

Temps, données et raisonnement

Une exploration
neuro-symbolique
pour une médecine
explicable



Thèse de doctorat informatique
appliquée à la santé

Aurélien Vannieuwenhuyze

Laboratoire CEDRIC – ISID - (Cnam paris)

le **cnam**



Sommaire

03	Vision et enjeux

04	Problématique

05	Innovation scientifique

06	Questions de recherches

07	Notre approche innovante

09	Application médicale

10	Equipe de recherche

11	Rejoignez le projet !



Vision et enjeux

Prédire tôt. Expliquer toujours

Dans un hôpital saturé de données, anticiper un évènement clinique n'a de valeur que si l'on peut comprendre pourquoi la machine alerte.

Contexte

Les hôpitaux collectent désormais d'immenses volumes d'informations : imagerie, dossiers patients, signaux en temps réel.

Pour transformer ces données en décisions médicales utiles, il faut des systèmes capables d'analyser plusieurs sources, de fournir des prédictions fiables et de rendre leur raisonnement compréhensible aux soignants.

C'est tout l'enjeu de développer des outils **d'intelligence artificielle interprétable et transparente** pour soutenir la décision clinique.



Problématique

Quand l'I.A. prédit ... sans expliquer

Les systèmes d'intelligence artificielle (I.A.) actuels savent analyser d'énormes volumes de données médicales et prédire des événements cliniques.

Mais ils restent souvent des boîtes noires : leurs prédictions sont difficiles à comprendre, même pour les médecins.

Obstacle majeur à l'adoption de l'I.A.

Sans explication claire, un algorithme peut être perçu comme peu fiable ou risqué.

Les soignants hésitent alors à s'appuyer sur un outil qui ne justifie pas ses alertes.

Les acteurs de la santé ont besoin de solutions à la fois performantes, transparentes et fiables.

Notre objectif

Créer une intelligence artificielle capable de :

- Prédire la survenue d'événements cliniques critiques
- Expliquer ses décisions grâce à des règles logiques compréhensibles
- Exploiter des données multiples (images, textes, capteurs...)



Innovation scientifique

Une I.A. qui raisonne comme un expert

Notre approche associe réseaux de neurones (apprentissage profond) et logique symbolique.

Résultat : un système capable d'apprendre à partir de données complexes tout en générant des règles explicables pour les médecins.

Ce qui change

- **Apprentissage hybride** : la puissance du deep learning combinée à la clarté de la logique.
- **Multimodalité** : intégration de textes cliniques et de signaux physiologiques.
- **Fiabilité** : chaque prédiction s'accompagne d'une justification lisible.
- **Interprétabilité** : les règles extraites sont compréhensibles et vérifiables par les experts santé.

Impact direct

Une I.A. qui ne se contente plus de prédire, mais qui explique :

- Renforce la confiance des soignants.
- Facilite la validation réglementaire et clinique.
- Ouvre la voie à des outils prédictifs adoptables par les hôpitaux



Questions de recherche

Comment faire apprendre des règles claires à l'I.A. ?

Aujourd'hui, les réseaux de neurones sont puissants mais peu interprétables. Nous explorons **les méthodes neuro-symboliques** : elles combinent l'apprentissage profond avec la logique pour que la machine découvre, seule, des règles lisibles.

L'objectif : modéliser des événements qui évoluent dans le temps et s'appuient sur plusieurs sources d'information à la fois (dossiers, capteurs...).

Exemple : « Si le rythme cardiaque augmente et le résultat d'analyse X alors le risque de complication Y augmente dans les 24 h ».

Comment vérifier que les règles sont fiables ?

Une règle n'a de valeur que si elle est **précise et pertinente**.

Nous développons des méthodes pour évaluer la qualité des règles produites par l'IA :

- **Leur justesse** (prédisent-elles correctement l'événement ?)
- **Leur cohérence** (sont-elles compréhensibles et validées par les experts ?)
- **Leur utilité clinique** (aident-elles vraiment à agir plus tôt ?)



Notre approche innovante

S'appuyer sur la pratique médicale

La plupart des intelligences artificielles partent des données brutes pour apprendre à prédire.

Nous adoptons une démarche différente : nous nous inspirons de la pratique médicale pour identifier les compétences nécessaires à la résolution d'un problème clinique précis.

Des compétences issues du raisonnement des soignants

Lorsqu'un médecin fait face à un patient, il mobilise plusieurs savoir-faire :

- Reconnaître un signal anormal dans un suivi,
- Relier une image à un compte rendu,
- Interpréter l'évolution dans le temps d'un symptôme ou d'un indicateur.

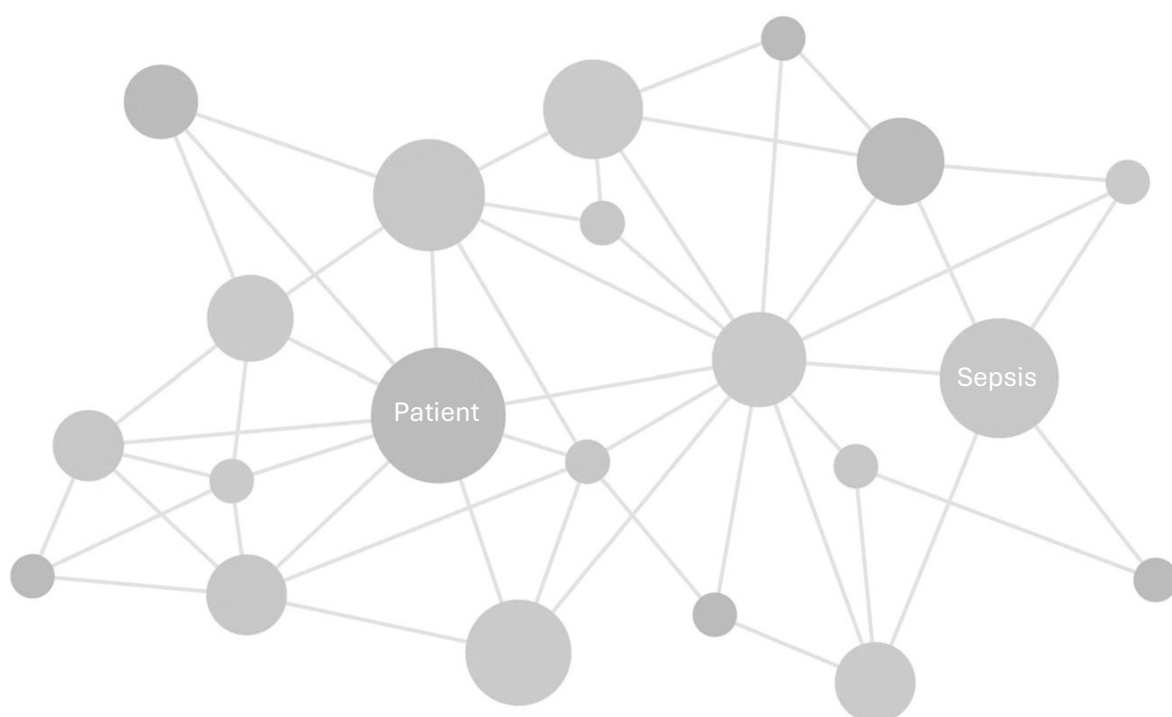
Nous traduisons ces compétences de raisonnement clinique en éléments exploitables par l'I.A.

Notre approche innovante

Un graphe de connaissances pour raisonner

Ces compétences sont traduites en concepts explicites que l'I.A. organise dans un graphe de connaissances : un réseau où chaque élément médical (symptôme, mesure, image, contexte) est relié par des liens logiques inspirés du raisonnement clinique.

Cette carte permet à l'I.A. de prédire un événement tout en expliquant pourquoi. Offrant un système aligné avec la pratique médicale, compréhensible et facile à enrichir si de nouvelles connaissances apparaissent.





Application médicale

Anticiper une infection grave en soins intensifs

En réanimation, les patients sont fragiles et exposés à des infections sévères.

Parmi elles, la bactériémie peut entraîner un choc septique ou mettre la vie en danger si elle n'est pas détectée à temps.

Prédire son apparition permettrait d'intervenir plus tôt, d'adapter les traitements et de réduire les complications.

Une base de données unique: MIMIC-IV

Pour rendre notre graphe de connaissances opérationnel, nous l'alimentons avec des **données cliniques réelles** issues de MIMIC-IV, l'une des plus grandes bases ouvertes de soins intensifs.

Elle regroupe des informations anonymisées sur des milliers de patients (signes vitaux, analyses biologiques, notes cliniques, imagerie) permettant à notre I.A. de tester et affiner ses règles sur des cas variés et réalistes, pour proposer des prédictions fiables et explicables.

Une I.A. pour repérer les signaux avant-coureurs

Notre objectif est de développer un système capable d'analyser les données du patient en temps réel (signes vitaux, résultats d'analyses, observations médicales...) pour détecter le risque de bactériémie avant qu'elle ne se déclare.

L'enjeu : **offrir aux médecins une alerte précoce et expliquée** afin de prendre les décisions rapidement.



Equipe de recherche

Encadrement scientifique

Cédric Du Mouza (Cnam Paris) : Directeur de thèse, Professeur des universités, expert en bases de données, systèmes d'information et réseaux sociaux, spécialisé dans la modélisation et l'indexation de données complexes (spatiales, temporelles, textuelles) et les algorithmes de recommandation à grande échelle.

Nada Mimouni (Cnam Paris) : Encadrante de thèse, Maître de conférences, experte en Web sémantique, graphes de connaissances et science des données, spécialisé dans l'extraction et la représentation de connaissances à partir de données complexes

Aurélien Vannieuwenhuyze (Cnam Paris) : Doctorant. Plus de 18 ans d'expérience professionnelle en informatique, enseignant en I.A. dans différentes universités de la région lilloise.

Expertise médicale

Dr Niccolò Buetti (Hôpital Universitaire de Genève): Spécialiste en maladies infectieuses et prévention des infections en soins intensifs, expert de l'épidémiologie des bactériémies et des stratégies de contrôle des infections liées aux cathéters intravasculaires.

Rejoignez le projet !

Nous avons besoin de votre expertise

Nous invitons les cliniciens à participer activement à la construction d'une intelligence artificielle explicable.

Votre expertise est essentielle pour orienter l'I.A. vers des problématiques cliniques réelles et améliorer la prise de décision en réanimation.

Pour mieux comprendre notre démarche et découvrir comment vos contributions seront utilisées, vous pouvez consulter le document « **Questions de compétence: Quand le raisonnement clinique devient moteur de l'I.A.** », qui détaille notre approche scientifique et méthodologique.



https://github.com/avannieuwenhuyze/thesis/FR/Questions_Competence.pdf


Contact



aurelien.vannieuwenhuyze@lecnam.net



06.16.63.91.54



Participez à la recherche !

Rejoignez un projet visant à développer une I.A. explicable pour anticiper des événements critiques en réanimation.