

# ACTUS LaBRI / 12-novembre 2019

## Le LaBRI décroche des thèses interdisciplinaires Santé/Neurocampus/CED (Collège Ecoles Doctorales)

### Equipe I&S

Sujet : Détection de situations à risques en vie quotidienne chez des personnes âgées, fragiles, avec des méthodes d'intelligence artificielle appliquées aux données multimodales – Jenny Benois-Pineau

Directeurs de thèse :

- Hélène Amieva, Pr en Psychogérontologie - Equipe SEPIA Psychépidémiologie du vieillissement et des maladies chroniques, INSERM U 1219 Bordeaux Population Health (BPH)
- Jenny Benois-Pineau, Pr en Informatique - Equipe Image et Son, LABRI UMR 5800

L'encadrement au LABRI portera sur la compréhension des méthodes d'acquisition et de traitement de données multimodales, la constitution des bases de données multimodales, les outils d'apprentissage profond.

### Objectif de la thèse

La recherche dans le domaine du vieillissement alliant épidémiologie clinique et sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) est à ce jour très peu développée et nécessite incontestablement de l'être au vu des enjeux à court et moyen terme que revêt l'allongement de l'espérance de vie et le défi du vieillissement « réussi ».

Le programme de recherche BIRDS (Bio Immersive Risk Detection System) est le fruit d'une collaboration entre le LABRI, la société INFLEXIS et l'équipe SEPIA du BPH. Ces dernières années, les chercheurs du LABRI sont fortement impliqués dans le développement des méthodes d'acquisition et de traitement de données multimodales (analyse automatique et synchronisée d'images vidéo enregistrées par des caméras portées, de signaux d'accélérométrie, différents capteurs physiologiques).

Les méthodes en développement sont susceptibles de reconnaître un nombre défini de situations considérées à risque pour la personne âgée vivant seule à domicile, comme la chute, les oublis dans des activités de la vie courante, les accidents domestiques, ou encore l'intrusion d'une tierce personne dans le domicile. Afin d'évaluer l'intérêt réel d'un tel dispositif dans une perspective d'aide au maintien à domicile des personnes âgées en situation de vulnérabilité, ce dispositif sera expérimenté en population générale grâce à l'expertise de l'équipe SEPIA du BPH dans le domaine du vieillissement et de l'évaluation en santé publique.

La thèse s'inscrit dans ce programme de recherche. L'objectif de la thèse concernera plus spécifiquement le volet «évaluation» du projet. Il s'agira en particulier d'évaluer l'acceptabilité, la faisabilité à grande échelle, et l'efficacité de ce dispositif dans la détection des situations à risque pour la personne âgée vivant seule à domicile, au sein de cohortes épidémiologiques en cours de suivi (cohorte 3 Cités échantillon de Bordeaux, cohorte PAQUID, et AMI...).

## **L'intérêt du projet et ses applications**

Ces dernières années, le développement de dispositifs relevant des nouvelles technologies au domicile des personnes âgées a été principalement centré sur la détection des chutes. Bien qu'un certain progrès ait été réalisé dans ce domaine, notamment grâce à l'analyse des signaux d'accélérométrie, la situation de chute reste difficile à définir. Elle dépend des conditions physiologiques, de l'état général des sujets et de ses conditions de vie. Les méthodes de détection des chutes sont dans la majorité des cas basées sur l'apprentissage supervisé sur des signaux issus d'accéléromètres portés sur le corps. Néanmoins, dans une perspective non pas de détection mais de prévention d'une chute, il est nécessaire de comprendre ses causes afin de pouvoir détecter les situations à risque de chute. Ainsi l'analyse de données multimodales, c'est à dire de données combinant l'analyse automatique et synchronisée d'images vidéo enregistrées par des caméras portées, de signaux d'accéléromètres, de réponse électrodermale, et d'autres capteurs physiologiques pourrait permettre d'identifier les risques de chute en temps réel et en condition écologique quel que soit le contexte de vie du sujet.

Outre le risque de chutes, la détection d'autres situations à risque pourrait bénéficier de ce dispositif d'analyse de données multimodales, telles que l'oubli majeur dans des activités de la vie courante (éteindre la gazinière, fermer la porte d'entrée...), les accidents domestiques, l'intrusion d'une tierce personne dans le domicile de la personne âgée et les tentatives d'abus et d'escroquerie ... Dans ce dernier cas par exemple, il s'agira de reconnaître par analyse automatique et en temps réel des images, la présence de personnes autres que la personne âgée ou ses proches dans le flux vidéo en provenance d'une caméra portée par le sujet pour déclencher le signal de vigilance.

Grace aux progrès considérables des STIC appliquées au domaine de la santé ces dernières années, la miniaturisation des capteurs et le développement des plateformes et logiciels contrôlant des objets connectés, une collecte de données sur des sujets âgés volontaires devient possible à l'échelle épidémiologique. Dans le présent projet, une collaboration avec la société Inflexis qui possède déjà la technologie de détection des chutes par un dispositif d'accélérométrie et du service connecté est prévue. La société Inflexis développe actuellement un dispositif porté sur des vêtements de la personne comportant les différents capteurs ainsi que la caméra vidéo miniaturisée, connecté à une montre, elle-même connectée à une plateforme android.

## **Originalité du projet**

Malgré l'explosion de l'offre en termes d'outils numériques proposés aux personnes âgées en situation de vulnérabilité dans une perspective de maintien à domicile, à ce jour, aucun de ces outils ne permet de garantir la bonne acceptabilité, l'applicabilité, associée à l'efficacité du dispositif, dans la mesure où aucun n'a l'objet d'une recherche formelle en santé publique. La force de ce projet réside dans l'évaluation à grande échelle d'un dispositif innovant d'analyse automatique et synchronisée de données multimodales hautement original auprès d'une population gériatrique en situation écologique, sélectionnée au sein de la population générale.

Contact : [Jenny Benois-Pineau](#)

## Equipe I&S

Sujet : Vers un modèle pour la sonification de données scientifiques - Myriam Desainte-Catherine

Directeurs de thèse :

- Myriam Desainte-Catherine, LaBRI UMR 5800, ED MI, Dpt ST
- Catherine Semal, INCIA UMR 5287, ED SP2, Dpt SVS

Co-encadrants :

- Lisa Wingate, ISPA UMR 1391, ED SE, Dpt SVS
- Matthias Robine, LaBRI, UMR 5800, ED MI, Dpt ST

## Objectifs du sujet

La sonification consiste à mettre en correspondance un ensemble de données avec des signaux acoustiques afin de mieux percevoir ces données, leur structure ou leurs relations. Elle est une alternative à la représentation visuelle d'information et permet d'apporter de nouveaux outils d'interaction pour explorer et mieux interpréter les données. De nombreuses applications scientifiques ou industrielles y font aujourd'hui recours (médecine, automobile, ...). Si des démarches spécifiques sont souvent entreprises, on peut remarquer que ces différentes applications enchaînent les mêmes étapes pour arriver à une sonification satisfaisante : extraction des descripteurs pertinents dans les données à observer, mapping avec des descripteurs sonores, synthèse sonore, et évaluation de la méthode de sonification par des tests utilisateurs. Ainsi, le sujet de cette thèse s'intéresse à définir un modèle pour sonifier tout type de données. Il s'agit dans un premier temps de s'intéresser à la sonification de processus biologiques pour mettre en place les premières expérimentations. Une partie de ce travail consistera à lister les différents descripteurs perceptifs pertinents du son dans ces contextes (descripteurs du timbre, du rythme, de l'harmonie, ...), voire d'en définir de nouveaux, et de lister également les différentes méthodes de synthèse disponibles. Les différentes méthodes de correspondances possibles entre descripteurs seront étudiées. Dans un deuxième temps, il faudra généraliser cette approche en s'intéressant aux domaines de recherche issus de disciplines différentes, où un travail spécifique sur le choix des descripteurs devra être réalisé avec les utilisateurs finaux de la méthode de sonification et réfléchir aux méthodes communes aux différentes applications envisagées, indépendamment de la nature des données à traiter. Des évaluations devront être menées sur la pertinence des choix de sonification en fonction des objectifs recherchés par les utilisateurs dans l'exploration de leurs données.

## L'intérêt du projet et les applications éventuelles

L'intérêt du projet et les applications éventuelles : De plus en plus de disciplines sont confrontées aujourd'hui à l'interprétation de données numériques. La sonification est une alternative à la représentation visuelle qui s'avère plus pertinente pour mettre en évidence certains phénomènes. Notamment les propriétés liées à l'évolution temporelle de ces phénomènes, à différentes échelles, peuvent se rapporter à des propriétés de la perception sonore ou musicale, comme la fusion spectrale ou mélodique au niveau du son, ou encore de formes musicales telles que des propriétés harmoniques, des synchronisations, et des

répétitions. Ainsi, certaines propriétés temporelles difficiles à mettre en évidence au moyen de la représentation graphique peuvent s'avérer plus adaptées à une sonification. Élaborer un modèle de sonification permettra de construire un cadre pour permettre d'effectuer de façon automatique ou semi-automatique les correspondances entre les données scientifiques et les données musicales à produire. Ainsi cette étude vise à élaborer un prototype pouvant s'appliquer à des données de natures diverses et proposer des solutions de sonification en fonction des propriétés visées. Nous espérons ainsi apporter un outil d'analyse puissant et innovant pouvant s'adapter à diverses disciplines pour permettre de mieux explorer et interagir avec les données afin de favoriser de nouvelles interprétations ouvrant la voie vers de nouvelles découvertes scientifiques.

- De l'informatique à la sonification : En informatique, les problématiques de recherche en "Music Information Retrieval" se développent avec la croissance des bases de données et produisent des applications principalement tournées vers la recommandation musicale. Les techniques développées au LaBRI sont à la pointe de la recherche existante et font l'objet d'un transfert vers la société Simbals qui est en contact avec les plus grands groupes. Cette technologie permet d'extraire toute une panoplie de descripteurs sonores et musicaux grâce à des techniques de traitement du signal et de faire des calculs de similarité en les mettant en correspondance grâce à des techniques de bioinformatique. S'agissant de propriétés recherchées dans la musique, les mêmes techniques pourront être utilisées pour des signaux de types divers afin de faire ressortir les propriétés recherchées dans le cadre de la sonification. L'utilisation des techniques de pointe élaborées au LaBRI est un atout majeur pour parvenir à élaborer un modèle de sonification. La recherche va consister à les adapter, les rendre plus performantes sur ces nouveaux signaux et à éventuellement en créer de nouvelles. Cette nouvelle application est un enjeu d'importance pour l'équipe de recherche en informatique car elle va lui permettre de s'ouvrir potentiellement à de nouveaux domaines et d'innovations futures.

- Micrométéorologie et fonction de l'écosystème : Cette étude interprétera les données collectées et coordonnées par l'unité ISPA sur les flux des sites de l'écosystème des Landes et de l'infrastructure européenne ICOS <https://www.icos-ri.eu/icos-research-infrastructure> en utilisant le son. Plus précisément, ces données serviront non seulement à la l'étude de la variabilité temporelle du climat et de l'échange de CO<sub>2</sub> des écosystèmes en France, mais également à l'exploration des différences biogéographiques du paysage sonore climatique et de l'utilisation des sols en Europe. Ceci fournira une carte sonore de la séquestration du carbone et permettra d'interpréter les hautes fréquences (10Hz) des scalaires tels que la température, le CO<sub>2</sub> et la vapeur d'eau collectés par un anémomètre sonore à différents moments de l'année et lors d'événements extrêmes tels que des tempêtes de vent. Ensuite, une analyse comparative des données de fréquence sera effectuée sur différents sites en France, selon les types de végétation, du climat et de l'utilisation des sols. Enfin, les données sur l'infrastructure de recherche ICOS et les données passées maintenant librement disponibles pourront être utilisées pour détecter les changements dans les écosystèmes en Europe au fil du temps en raison de l'évolution des facteurs climatiques. Cela fournira une interprétation sonore qui non seulement révélera de nouvelles idées sur l'interaction entre le climat et la fonction de l'écosystème, mais aussi un formidable outil de communication pouvant être utilisé pour sensibiliser le public et l'éduquer au changement climatique et à la biogéographie.

- Autres applications : Une des applications envisagées concerne la sonification des sons de la respiration en collaboration avec des médecins spécialistes des maladies respiratoires de l'équipe U1219 BDH de l'ISPED. En auscultant l'appareil respiratoire, les praticiens sont

# ACTUS LaBRI / 12-novembre 2019

confrontés à des difficultés dues à l'absence de traces objectives, au niveau du diagnostic, au niveau du suivi des patients et au niveau de la formation. L'objectif de la sonification des sons de l'auscultation est de permettre aux praticiens de dépasser ces difficultés. Une autre application concerne le laboratoire 'Biophysics of Adhesion and Cytoskeleton' (Interdisciplinary Institute for NeuroScience, CNRS UMR 5297, Université de Bordeaux) avec lequel une étude de la sonification pourra apporter une aide à l'analyse des trajectoires des protéines au sein de cellules vivantes par la découverte notamment de coordinations moléculaires lors de la migration cellulaire. En effet, nous pensons que ces propriétés temporelles de coordination moléculaire pourraient être plus facilement mises en évidence par le son plutôt que par l'image. Enfin, en sciences sociales (IRSTEA), il s'agira d'utiliser des structures musicales pour aider à explorer des corpus de textes (articles de presse, rapports, et entretiens retranscrits).

## **Originalité du projet**

L'originalité de notre projet consiste à concevoir un modèle pour sonifier tout type de données. En effet, les recherches actuelles se focalisent sur un domaine d'application, voire sur une application précise. Dans cet objectif, nous proposons dans un premier temps de mener une étude ciblée sur la biologie et de dégager dans un deuxième temps des méthodes communes aux différentes autres applications, indépendamment de la nature des données à traiter. Une partie du travail consistera à lister les différents descripteurs pertinents du son dans ce contexte (descripteurs du timbre, du rythme, de l'harmonie, ...), voire d'en définir de nouveaux, et de lister également les différentes méthodes de synthèse disponibles. Les différentes méthodes de correspondances possibles entre descripteurs seront étudiées.

Contact : [Myriam Desainte-Catherine](#)

---

## **Equipe BKB**

**Sujet : Intégration et exploration multi-échelle de données OMIQUES pour étudier l'impact de la nutrition sur le développement cérébral – Patricia Thébault**

Doctorante :

- Galadriel Briere, ED MI et SVT

Directrices de thèse :

- Patricia Thébault, LaBRI (BKB) UMR 5800, ED MI, Dpt ST

- Agnes Nardja, NutriNeuro - INRA 1286, ED SVT, Dpt SVS

Co-encadrante :

Raluca Uricaru, LaBRI (BKB) UMR 5800, ED MI, Dpt ST

Champs disciplinaires : Bioinformatique, informatique, nutrition, neurobiologie.

## **Objectifs du sujet**

Ce projet vise à coupler des approches de recherche en informatique/bioinformatique et en neurobiologie dans le but d'améliorer notre compréhension:

- de la complexité des effets de la nutrition maternelle sur le développement cérébral
- de l'impact de l'intégration de données biologiques massives et hétérogènes sur le développement de nouvelles approches en fouille des données.

Notre ambition est avant tout de développer une démarche expérimentale en neurobiologie ainsi que des approches informatiques innovantes dédiées au traitement des données omiques, multi-échelle. Notre objectif secondaire est de développer une méthode de travail inter-disciplinaire afin que les deux communautés épistémiques se nourrissent l'un de l'autre pour faire progresser les pratiques au sein de chaque discipline.

**En neurobiologie, les pathologies neurodéveloppementales**, telles que l'autisme ou la schizophrénie, sont actuellement traitées avec des médicaments ayant une efficacité limitée et de nombreux effets secondaires. Il y a donc un besoin urgent d'identifier des facteurs modifiables sur lesquels agir ainsi que les mécanismes de résilience qui pourront conduire à de nouvelles stratégies thérapeutiques. Tandis que les aspects génétiques, le facteur âge, sexe et le milieu social sont des facteurs de risque peu voire pas modifiables, la nutrition est un élément de l'environnement sur lequel il est possible d'agir. De nombreuses études indiquent qu'une déficience alimentaire maternelle en **omega-3** pendant le développement est impliquée dans la physiopathologie de différents désordres neurodéveloppementaux. Cependant, ces données sont essentiellement corrélatives et les effets bénéfiques d'une supplémentation en omega-3 sur les symptômes des patients sont sujet à controverse (pour revue, [Bozzatello et al., 2016](#)). **Il y a donc un réel besoin de conduire des études précliniques afin d'identifier les mécanismes par lesquels une déficience en omega-3** contribue à l'étiologie de ces maladies et déterminer si un enrichissement en omega-3 peut avoir des effets bénéfiques sur les symptômes et/ou l'efficacité des traitements. L'utilisation d'approches à large spectre, telles que les études transcriptomiques, peuvent permettre d'apporter des éléments de réponse, d'une part du fait de leur aspect exhaustif et d'autre part de fait de la possibilité de l'implémenter dans les approches de nutrition personnalisée. Néanmoins, ces méthodes nécessitent des outils bioinformatiques performants et adaptés.

**En bioinformatique**, l'objectif implique de développer des nouveaux modèles informatiques puissants et adaptatifs, critères essentiels pour optimiser la représentation des **données massives, hétéroclites et en perpétuelle évolution, conjointement aux résultats de leurs analyses computationnelles** impliquant des approches d'apprentissage et de fouille de données variées, afin d'en maximiser la qualité prédictive. Ces différents objectifs, **parmi les activités émergentes du LaBRI**, sont au cœur des problématiques auxquelles s'intéresse fortement la bioinformatique, et seront étudiés en s'appuyant sur le cadre méthodologique proposé par les **bases de données NoSQL orientées graphes, comme Neo4J**. Ce cadre conceptuel est la solution de choix dans l'écosystème de la "data science" et son adaptation à des questions de science en bioinformatique et neurobiologie reste encore marginale. C'est dans ce contexte que de projet entend répondre aux **contraintes de passage à l'échelle et de dynamique du modèle**.

**L'interdisciplinarité du projet** apporte une réelle valeur ajoutée aux résultats attendus en proposant de nouvelles approches expérimentales et informatiques centrées sur l'aspect métier des données neurobiologiques afin de faciliter **la fouille et l'extraction de nouvelles connaissances en santé humaine**.

### *L'intérêt du projet et les applications éventuelles*

**Notre projet de recherche fondamentale est intimement lié à la santé humaine** en se positionnant dans le contexte de la compréhension des mécanismes physiopathologiques impliqués dans les maladies neurodéveloppementales. Ce projet est motivé par le besoin urgent de développer des stratégies de prévention et de transférer ce savoir à la société au niveau du monde scientifique, médical, et société civile (en particulier les associations de patients) mais également au niveau industriel. Ce projet multidisciplinaire est à l'avant-garde des Neurosciences et de la Nutrition d'une part, et de la bioinformatique et l'intégration de grandes masses de données d'autre part, et représente une nouvelle

# ACTUS LaBRI / 12-novembre 2019

direction dans notre approche pour comprendre les troubles neurodéveloppementaux en tirant un profit maximal de la diversité des données dont on dispose.

## **En neurobiologie**

En neurobiologie, notre objectif principal est d'étudier l'impact des apports nutritionnels en oméga-3 périnataux (donc maternels) sur l'occurrence des maladies neurodéveloppementales. L'hypothèse mécanistique testée repose sur une action directe des lipides nutritionnels sur l'activité cellulaire cérébrale et en conséquence sur l'établissement des réseaux neuronaux. Nos travaux permettront d'évaluer l'impact des oméga-3 sur l'activité transcriptomique des principaux types cellulaires cérébraux et de connaître le poids de chacun dans les altérations comportementales observées. Cette compréhension à large spectre du système permettra de mettre en lumière et de tester de **nouveaux biomarqueurs** pour identifier les sujets à risque de développer une pathologie neurodéveloppementale et de mettre en place des stratégies de protection précoce, par la nutrition, pour limiter ces effets. Ce projet ambitieux est basé sur des approches à la pointe technologiquement afin de réaliser **des études intégrées**, allant de la biologie cellulaire et moléculaire au développement de nouvelles méthodes intégratives en bioinformatique de haut niveau afin d'exploiter de façon optimale l'ensemble des données générées.

## **En bioinformatique**

En bioinformatique, l'intégration des données et de méthodes d'analyse a donné lieu à de nouveaux challenges pour les exploiter conjointement. Ce dernier point est devenu le verrou actuel depuis l'explosion de la quantité des données et l'augmentation de leur complexité. C'est dans ce contexte que le terme "analytics" (largement utilisé aujourd'hui par les médias) est apparu, lequel recouvre **les nouvelles approches d'analyse et de fouilles de données adaptées aux données massives**. Pour répondre à ces questions, nous envisageons de proposer de nouvelles approches informatiques basés sur l'analyse de graphes composites qui intégrera et confrontera différentes méthodes analytiques (issues de la biostatistique, la bioinformatique et l'informatique) en lien avec les différentes conditions expérimentales et les différentes sources de données. Tout ceci sera d'un intérêt majeur pour la recherche en bioinformatique dont les objectifs actuels visent à intégrer différentes données omiques, nouvellement produites ou disponibles dans les bases de données publiques.

Contacts : [Galadrielle Briere](#) / [Patricia Thébault](#) / [Raluca Uricaru](#)