gérald Comtet du 20 juin 2011).

La méthodologie de traitement de l'information mise en œuvre dans ce projet a également fait l'objet d'autres brevets pour d'autres applications de la part du CEA et en collaboration avec MOVEA. Ainsi l'analyse de mouvements humains par des modèles de Markov cachés a pu naturellement trouver d'autres cas pratiques d'utilisation comme notamment en actimétrie (analyse de l'activité et de la posture d'une personne à partir de capteurs embarqués).

C.6 DISCUSSION

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

Les objectifs initiaux ont globalement été tenus et les différents systèmes se sont avérés fonctionnels aussi bien en situation clinique, familiale et institutionnelle. Des difficultés importantes ont toutefois été rencontrées lors de la validation en établissement : il semble donc naturel de repenser la solution technique proposée pour pleinement répondre aux attentes et contraintes des professionnels de santé. Cela pourra être réalisé avec un industriel du domaine. Les perspectives envisagées sont donc liées au transfert industriel de cette solution de surveillance de pathologies chroniques à travers des capteurs de mouvement qui seraient interfacés avec un système d'alarme professionnel.

L'intérêt d'une recherche appliquée en milieu médico-social est d'être plus proche d'une situation dite écologique pour les patients/résidents, tout en bénéficiant d'une infrastructure et de personnel formé. EN ce sens EPIMOUV est un projet atypique qui ouvre la voie vers un nouveau cadre d'expérimentations. Les suites du projet pourraient être soit de conforter la validation clinique de la détection dans (d'autres) foyers et pour plus de sujets (nécessaire et permet de ne pas casser la dynamique d'EPIMOUV), soit de développer un produit industriel adapté.

Enfin, l'impact du projet EPIMOUV pourrait être renforcé en croisant de nouveau les expertises obtenues avec l'expertise médicale. Ainsi un retour d'information de l'institution vers le clinique pourrait améliorer la prise en charge des résidents et inversement améliorer la procédure d'inclusion par une meilleure connaissance de la sémiologie de la crise.

C.7 CONCLUSIONS

Sur la base des résultats obtenus en clinique, il semble acquis que les différents types de crises épileptiques puissent être spécifiquement reconnus et identifiés sur la base de la signature 3-D des mouvements qui les caractérisent. Ce projet a permis de fournir aux cliniciens non seulement un outil de détection des crises épileptiques spécifique et sensible, mais aussi un outil diagnostique complémentaire au monitoring vidéo-(s)EEG classique, peu onéreux et d'utilisation simple. Au-delà, la quantification 3-D du mouvement par un système embarqué sur la personne est susceptible d'intéresser toute la communauté scientifique et médicale travaillant sur le mouvement, pathologique comme normal.

Sur le versant détection, le projet EPIMOUV, en 3 ans de construction et d'évolution, s'est fixé plusieurs objectifs :

- Détecter les mouvements nocturnes liés aux crises d'épilepsie des résidents en institution

- Alerter les professionnels à bon escient
- Trouver un système respectant le confort et l'intimité du résident

Pour chacun de ces objectifs, il semble évident que plus de temps est nécessaire pour converger vers une solution stable, pratique et aussi pour affiner l'algorithme servant à la détection des crises et vérifier efficacement sa capacité « auto-apprenante ».

A ce jour, les dysfonctionnements encore trop nombreux sur les étapes précédentes à cette détection n'ont pas pleinement permis au personnel de la FCEs de ressentir, ni de démontrer l'efficacité de ces détections. D'un point de vue quantitatif, les performances du système au niveau des détections et des alertes renvoyées semblent pourtant prouver le contraire.

Pour ce qui concerne le confort et l'intimité du résident, il semble que le prototype réfléchi et mis en place respecte son objectif lors de son fonctionnement, c'est-à-dire une fois que le système est en marche. A l'inverse, il est très contraignant et intrusif au moment de la pose de celui-ci, soit de l'exécution de tout le processus de mise en route. Là aussi des progrès certains peuvent être réalisés, car lorsque le système fonctionne dès le premier démarrage, ces intrusions deviennent plus limitées et le système est alors rassurant. Pour conclure, il est important de souligner l'implication de tous dans ce projet et l'espoir que les professionnels de la FCEs ont en ce prototype. L'intérêt de cet outil est réel et l'établissement reste prêt à s'engager pour la suite du projet, qu'il souhaite voir évoluer.

C.8 REFERENCES

[Kramer, 2011] U. Kramer, S. Kipervasser, A. Shlitner, R. Kuzniecky, "A novel portable seizure detection alarm system: preliminary results," *Journal of Clinical Neurophysiology* (2011) vol. 28, no. 1, pp. 36-38.

[Nijsen, 2010] T.M.E. Nijsen, R.M. Aarts, P.J.M. Cluitmans, and P.A.M. Griep. Time-frequency analysis of accelerometry data for detection of myoclonic seizures. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, 14(5) :1197–1203, 2010.

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.

Le tableau suivant reprend le tableau des livrables tel que défini au début du projet. Il mentionne l'ensemble des livrables, y compris les livrables abandonnés (#). Aucun autre livrable non prévu dans la liste initiale n'a été fourni.

Date de livraison	N°	Titre	Nature (rapport, logiciel, prototype, données, ...)	Partenaires (souligner le responsable)	Commentaires
26/06/2009	1	WP1 :Second système d'acquisition en clinique	Logiciel + matériel	<u>CEA</u> , CHU	
27/06/2011	2	WP1 :Logiciel de caractérisation de crise	Logiciel	<u>CHU</u> , CEA	Déposé sur le site Mathworks sous licence BSD
27/06/2011	3	WP1 :Rapport d'évaluation	Rapport	<u>CHU</u> , CEA	
15/07/2008	4	WP2 :Logiciel d'acquisition en situation familiale (PC)	Logiciel + matériel	<u>CEA</u> , EPI	Logiciel Epilog V4.1.1
11/12/2008	5	WP2 :Logiciel de détection en situation familiale (PC)	Logiciel + matériel	<u>CEA</u> , EPI	Logiciel Epilog V5.0
19/10/2009	6	WP2 : Rapport d'évaluation	Rapport	<u>EPI</u> , CEA	
16/03/2010	7	WP3 : Spécification infrastructure matérielle	Rapport	<u>CTR</u> , FCEs, CEA, EPI	Ce rapport a été rédigé principalement par le CEA.
	8	WP3 : Logiciel d'apprentissage et de détection en établissement (serveur)	Logiciel + matériel	<u>CEA</u> , CTR	
02/10/2011	9	WP3 : Rapport d'évaluation (détection avec portes ouvertes)	Rapport	<u>FCEs</u> , CEA	Ces 2 rapports sont fusionnés.
02/10/2011	10	WP3 : Rapport d'évaluation (détection avec portes fermées)	Rapport	<u>FCEs</u> , CEA	
abandonné	11	WP4 : Logiciel de détection en situation familiale (PDA)	Logiciel + matériel	CEA, MOVEA	
abandonné	12	WP4 : Rapport final d'évaluation	Rapport	FCEs	
12/09/2008	13	Rapport d'avancement N°1	Rapport	CEA	
03/04/2009	14	Rapport d'avancement N°2	Rapport	CEA	
18/09/2009	15	Rapport d'avancement N°3	Rapport	CEA	
09/02/2010	16	Rapport d'avancement N°4	Rapport	CEA	
27/07/2010	17	Rapport d'avancement N°5	Rapport	CEA	
14/02/2011	18	Rapport d'avancement N°6	Rapport	CEA	
19/10/2011	19	Rapport de synthèse	Rapport	CEA	Cf. ce document

A noter que même si le livrable 11 a été abandonné, un prototype de MOTIONPOD Bluetooth a été réalisé pendant la durée du projet en collaboration entre le CEA et MOVEA. Ce dispositif est aujourd'hui interfacé avec un PDA.

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)

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

		Publications multipartenaires	Publications monopartenaires
International	Revues à comité de lecture	+1 (CBM 2011)	
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage		
	Communications (conférence)	+1 (pHealth 2011)	+1 (IEEE EMBC 2010) +1 (IEEE EMBC 2009)
France	Revues à comité de lecture	+1 (IRBM 2011) +1 (Rev. Anthropol.)	
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage		
	Communications (conférence)	+1 (JFE 2008)	+2 (JFE 2010)
Actions de diffusion	Articles vulgarisation		
	Conférences vulgarisation	+1 (Conférence Télécom ParisTech) +1 (Colloque TecSan)	
	Autres	+1 (Cahier ANR)	+1 (Annual Review, LETI)

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	1
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	
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 XX en suivant les normes éditoriales habituelles. En ce qui concerne les conférences, on spécifiera les conférences invitées.

Revues à Comité de Lecture

- G. Becq, S. Bonnet, L. Minotti, R. Guillemaud and P. Kahane, "Classification of epileptic motor manifestations using attitude sensors," *Computers in Biology and Medicine*, vol. 41 no. 1, 2011, pp. 46-55.
- S. Bonnet, P. Jallon, A. Bourgerette, M. Antonakios, R. Guillemaud, Y. Caritu, G. Becq, P. Kahane, P. Chapat, B. Thomas-Vialettes, F. Thomas-Vialettes, D. Gerbi and D. Ejnes, An Ethernet motion-sensor based alarm system for epilepsy monitoring, IRBM, Volume 32, Issue 2, NUMERO SPECIAL ANR TECSAN - Technologies pour la sante et l'autonomie, April 2011, pp. 155-157.
- J. Soler and P. Trompette « Une technologie pour la santé : traces et expertises », *Revue d'anthropologie des connaissances*, 2/2010, Vol 4, n° 2, pp. 323-357.

Communications (conférence internationale)

- P. Jallon, "A Bayesian approach for epileptic seizures detection with 3D accelerometers sensors," *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE*, pp. 6325-6328, Buenos Aires, Argentina, Aug. 31 2010-Sept. 4 2010.
- P. Jallon, S. Bonnet, M. Antonakios, R. Guillemaud, "Detection system of motor epileptic seizures through motion analysis with 3D accelerometers," *Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE*, pp. 2466-2469, Minneapolis, Minnesota, USA, 3-6 Sept. 2009.
- S. Bonnet, P. Jallon, A. Bourgerette, M. Antonakios, V. Rat, R. Guillemaud, Y. Caritu, "Ethernet motion-sensor based alarm system for epilepsy monitoring," *8th International Conference on wearable micro and nano technologies for personalised health (pHEALTH)*, Lyon, France, 29 June – July 1, 2011

Communications (conférence en France)

- S. Bonnet, P. Jallon, A. Bourgerette, M. Antonakios, R. Guillemaud, Y. Caritu, G. Becq, P. Kahane, P. Chapat, B. Thomas-Vialettes, F. Thomas-Vialettes, D. Gerbi and D. Ejnes, "Detection system of motor epileptic seizures through motion analysis with 3D accelerometers," *3^{ème} réunion annuelle de l'ITMO technologies pour la santé*, 3- 4 Oct. 2011, Tours, France.
- G. Becq, P. Kahane and L. Minotti, "Concept et évaluation d'une détection simple de crises tonico-cloniques avec des capteurs de mouvements accélérométriques et magnétométriques," *13^{èmes} Journées Françaises de l'Epilepsie (JFE 2010)*, Grenoble, 11-13 Nov. 2010. *Epilepsies 2010*; vol. 22 (suppl. 1): 46, Nov. 2010
- V. Dorlin and P. Boschetti, "Exploration 3a3m des crises en 3D," *13^{èmes} Journées Françaises de l'Epilepsie (JFE 2010)*, Grenoble, 11-13 Nov. 2010. *Epilepsies 2010*; vol. 22 (suppl. 1): 15-17, Nov. 2010.
- P. Jallon, S. Bonnet, M. Antonakios, R. Guillemaud and Association EPI, "Détection de crises nocturnes d'épilepsie par capteurs de mouvement," *11^{èmes} Journées Françaises de l'Epilepsie (JFE 2008)*, Lyon, 13-15 Nov. 2008.

Actions de diffusion

- P. Chapat, "Perspectives pour la détection et l'anticipation des crises d'épilepsie, avec capteurs de mouvements (projet Epimouv - ANR)," Journée : *La révolution des objets communicants & intelligents pour la santé et le Handicap*, Télécom ParisTech, Paris, 19 Oct. 2010.
- S. Bonnet, "Caractérisation et détection des mouvements durant les crises d'épilepsie à des fins d'alarme, pour un usage en institution et en famille," *Les Cahiers de l'ANR : mobilité et ubiquité : vers le nomadisme numérique*, n° 1, June 2009, p. 108.
- S. Bonnet, "EPIMOUV (01-01-2008/31-06-2011) Caractérisation et détection des mouvements durant les crises nocturnes d'épilepsie à des fins d'alarme, pour un usage en institution et en famille," Présentation des projets ANR TecSan 2006-2007, Rennes, 5-6 April 2011.
- S. Bonnet, "Nocturnal epilepsy seizure detection system in real life conditions with motion capture sensors," Annual Review LETI, June 2009.

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 XX. 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.

La principale retombée du projet EPIMOUV est pour le CEA celle d'un **brevet international** déposé conjointement CEA/MOVEA: 'System and method for detecting an epileptic seizure in a prone epileptic person', Inventors : P. Jallon and S. Bonnet, WO 2011/020504 A1, Appl. Date 20090819, Appl. Number 2009WO-EP60740, Publication Date 20110224, Déposant : CEA – MOVEA.

La méthodologie de traitement de l'information mise en œuvre dans ce projet a également fait l'objet d'autres brevets pour d'autres applications de la part du CEA et en collaboration avec MOVEA. Ainsi l'analyse de mouvements humains par des modèles de Markov cachés a pu naturellement trouver d'autres cas pratiques d'utilisation comme notamment en actimétrie (analyse de l'activité et de la posture d'une personne à partir de capteurs embarqués). Ces actions ont trouvé leur place dans le laboratoire commun CEA/MOVEA.

Un travail de valorisation a été réalisé par le CEA et le CHU en collaboration avec la société AMETHRINE en 2008. Cette société commercialise le système médical Epideo qui permet d'archiver les instants pré- et post- déclenchement pour ne mémoriser que l'essentiel d'un malaise épileptique ou de tout autre pathologie pouvant justifier d'un monitoring vidéo longue durée. L'enregistrement se déclenche manuellement par pression sur un bracelet de télécommande porté soit par le patient ou un aidant. Le CEA a interfacé le système de détection par capteur de mouvement avec EPIDEO pour déclencher l'acquisition. Des essais concluants ont été menés au CHU au mois de Novembre 2008 et démontraient la faisabilité de l'approche. La société a malheureusement depuis déposé le bilan.

L'analyse des crises a nécessité la mise en place d'un logiciel de relecture et d'analyse des signaux synchronisés. Ce logiciel a été déposé sur le site Mathworks pour être accessible à une communauté d'utilisateurs sous licence BSD. Le logiciel permet de gérer visuellement les faibles décalages de synchronisation ($<1s$) lors de l'analyse des mouvements et permet de marquer précisément les débuts et fins des manifestations motrices.

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)
BECQ Guillaume	H	guillaume.becq@gipsa-lab.grenoble-inp.fr	2011	thèse	France	2 post-docs	CHU	Ingénieur de recherche	24 mois	31/12/2010 (démission au 03/10/2010)	CDI	CNRS	Ingénieur de recherche	non	non
FRANDON Isabelle	F		mars 2011 (a fait 6 nuits au sein de l'éts avant de démissionner)	non diplômée	France		FCEs	agent de soin	aurait dû être de 3 mois	aurait dû se terminer en juin 2011	pas connaissance				

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.

(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>).