

Ecole doctorale Environnements-Santé
Dossier de projet de thèse « Contrat doctoral Etablissements »
ANNEE 2022

TITRE DU PROJET : Système d'Intelligence Artificielle pour la surveillance, la prédiction et l'aide à la décision dans le suivi du bien-être Fœtal au cours du Travail (SIA-BEfoET)

(Une fois votre projet accepté, si vous faites une mise en ligne par vos propres moyens, merci de ne pas changer ce titre ou le simplifier. Lors de la mise en ligne faite par l'ED, le titre ci-dessus est utilisé. Si vous en changez, cela entraîne un doublon de projet)

1) Renseignements administratifs sur la direction de thèse¹ (1 page maximum) :

Directeur de thèse HDR :

Nom : BARAKAT

Prénom : Oussama

Section CNU : 61^{ème} section

Grade : MCF HC échelon ex

HDR : Date de soutenance 17/12/2021 . Discipline : Automatique & Informatique

l'HDR devra être soutenue, ou sa soutenance autorisée, au moment du dépôt du présent projet.

Coordonnées (adresse, courriel, téléphone) : oussama.barakat@univ-fcomte.fr

06 13 33 28 90

Unité d'appartenance (intitulé, label, n°, directeur) : Laboratoire de Nanomédecine, Imagerie, Thérapeutique (LNIT)

Co-directeur de thèse éventuel :

Nom : MOTTET

Prénom : Nicolas

Grade : MCU-PH

HDR : non ; oui Date de soutenance..... Discipline :

Coordonnées (adresse, courriel, téléphone) : n1mottet@chu-besancon.fr / 03 81 21 88 95 / 07 60 95 39 99

Unité d'appartenance (intitulé, label, n°, directeur) : Laboratoire de Nanomédecine, Imagerie, Thérapeutique (LNIT)

2) Descriptif du projet de thèse (devra inclure les rubriques suivantes) :

- nom et label de l'unité de recherche (ainsi que l'équipe interne s'il y a lieu) :

Laboratoire de Nanomédecine, Imagerie, Thérapeutique (LNIT) -EA4662.

- localisation : 16 route de gray UFR ST, Bat E 25000 Besançon

- nom du directeur de thèse et du co-directeur s'il y a lieu :

¹ ATTENTION : depuis le texte de loi de mai 2016, le total d'encadrants ne peut pas dépasser 2, sauf si l'un des encadrants appartient au monde économique, qui peut venir en supplément, ou en cas de co-tutelle; Le décompte des co-encadrements se fera au prorata du nombre d'encadrants : 1 pour 1 encadrant, ½ pour deux encadrants.

- adresse courriel du contact scientifique : oussama.barakat@univ-fcomte.fr

Titre du projet : *Système d'Intelligence Artificielle pour la surveillance, la prédiction et l'aide à la décision dans le suivi du bien-être Fœtal au cours du Travail (SIA-BEFoeT)*

- financement du projet – partie Recherche (montants acquis, type de contrat) :

En dehors de la demande de financement de la thèse, le financement des expérimentations est déjà acquis : Matériel informatique (LNIT), temps médical d'expertise (CHU de Besançon), matériel d'enregistrement du rythme cardiaque fœtal (CHU et l'entreprise Philips), expertise informatique (LNIT & FEMTO-ST), plateforme de calcul haute performance du Méso centre avec le ticket modérateur (LNIT) et les frais fonctionnels d'un doctorant (frais de déplacement pour les congrès, GDR, bibliographie...) par LNIT.

- **connaissances et compétences requises :**

- Prétraiter et analyser des données structurées pour répondre à un problème métier.
- Entraîner un modèle d'apprentissage automatique supervisé pour réaliser une analyse prédictive.
- Entraîner un modèle d'apprentissage non supervisé adapté à une problématique de segmentation ou de réduction de données.
- Prétraiter et analyser des données non structurées (texte, images ...) pour obtenir un jeu de données exploitable.
- Déployer un modèle d'apprentissage automatique à l'échelle en utilisant les technologies du Big data.
- Maîtriser les techniques d'analyse des données et de machine learning (classification et régression, clustering, surapprentissage, régularisation, deep learning etc...)
- Maîtrise un langage statistique/database tel que Python, R ou SQL.

Dr Nicolas MOTTET (MCU-PH) assurera le soutien métier (Gynécologie Obstétrique et diagnostic anténatal) tout au long de ce travail de recherche.

Résumé en français et anglais (limité chacun à 1800 caractères)

Français

Le projet SIA-BEFoeT vise à développer des méthodes et des outils d'Intelligence Artificielle (IA) pour améliorer la détection des anomalies du rythme cardiaque fœtal pendant le travail afin de prédire et d'anticiper la survenue d'un événement grave chez le fœtus pouvant conduire au décès ou au transfert en réanimation néonatale pour encéphalopathie anoxo-ischémique. L'intérêt d'un tel raisonnement est de pouvoir guider au mieux la décision obstétricale concernant le type d'accouchement et éviter la réalisation de césarienne inutile.

L'objectif de ce projet est d'augmenter le taux de prédiction par les obstétriciens et sages-femmes, d'événement pathologiques chez le fœtus au cours du travail associé à une issue maternelle et néonatale défavorable. Ce projet fait appel à plusieurs disciplines

scientifiques et médicales : Informatique (IA, Big Data, système distribué...), Santé (Gynécologie-obstétrique, néonatalogie), traitement des signaux et systèmes ainsi que les domaines liés à l'économie individuelle et collective appliquées au secteur de la santé. Cette collaboration permettra l'exploitation des données issues de la surveillance fœtale (avant-pendant l'accouchement) afin de permettre le développement d'un système de prédiction d'anomalies et de suggérer des conduites à tenir en temps réel. Le laboratoire LNIT intervient dans la modélisation et le traitement des données de santé (Gynéco-obstétrique), FEMTO ST interviendra dans l'architecture du système distribué à partir du système du monitoring et le CRESE étudiera l'impact économique de la décision sur le plan individuel et collectif. Le CHU (service Gynéco-obstétrique) apportera son expertise métier pour la modélisation et la validation des modèles d'aide à la décision.

Anglais

SIA-BEFoeT project is designed to develop methods and tools of Artificial Intelligence (AI) to improve the detection of abnormalities of the fetal heart rate during labor in order to predict and anticipate the occurrence of a serious event in the fetus that may lead to death or transfer to neonatal intensive care for anoxo-ischemic encephalopathy. The aim of this project is to guide the obstetric decision regarding the childbirth type and to avoid unnecessary caesarean surgeries.

The objective of this project is to increase the prediction rate by obstetricians and midwives of pathological events in the fetus during labor associated with an unfavorable maternal and neonatal outcome. This project calls upon several scientific and medical disciplines: Computer Science (AI, Big Data, Distributed computing...), Health (Obstetrics and Gynecology, Neonatology), signal processing and systems as well as fields related to individual and collective economics applied to the health sector. This collaboration will allow the exploitation of data from fetal monitoring (before and during childbirth) in order to develop a system for predicting anomalies and suggesting actions in real time. The LNIT laboratory will work on the modeling and processing of health data (Gynecology-obstetrics), FEMTO ST will contribute to the architecture of the distributed system based on the monitoring system, and CRESE will study the economic impact of the decision at the individual and collective levels. The CHU (Gynecology-obstetrics service) will bring its specific expertise for the modeling and validation the decision support models.

DESCRIPTION SCIENTIFIQUE

Les techniques de surveillance du bien être fœtal au cours du travail et de l'accouchement ont pour objectif de détecter les fœtus présentant une anoxo-ischémie avec risque d'évolution vers une paralysie cérébrale, pour permettre leur naissance avant la constitution de lésions neurologiques irréversibles.

En France, les paralysies cérébrales représentent la première cause de handicap moteur chez l'enfant avec 125 000 enfants concernés et une incidence de 2 naissances sur 1000 et environ 20% des paralysies cérébrales ont pour origine une anoxo-ischémie per-partum.

Développée au cours des années 1960, la surveillance du rythme cardiaque fœtal (RCF) par électro-cardio-tocographie est la principale technique de surveillance du bien être fœtal. Sa valeur prédictive négative est excellente : un RCF normal élimine tout risque de

paralysie cérébrale liée à une anoxo-ischémie per-partum. A l'inverse, sa valeur prédictive positive est très insuffisante en lien avec la grande variabilité inter et intra observateur dans son interprétation : environ 95% des fœtus présentant des anomalies jugées importantes du rythme cardiaque au cours du travail et de l'accouchement ne présenteront pas d'anoxo-ischémie. Ces faux positifs sont à l'origine de césariennes inutiles, avec leurs potentielles complications maternelles (hémorragiques, infectieuses, thrombo-emboliques, état de stress post traumatique) et néonatales (mauvaise adaptation à la vie extra-utérine, détresse respiratoire). De plus, aucune diminution significative du taux de paralysie cérébrale n'a été mise en évidence depuis la diffusion de la surveillance du RCF en continu dans les salles d'accouchements. Des examens de seconde ligne ont ainsi été développés pour tenter d'améliorer les performances de la surveillance de l'état fœtal per-partum (pH au scalp, lactates au scalp, ECG fœtal avec analyse informatisée du segment ST, oxymétrie de pouls fœtal) mais aucun n'a réussi à s'imposer.

Aujourd'hui, la formation continue des professionnels sur la physiologie fœtale leur permet d'être plus pertinent dans l'interprétation d'un évènement sentinelle survenant au cours du travail mais la prise en charge obstétricale est limitée par l'absence d'outils validés permettant d'anticiper la survenue d'un autre évènement potentiellement grave. Le stress généré par l'incertitude peut alors conduire à une décision prématurée de césarienne.

Les bénéfices attendus sont :

- Une réduction du taux d'intervention inutile pendant le travail ;
- Une amélioration des capacités prédictives du RCF dans la détection des encéphalopathie anoxo-ischémique ;
- Une diminution de la morbi-mortalité néonatale ;
- Une meilleure sélection des patientes pour qui une naissance par césarienne ou par voie basse instrumentale est indiquée pour anomalies du RCF à risque de complications graves chez le nouveau-né ;
- Réduction de la morbidité maternelle à court, moyen et long terme en lien la réalisation d'une césarienne inutile (Trouble de la placentation, risque de mort fœtale in utero, risque thromboembolique) ;
- Limiter l'impact médico-économique lié à l'accouchement par césarienne ;
- Réduction des taux de détresse psychologique des parents et du personnel soignant ;
- Améliorer la relation thérapeutique entre la patiente, la famille et les soignants.

Pendant la dernière phase de l'accouchement, au cours du travail, le système IA développé dans ce travail appliquera des algorithmes avancés pour identifier des irrégularités dans le rythme cardiaque du fœtus.

Un ensemble d'étapes expérimentales sont nécessaires pour le bon déroulement de ce projet :

Étape 1 : Analyse et modélisation des connaissances métier ;

Étape 2 : Analyse et spécification du système de contrôle et d'acquisition de données existants (**SCADA**) ;

Étape 3 : Analyse et typologie de données de santé pour le bien être **Fœtal** « BeFoet » ;

Étape 4 : Modélisation et conception d'un entrepôt de données spécifique ;

Étape 5 : Développement d'algorithmes avancés pour identifier le rythme cardiaque du fœtus (Méthodes non invasives) ;

Étape 6 : Analyse des données relatives au rythme cardiaque pour faire des prévisions ;

Livrables envisagés

- une base de données initiale de données structurées ;
- une base de données des données critiques (mère/enfant) ;
- une base de données des données issues de la surveillance fœtale (avant et pendant l'accouchement) ;
- la modélisation et le traitement des données de santé (Gynéco-obstétrique) ;
- Le développement d'une plateforme « temps réel » IA pour la prédiction d'anomalies.

L'objectif au terme du projet et du Contrat Doctoral : développer un prototype de dispositif médical (DM) à base d'algorithmes d'IA pour l'analyse du rythme cardiaque du fœtus (RCF) pendant le travail.

Ce DM devra dans un second projet être évalué dans un protocole de recherche clinique. Sous la forme d'une plateforme numérique, ce DM surveillera la procédure d'accouchement, analysant le RCF en temps réel tout au long du travail pour fournir aux obstétriciens et sage-femmes des alertes ou des aides à la décision avant que des complications fœtales ne surviennent.

Préciser le domaine de compétence dans la liste ci-dessous (2 choix possibles maximum – ne pas modifier les intitulés : ils sont imposés par certains sites web) :

Santé, médecine humaine, vétérinaire

Sciences de la donnée (stockage, sécurité, mesure, analyse)